

МОНИТОРИНГ НИОКТР: РАЗВИТИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

ДАЙДЖЕСТ ЗА 2021–2023 ГОДЫ

Москва, 2024

Уважаемые читатели!

Перед вами дайджест кратких описаний научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, размещенных в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР), отнесенных к перечню приоритетных технологических направлений, представленных в Прогнозе научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года, утвержденном приказом Минэнерго России от 21.12.2021 № 1436 (Прогноз НТР ТЭК).

Дайджест подготовлен РЭА Минэнерго России в рамках комплексной работы по обеспечению технологического суверенитета отраслей ТЭК и предназначен для компаний ТЭК, научных и промышленных организаций, интересующихся перспективными исследованиями и разработками.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 24.07.1997 № 950 «Об утверждении Положения о государственной системе научно-технической информации», РЭА Минэнерго России исполняет функции федерального органа научно-технической информации по использованию результатов научно-технической деятельности организаций в сфере топливно-энергетического комплекса, энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Согласно письму первого заместителя Министра энергетики Российской Федерации П. Ю. Сорокина от 17.04.2023 № ПС-6013/11, РЭА Минэнерго России является отраслевым центром компетенций по научно-технологическому развитию ТЭК.

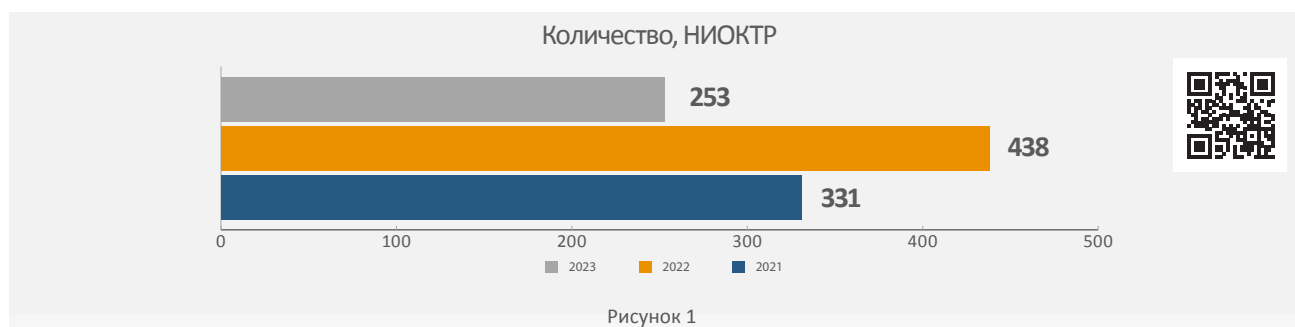
В ходе работы над дайджестом РЭА Минэнерго России разработаны и успешно апробированы онтологические модели и программные интерфейсы, созданные с использованием булевой алгебры и теории предикатов для первичной обработки информации, содержащейся в базах данных, формируемых РЭА Минэнерго России, и базах данных сторонних генераторов научно-технической информации.

Данные ЕГИСУ НИОКТР проходят две стадии отбора. Первый отбор происходит с помощью программного решения, которое позволяет проводить анализ данных на предмет соответствия приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК по ключевым словам и позициям в Государственном рубрикаторе научно-технической информации (ГРНТИ). В ходе второго отбора проводится верификация отобранного материала экспертами РЭА Минэнерго России на предмет выявления дубликатов и соответствия классификатору приоритетных технологических направлений.

В настоящее время РЭА Минэнерго России совершенствует онтологическую модель описания приоритетных технологий Прогноза НТР с целью повышения достоверности и качества отбора записей путем формирования тезауруса и уточнения предметной области формируемых запросов.

Выборка информации из ЕГИСУ НИОКТР была произведена 05.02.2024. Орфография и пунктуация авторов в кратких описаниях работ сохранены. РЭА Минэнерго России не несет ответственности за достоверность информации, содержащейся в аннотациях ЕГИСУ НИОКТР и в заявленных авторами работ объемах финансирования.

В дайджест вошли аннотации 1022 научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, относящихся к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, зарегистрированным в ЕГИСУ НИОКТР в период с 2021 по 2023 годы. В частности, как показано на рисунке 1, за 2021 год – 331 работа, за 2022 – 438, за 2023 – 253.



В разрезе отраслей ТЭК научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, относящиеся к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК за период 2021–2023 гг., распределены следующим образом:

- нефтяная отрасль – 259 НИОКТР;
- газовая отрасль – 28 НИОКТР;
- угольная отрасль – 58 НИОКТР;
- электроэнергетика – 459 НИОКТР;
- водородная энергетика – 195 НИОКТР;
- управление НТР энергетики – 23 НИОКТР.

Топ-5 заказчиков НИОКТР по количеству профинансированных работ, соотнесенных с приоритетами Прогноза НТР ТЭК, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Наименование организации заказчика НИОКТР	Количество НИОКТР
Российский научный фонд	356
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации	313
Публичное акционерное общество «ГАЗПРОМ»	62
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере»	58
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский фонд фундаментальных исследований»	23

Топ-5 исполнителей НИОКТР по количеству выполненных работ, соотнесенных с приоритетами Прогноза НТР ТЭК, представлен в таблице 2.

Таблица 2

Наименование организации исполнителя НИОКТР	Количество НИОКТР
Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ»	54
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»	43
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»	34
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»	29
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук	27

1. Нефтяная отрасль

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе нефтяной отрасли за период 2021–2023 гг. составило **259 НИОКТР** (таблица 3).

Таблица 3

Приоритетное направление	2021	2022	2023
1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей	10	14	3
1.2 Технологии добычи трудно извлекаемых и нетрадиционных запасов углеводородов, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей	12	12	4
1.3 Технологии бурения и строительства скважин сложного профиля, интеллектуальные технологии управления бурением, сбора скважинной геофизической информации и ее обработки	11	11	4
1.4 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов	2	2	4
1.5 Технологии увеличения нефтеотдачи пластов, в том числе тепловые, химические и др., интеллектуальные технологии управления процессами интенсификации нефтеотдачи пластов	7	14	5
1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП	18	18	5
1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел	8	16	6
1.8 Технологии глубокой переработки углеводородного сырья с производством востребованных крупно-, средне- и малотоннажных полимерных продуктов с конкурентной стоимостью			2
1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии	22	24	5
1.10 Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов	3	6	1
1.11 Технологии рециклинга полимерных отходов	2	6	2
Итого	95	123	41

2. Газовая отрасль

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе газовой отрасли за период 2021–2023 гг. составило **28 НИОКТР** (таблица 4).

Таблица 4

Приоритетное направление	2021	2022	2023
2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты	2	5	3
2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного	2	5	2
2.4 Новые высокопрочные материалы для повышения рабочего давления в трубопроводах большого диаметра с целью увеличения пропускной способности труб	1	3	1
2.6 Новые типы наружных антикоррозионных покрытий для снижения коррозионной опасности трубопроводов, повышения срока их службы и сокращения затрат на ремонт			2
2.7 Интеллектуальные технологии мониторинга и диагностики газопроводов	1		
2.8 Цифровые интерфейсы рыночного взаимодействия поставщиков и потребителей энергии	1		
Итого	7	13	8

3. Угольная отрасль

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе угольной отрасли за период 2021–2023 гг. составило **58 НИОКТР** (таблица 5).

Таблица 5

Приоритетное направление	2021	2022	2023
3.1 Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве	1	1	
3.2 Интеллектуальные технологии обеспечения безопасного ведения горных работ		2	
3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана	2	3	2
3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью	9	9	2
3.5 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи угля в реальном времени, цифровые образы объектов угледобычи	3	4	3
3.6 Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля	4	2	2
3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу	4	4	1
Итого	23	25	10

4. Электроэнергетика

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе электроэнергетики за период 2021–2023 гг. составило **459 НИОКТР** (таблица 6).

Таблица 6

Приоритетное направление	2021	2022	2023
4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа	19	29	40
4.2 Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа	2	2	3
4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии	30	37	21
4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра	5	4	3
4.5 Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики	8	7	7
4.6 Технологии для освоения геотермальных ресурсов, в том числе глубоко залегающих горячих горных пород.	3	2	
4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими	29	48	19
4.8 Интеллектуальные технологии управления электроэнергетическими и теплоснабжающими системами, включая передачу электрической энергии, управление спросом на электрическую и тепловую энергию и мощность, цифровые двойники объектов электроэнергетики, цифровые информационные модели электроэнергетических систем	8	9	12
4.9 Технологии аккумулирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими	15	19	12
4.10 Технологии скоростной зарядки электромобилей, использования электромобилей в качестве пиковых источников электрической мощности и системы интеллектуального управления ими	2		
4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа	4	17	8
4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем	10	15	10
Итого	135	189	135

5. Водородная энергетика

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе водородной энергетики за период 2021–2023 гг. составило **195 НИОКТР** (таблица 7).

Таблица 7

Приоритетное направление	2021	2022	2023
5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.	19	25	20
5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)	8	7	
5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей	4	5	4
5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде	7	15	14
5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции	4	2	3
5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.	19	18	10
5.7 Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации.	4	3	4
Итого	65	75	55

6. Управление научно-технологическим развитием энергетики

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе управления научно-технологическим развитием энергетики за период 2021–2023 гг. составило **23 НИОКТР** (таблица 8).

Таблица 8

Приоритетное направление	2021	2022	2023
6.1 Межотраслевая цифровая платформа для управления технологическим развитием отраслей ТЭК (при Минэнерго России)		1	
6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов	2	9	1
6.3 Цифровые технологии для прогнозирования спроса на топливо и энергию на долгосрочную перспективу по стране и регионам с учетом изменений в экономике страны	2		
6.4 Модельно-информационные средства для обоснования приоритетных направлений научно-технологического развития отраслей ТЭК страны для различных внешних условий	2	3	3
Итого	6	13	4

СОДЕРЖАНИЕ

1. Нефтяная отрасль

СПЕЦИАЛЬНЫЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА КАШИРО-ПОДОЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ АРЛАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	31	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИНДИКАТОРА В РЕАГИРУЮЩИЕ СКВАЖИНЫ ПРИ ТРАССИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИЗ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН	38
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	31	РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕРМОГАЗОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЛОЖНОПОСТРОЕННЫЕ НЕФТЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, УЧИТЫВАЮЩИХ ТРАНСФОРМАЦИЮ МАТРИЦЫ КОЛЛЕКТОРА И ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЛЮИДОВ, ДЛЯ АНАЛИЗА, КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ	38
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МАРКШЕЙДЕРИИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	31	РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИМУЛЯТОРА PVT-СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ФЛЮИДОВ И РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ СКВАЖИН	39
СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И МОДЕЛИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	32	СОЗДАНИЕ КОРПОРАТИВНОГО ЦИФРОВОГО ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ	39
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛНОРАЗМЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ С УЧЕТОМ ПРЕДНАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ	32	СОЗДАНИЕ МНОГОВАРИАНТНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТАС-ЮРЯХСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА И КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ	40
РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПРОБНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАСИЙСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА ТАМБЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАСИЙСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА ТАМБЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ С УЧЕТОМ АНАЛИЗА ИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	33	РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ И ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТОВОГО ФЛЮИДА В ВОДОНАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ И В ОБЪЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО АДИАБАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ УСЛОВИИ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СЕНОНСКИМ ОТЛОЖЕНИЯМ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДВЕЖЬЕ)	40
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА МАССИВА ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА И ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ	33	АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАБОТ С КЕРНОВЫМ МАТЕРИАЛОМ И ПЛАСТОВЫМИ ФЛЮИДАМИ	40
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИНДИКАТОРА В РЕАГИРУЮЩИЕ СКВАЖИНЫ ПРИ ТРАССИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИЗ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН	33	СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В НЕОДНОРОДНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ НА ОСНОВЕ ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	41
РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ХРОМАТО-ДЕСОРБЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА СКВАЖИН	33	ГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ЕВРАЗИИ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА	42
РАЗРАБОТКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПРОТОТИПА ЛАБОРАТОРНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ PVT ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТИ НА МИКРОЧИПЕ	34	ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КАУСТОБИОЛИТОВ В КОМПОНЕНТЫ ТОПЛИВ И ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ	42
ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ, СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ И ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ДЕТАЛИЗИРОВАННАЯ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В ТРАДИЦИОННЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ СКОПЛЕНИЯХ, КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	34	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О СОСТАВЕ, СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ, СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЕГО КОМПОНЕНТОВ	42
ЦИФРОВЫЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ЮЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	35	ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОБРАТНЫХ «БИНЕФТЯНЫХ» ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНВЕРТНО-ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ СВЕРХВЯЗКИХ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ЛЕГКИХ НОСИТЕЛЯХ	43
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВЫХ УЧАСТКОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ КИРИНСКОГО ГКМ С СОВМЕЩЕННЫМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ	35	РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА	43
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МИКРОФЛЮИДНЫХ ЯВЛЕНИЙ; ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ	35	ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	44
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ РАЗВЕДЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДКИ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	36	СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ СБОРКИ АЗОТИСТЫХ АСФАЛЬТЕНОПОДОБНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРАХ И РЕАЛЬНЫХ НЕФТЯНЫХ СИСТЕМАХ	44
РАЗРАБОТКА РАМАНОВСКОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОИСКОВЫХ СТАНЦИЙ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ	37	КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ НА СТАДИИ ДОБЫЧИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ И КОНСЕРВАЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И РАДИОНУКЛИДОВ В ПЛАСТОВОЙ СИСТЕМЕ	45
ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В ЗАДАЧАХ РАЗВЕДЧНОЙ И ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ	37	РАЗРАБОТКА ТЕРМОАДСОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ В ПРОМЫСЛОВЫХ УСЛОВИЯХ	45
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭФФЕКТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	37		

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА «ОТРАБОТАННОЙ ДОБАВКИ» НА ПРЕДМЕТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ	45	РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА	55
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КИСЛОГО ГУДРОНА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ИЗ НЕГО ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЦЕЛЯХ ЗАМЕНЫ ДОРОГОСТОЯЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА НА ОБЪЕКТЕ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ «Кисло-гудронный пруд № 1, 2 со склонами и территорией, нарушенной сооружением и эксплуатацией пруда»	45	РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ МЕТОДИК ИЗУЧЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ТРЕЩИНОВАТЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ	55
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА НА ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ ДИСПЕРГИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА	46	ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	56
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ 3-5 КЛАССОВ ОПАСНОСТИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ	46	ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ И ИНФРАСТРУКТУРНЫМИ СИСТЕМАМИ	56
ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	47	ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ	56
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ НАНОМАТЕРИАЛ	48	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖФАЗНЫХ ЯВЛЕНИЙ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ	57
ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	48	ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ	57
РАЗЛОЖЕНИЕ СИЛИКОНОВЫХ РЕЗИН В НЕОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ - НОВЫЙ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ..	48	ЦИФРОВЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ И ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ, АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В ОСНОВНЫХ ПРОДУКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВЕРХНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ И ФАНЕРОЗОЯ, ВКЛЮЧАЯ КАРБОНАТНЫЕ ГОРИЗОНТЫ ВЕНДА И КЕМБРИЯ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ РЕСУРСАМИ, ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТРУЗИЙ ТРАППОВ НА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ	57
«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА» ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УМНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И «ЗЕЛЕННОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ	49	СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ СЛОЖНЫХ ПЛАСТОВ И БУРЕНИЯ СКВАЖИН С БОЛЬШИМ ОТХОДОМ ОТ ВЕРТИКАЛИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИКИ	58
РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ ТКО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННИХ РЕСУРСОВ И ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ОБЪЕМОМ БОЛЕЕ 1 ТЫС. ТОНН В ГОД	49	СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ	58
ПОЛИМЕРНЫЕ АЭРОГЕЛИ И ИОНОГЕЛИ - ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА, СВОЙСТВА	49	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ ВОДОГАЗОВОЙ СМЕСИ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО ГАЗА НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	59
ГИДРОДЕХЛОРИРОВАНИЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА НЕНАНЕСЁННЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ	50	МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР-ЭВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, АКТИВНОМУ МОНИТОРИНГУ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ	59
РАЗРАБОТКА МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ТЕРМОБАРОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ И НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ	50	РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ ГАЗА. ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ПРОЕКТОВ ПО ОСВОЕНИЮ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ ГАЗА	60
РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	50	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЕЭМУЛЬСАЦИИ И УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ	60
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕЧЕНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ И РАЗЛОЖЕНИЕМ ГАЗОГИДРАТОВ	50	ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ НЕДР	60
РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕПЛОФИЗИКИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МИКРОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ..	51	РАЗРАБОТКА НОВЫХ ИННОВАЦИОННЫХ НЕФТЕРАСТВОРИМЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ МЕТОДОМ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ГОРЕНИЯ: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СТРУКТУРОЙ ЛИГАНДА И РЕАКЦИЯМИ ОКИСЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ	61
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОРАЗМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ДРУГИХ ЗНАЧИМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	52	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БИОСУРФАКТАНТОВ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ПОТЕНЦИАЛА В КАЧЕСТВЕ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ДОБЫЧИ НЕФТЕЙ	61
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР-ЭВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, АКТИВНОМУ МОНИТОРИНГУ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ	52	РАЗВИТИЕ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В КЕРНЕ ПРИ ПОМОЩИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	61
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСИЛИТЕЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА АЛМАЗНОГО ДОЛОТА	53	НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН, ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И АВАРИЙ ПРИ БУРЕНИИ И КРЕПЛЕНИИ СКВАЖИН	61
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧЁТОМ НЕОБХОДИМЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ	54	ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	62
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СВЕРХСТАБИЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ГЛУШЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СКВАЖИН РАЗЛИЧНОГО ТИПА	54		
РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ СКВАЖИННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА	54		

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПО УСТЬЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ И ОЦЕНКА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПЛОТНОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА С УЧЕТОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ВО ВРЕМЯ БУРЕНИЯ	62	НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА, ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА И ОСВОЕНИЯ МЕТАНОУГОЛЬНЫХ СКВАЖИН	68
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ПРИ ВСКРЫТИИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ, НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ	62	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ИХ МАКСИМАЛЬНУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ	68
РАЗРАБОТКА ПОРЯДКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО УСТЬЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПЛОТНОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА	63	РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ И ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТИ ВО ВРЕМЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА НА РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ОТРАЖЕНИЯ СИГНАЛА, РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ АНАЛИЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ В СКВАЖИНЕ, ЕГО КАЛИБРОВКА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДАВЛЕНИЯ	69
ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ	63	СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫВАЮЩИХ ФОНДОМ СКВАЖИНА НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	69
РАЗРАБОТКА АЛЬБОМА КОНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН АСТРАХАНСКОГО ГКМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН В ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, АНАЛОГИЧНЫХ АСТРАХАНСКОМУ ГКМ	63	СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫВАЮЩИХ ФОНДОМ СКВАЖИНА НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	70
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ (СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ, ГЕОФЛЮИДИНАМИЧЕСКОЙ, ТЕРМОТОМОГРАФИЧЕСКОЙ) МОДЕЛИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА АСТРАХАНСКОГО СВОДА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ И ПОДГОТОВКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЛИЦЕНЗИРОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ В ПРЕДЕЛАХ КУМО-МАНЫЧСКОГО ПРОГИБА	64	ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОЛГОСРОЧНОЙ СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОВИНЦИЙ СИБИРИ И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА, ДИВЕРСИФИКАЦИИ МИРОВЫХ РЫНКОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ, ГЛОБАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	70
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ	64	РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	71
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БУФЕРНЫХ И ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА СЕНОМАНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ КРУЗЕНШТЕРНСКОГО ГКМ	64	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОНДЕНСАТА В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	71
СОЗДАНИЕ ОХРАНОСПОСОБНОГО ОБЪЕКТА ПАТЕНТНЫХ ПРАВ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПОСОБ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	64	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫБОРА СПОСОБА ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	72
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	65	РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ	72
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВЫБОРА СПОСОБОВ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	65	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАПАСОВ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	72
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	65	РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И СОЗДАНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ДВУХФАЗНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ В КОЛЛЕКТОРАХ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРОВОГО ТИПА	73
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПРИТОКА В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МИКРОБИОМНОГО АНАЛИЗА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДАМИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПРИТОКА В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ МИКРОБИОМНОГО АНАЛИЗА НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	66	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ САМОУСТРАНЯЮЩИХСЯ (РАСТВОРИМЫХ) ЗАПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МУФТЫ ГРП ИЗ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДОМ И МЕТАЛЛАМИ ПЕРЕХОДНОЙ ГРУППЫ	73
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО КРЕПЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН АСТРАХАНСКОГО ГКМ	66	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАПАСОВ С ПОМОЩЬЮ «УМНЫХ» ТРАССЕРОВ	73
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА СЕНОМАНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ КРУЗЕНШТЕРНСКОГО ГКМ	66	РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО МАРКИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МАРКЕРНОГО МОНИТОРИНГА ОФШОРНЫХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	74
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ГЛУШЕНИЮ И ОСВОЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН АСТРАХАНСКОГО ГКМ	66	РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РАДИАЛЬНОГО БУРЕНИЯ	74
РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	67	РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОЭМУЛЬСИЙ И НАНОЧАСТИЦ	74
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПХГ	67	СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СЛОЕВ	75
СОЗДАНИЕ ОХРАНОСПОСОБНОГО ОБЪЕКТА ПАТЕНТНЫХ ПРАВ ПО КРЕПЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН	67	РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «СКВАЖИНА-ПЛАСТ»	75
СОПРОВОЖДЕНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПО МАКСИМИЗАЦИИ ПРОХОДКИ ПО КОЛЛЕКТОРУ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	67	СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕВЫРАБОТАННЫХ ЗОН НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ И ПОДСЧЁТА ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, АНАЛИЗА РАЗРАБОТКИ С ИССЛЕДОВАНИЯМИ СКВАЖИН И ПЛАСТОВ	75
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН, ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА, ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА И ОСВОЕНИЮ	68		

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЧ-ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЕРОГЕНСОДЕРЖАЩИЕ (ДОМАНИКОВЫЕ) ОТЛОЖЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛОСодЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ	76	РАЗРАБОТКА РАЗЪЕДИНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ФУНКЦИЕЙ ГЕРМЕТИЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ	82
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОПУТНОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАО «ТАТНЕФТЬ»	76	ГИДРОДИНАМИКА СКВАЖИН И ПРИСКВАЖИННЫХ ЗОН В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ РЕОЛОГИИ ЖИДКОСТЕЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПОРОДЫ	83
МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ИЗ ПОРИСТЫХ СРЕД ПРИ НАЛИЧИИ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ГОРЕНИЯ И ДРУГИХ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ФАЗАМИ	76	РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫМИ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СТВОЛАМИ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА	83
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАПАСОВ С ПОМОЩЬЮ «УМНЫХ» ТРАССЕРОВ	76	«МЯГКИЕ» КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОГЕЛЕЙ И МИЦЕЛЛЯРНЫХ ПАВ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ	83
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МЕДИЦИНЫ	77	ТЕОРИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ	84
РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ. ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГЕЛИКОИДНОГО ПЕРФОРАТОРА	77	РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЙ КОМПЛЕКСИРОВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ В ПРОЦЕССЕ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ 1D/3D ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИЗАЙНА ГРП, ПРОГНОЗА ТРЕЩИНОВАТОСТИ СРЕДЫ	84
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИНДИКАТОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНОЙ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ ПЛАСТА	77	РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОПЕРАЦИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	84
3D ПЕЧАТЬ КЕРНА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ	77	РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА НАСОСА ПЛУНЖЕРНО-ЛОПАСТНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ПОДАЧИ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ	85
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЛЕЖИ НЕФТИ РАЗОГРЕВАЮЩИМ СОСТАВОМ КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ	78	ПРОТОТИП МОДУЛЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИЗАЙНА ПРОПАНТНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В КАРБОНАТНЫХ И ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ	85
СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ И РАЗВИТИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ, ИЗ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ	78	КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КЕРНОВОМ МАТЕРИАЛЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОРИСТУЮ СРЕДУ В ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ	85
СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ НА ПРИНЦИПАХ «ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ	78	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УДАЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ (ПРОПАНТНЫХ) ПРОБОК ИЗ СКВАЖИН	86
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ УДАРНЫХ ВОЛН В НЕФТЯНЫХ ПЛАСТАХ	78	РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫМИ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СТВОЛАМИ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА	86
СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НЕФТЕВЫТЕСНЯЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ДЕЙСТВИЕМ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С КОНТРОЛИРУЕМЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	79	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА К ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ СКВАЖИНАМ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА ВСКРЫВАЮЩИМ УЛЬТРАЗВУКОПРОНИЦАЕМЫЕ КОЛЛЕКТОРА	86
РАЗРАБОТКА НЕФТЕВЫТЕСНЯЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ СИСТЕМ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ «ЧЕТЫРЕХАТОМНЫЙ СПИРТ-КАРБАМИД-СОЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНОГО АММОНИЕВОГО ОСНОВАНИЯ» И ПАВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ И АРКТИКИ	79	ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ГАЗА НА ТАС-ЮРЯХСКОМ И ВЕРХНЕВИЛЮЧАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	87
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧЕЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СТВОЛА СКВАЖИНЫ	80	ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЗАПОЛНЕНИЯ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ	87
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ, РАЗРУШЕНИЯ И МАССОПЕРЕНОСА В ГЕОСРЕДАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГОРНЫМ ПОРОДАМ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЛЕДЯНЫМ ПОКРОВАМ В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ НАУЧНЫХ ОСНОВ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ, СНИЖЕНИЯ РИСКОВ АВАРИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ	80	СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДИНАМИКА НЕДР ЗЕМЛИ - КОРЫ, ВЕРХНЕЙ МАНТИИ И ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ	87
РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ CO ₂	81	ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА СКВАЖИНЫ С БОКОВЫМ ОТВЕТВЛЕНИЕМ В НЕОДНОРОДНОМ ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ	88
ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ФОНДА СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ	81	СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	88
СОЗДАНИЕ 3D МАКРО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МГРП И РАЗРАБОТКИ ХАМАКИНСКОГО И ТАЛАХСКОГО ГОРИЗОНТОВ	81	СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НАЗЕМНОГО СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА	88
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН СИНХРОННОГО ГИДРОРАЗРЫВА В УСЛОВИЯХ НЕЗАВИСИМОГО ТРЕХОСНОГО НАГРУЖЕНИЯ	82	ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРП И МГРП ДЛЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ХАМАКИНСКОМ И ТАЛАХСКОМ ГОРИЗОНТАХ ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ	89
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СКВАЖИН С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ	82	РАЗРАБОТКА МАКЕТА ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ЭЛЕКТРОКЛАПАНА	89
		ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ	90
		РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ И РЕАГЕНТАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	90

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	91	КОМПОЗИТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ СО, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ И СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ	101
ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕХАНИКО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ПРЕДБУРОВЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	91	РАЗВИТИЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ, ИЗОТОПНОЙ И ЭЛЕМЕНТНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ	101
ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ (3D) МАКРО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	92	РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАССООБМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ	102
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ	92	НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ, В ТОМ ЧИСЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	102
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В СКВАЖИНАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ	93	ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АНИОНОВ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ИЗ НЕФТИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	103
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ МЕТОДОМ ЗЕРКАЛЬНОГО ОБРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ	93	МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕТЕРОГЕННОГО ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАКУУМНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ, НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ И ОСТАТОЧНЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ	103
РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦИИ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ	94	КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ КИСЛОРОД- И АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	104
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	94	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ В ВЫСОКООКТАНОВЫЕ БЕНЗИНЫ И ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО	104
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТ	95	РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ Мо, W и Ni В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ МАССИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ	105
ДВИЖЕНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ СТРУЙ, КАПЕЛЬ И ВСПЛЕСКОВ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ	95	СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПЛАНЕТЫ»	105
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МИКРО И НАНОФЛЮИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ	96	СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ»	105
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗРЫВОМ ПЛАСТА И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗРЫВОМ ПЛАСТА	96	ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	106
КОНТИНУАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СО СВЕРХНИЗКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ	97	ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОКОНВЕРСИИ ТЕРМОЛИЗНОГО МАСЛА (ПРОДУКТА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКОВ) В КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ	106
ВЕРИФИКАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АЛГОРИТМОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА	98	ПРОИЗВОДСТВО СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЯЖЕЛЫХ ОСТАТКОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ	107
ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССООБМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	98	РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПЛАНЕТЫ	107
СЕЛЕКТИВНОЕ РЕАКЦИОННОЕ АДОРБЦИОННОЕ ОБЕССЕРИВАНИЕ БЕНЗИНОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА И НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ТРИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ni-Cu-Zn НАНЕСЕННЫХ СИСТЕМАХ	98	РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	107
СОРЕБЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ РАЗЛИЧНОЙ ВЯЗКОСТИ НЕТКАНЫМИ МИКРО- И НАНОВОЛОКНИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	99	СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ В СШИТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СЕТКАХ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ГИДРИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ	107
ИНДУЦИРОВАННАЯ НИЗКОВОЛЬТНЫМИ РАЗРЯДАМИ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ ПЕРЕРАБОТКА ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ	99	РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕВОГО БИОТОПЛИВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА	108
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГИИ, А ТАКЖЕ В ДОБЫЧЕ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ	99	РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОЭМИССИОННОГО СЖИГАНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ПАРОВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ЗА СЧЕТ СОВМЕСТНОЙ ПОДАЧИ ОКИСЛИТЕЛЕЙ-РАЗБАВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ	108
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ (ГИДРООБЕССЕРИВАНИЯ, КРЕКИНГА, ПИРОЛИЗА, ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ, МЕТАТЕЗИСА, АЛИКИЛИРОВАНИЯ, ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ, ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ДР.): НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ	100	СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ ПЕРЕРАБОТКОЙ НЕПИЩЕВОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ	109
РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ И ПРИСАДОК К МОТОРНЫМ ТОПЛИВАМ, УЛУЧШАЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОБЕНЗИНОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ ЭНЕРГОРЕСУРСООБЪЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ ТОПЛИВ	101	ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ ПЛАТФОРМ НА ОСНОВЕ O-, N- И C- КООРДИНИРОВАННЫХ МЕТАЛЛАМАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ И АРОМАТИЧЕСКИХ ЛИГАНДОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	109
ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	101	СИНТЕЗ ВЫСОКОПОРИСТЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ФОРМ ПАЛЛАДИЯ IN SITU В ПРОЦЕССАХ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ	110

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЗОФАЗНОГО НЕФТЯНОГО ПЕКА ИЗ ОСТАТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ГК «ТАТНЕФТЬ» И ВЫСОКОМОДУЛЬНОГО УГЛЕВОЛОКНА С ВЫСОКИМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕЗОФАЗНОГО НЕФТЯНОГО ПЕКА	110	РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К КАТАЛИТИЧЕСКОМУ ПОДЗЕМНОМУ ОБЛАГОРАЖИВАНИЮ ВЫСОКОВЯЗКОЙ И СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ	119
ОЛИГОМЕРЫ НА ОСНОВЕ АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫХ НОРБОРНЕНОВ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ: СИНТЕЗ, МИКРОСТРУКТУРА И ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРА-СВОЙСТВО	111	Н-ДОНОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СПИРТОВ В СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ В ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛЫХ КОМПОНЕНТОВ НЕФТЕЙ	119
ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ $\text{CrO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$ НАНОЧАСТИЦ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ АТМОСФЕРЕ ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЛЕГКИХ АЛКАНОВ	111	ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	120
СОЗДАНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ОКСИДА ВАНАДИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ	112	РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ 3D-МЕТАЛЛОВ	120
СЕЛЕКТИВНАЯ ГРАФИТИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ АКТИВНОСТИ CoMoS КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ	112	СОЗДАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ДИЗАЙНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ И МОТОРНЫХ ТОПЛИВ, ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА, ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И АЛЬТЕРНАТИВНОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ	121
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА БЕНЗИНОВ И НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ПЕРЕРАБОТКОЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ЦЕОЛИТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ	113	ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ И ГОРЕНИЯ, УГЛЕРОДНЫЕ И КОМПОЗИТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	121
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОЛУЧЕНИЮ СФЕРИЧЕСКИХ АЛЮМООКСИДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ	113	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА МЕТОДОМ ГОРЕНИЯ РАСТВОРА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА ...	121
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ПЕРЕРАБОТКЕ НЕТРАДИЦИОННОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ЦЕННЫХ ПОЛУПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	114	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННОГО SnO_2 И КОМПОЗИТОВ $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	121
ГЕТЕРОГЕННЫЕ И ГОМОГЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ГАЗОХИМИИ, НЕФТЕХИМИИ И ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА	114	КАТАЛИЗАТОРЫ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СВЯЗЫВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ДРУГИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВЫСОКОМАРЖИНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ	122
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЛИГНИНА В ТОПЛИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И МОНОМЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННЫХ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ	114	РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ, НА ОСНОВЕ МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	122
НЕФТЕХИМИЯ И КАТАЛИЗ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	114	РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ШИРОКОГО НАЗНАЧЕНИЯ (СТРОИТЕЛЬСТВО, АВТОТРАНСПОРТ) НА ОСНОВЕ МАЛООТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА, ФЕНОЛА И АЦЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	123
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕАКЦИИ ПРЯМОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАН-МЕТАНОЛ НА ЦЕНТРАХ МЕДИ В Cu -ОБМЕННЫХ ЦЕОЛИТАХ, С ПОМОЩЬЮ DFT МОДЕЛИРОВАНИЯ И АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	115	ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОКОНВЕРСИИ ТЕРМОЛИЗНОГО МАСЛА (ПРОДУКТА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКОВ) В КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ	123
РАЗРАБОТКА НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАНЕСЕННЫХ НА ЛИГНИН ДЛЯ ПЛАЗМЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ И ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, СТИМУЛИРОВАННОГО МИКРОВОЛНОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ	116	КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОДУКТЫ	124
ФИЗИКОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ, АДсорбция и КАТАЛИЗ	117	ПРИРОДОВОДОХНОВЛЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ	124
РАЗРАБОТКА, ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ НОВЫМ МЕТОДОМ ПАРОФАЗНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, НАРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ MFI , BEA , MEL	117	КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ СМОЛ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ, ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ОБЛАГОРАЖИВАНИИ В НЕКАТАЛИТИЧЕСКОМ И КАТАЛИТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССАХ АКВАТЕРМОЛИЗА	125
РАЗРАБОТКА И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГЕТЕРОГЕНННОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПРОЦЕССА АЭРОБНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ	117	ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЖИДКОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ГОРЕНИИ СИСТЕМ ТЕРМИТНОГО ТИПА, В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ПЕРЕГРУЗОК И ДАВЛЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УНИКАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ	125
ГЛУБОКАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	117	РАЗРАБОТКА КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА АКВАТЕРМОЛИЗА	126
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ НИЗШИХ ОЛЕФИНОВ	118	РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОТОПЛИВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОМАССЫ	126
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗШИХ ОЛЕФИНОВ И ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРИСУТСТВИИ УСКОРИТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ - НАНО- И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЦЕОЛИТОПОДОБНЫХ СИСТЕМ С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ	118	УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ ЦЕОЛИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	126
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ НОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЕТЕРОАТОМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВ И ЦЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ	118	ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ	127

ПРОМОТИРОВАННЫЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ И АЛЮМОФОСФАТЫ С ЗАДАННОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ – ГЕТЕРОГЕННЫЕ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА	127	РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И МЕТАНА В УКСУСНУЮ КИСЛОТУ В СРЕДЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ	129
КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ПРИСУТСТВИИ НАНОЧАСТИЦ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	128	НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КАТАЛИЗА СИСТЕМАМИ НА БАЗЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ СЕЛЕКТИВНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ	130
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРА ПРОЦЕССА НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ	128	СЕЛЕКТИВНАЯ ПИРОЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА И ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ	130
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ	128	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СОРБЦИОННОГО УЛАВЛИВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЯДОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ	131
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН ТЕТРАГАЛОГЕНИДОВ 3d-МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОЦЕССОВ ИЗОМЕРИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ БЕНЗИНОВ	128	ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕДИЦИНЫ	131
ФИЗИКА И ХИМИЯ НОВЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ	129	РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ ДЛЯ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОНЕФТИ	131
ГИДРИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ – ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ И АКТИВНЫЕ ИНТЕРМЕДИАТЫ РЕАКЦИЙ ДИМЕРИЗАЦИИ И ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ АЛКЕНОВ	129		

2. Газовая отрасль

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ПО ЭМИССИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (NO_x и CO_x)	133	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В УГЛЕРОДНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЦЕЛЯХ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО МЕТОДА ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА	137
РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (NO_x и CO_x) ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГАЗА ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ	133	ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА ХЛАДАГЕНТА С ПРИВОДОМ ОТ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ (БОЛЕЕ 65 МВт)	137
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И КИСЛОРОДА МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	133	ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОПРИВОДНОГО ДОЖИМНОГО КОМПРЕССОРА СЫРЬЕВОГО ГАЗА БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ (БОЛЕЕ 35 МВт) С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ	137
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПОДВЕСА РОТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСЕВОГО ГИБРИДНОГО АКТИВНОГО МАГНИТНОГО ПОДШИПНИКА	134	РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, УСТАНОВЛИВАЮЩЕЙ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЯЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА	138
АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ ГАЗОТУРБИННОГО ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	134	РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, УСТАНОВЛИВАЮЩЕЙ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЯЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА	138
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ	134	РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ПОГРУЖНОГО КРИОГЕННОГО НАСОСА ДЛЯ РЕГАЗИФИКАЦИИ КРИОПРОДУКТА (СЖИЖЕННОГО ГАЗА)	139
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА ГАЗА	135	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И РЕСУРСА МАШИН И КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО КЛИМАТА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ ХЛАДОСТОЙКИЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ С СУБМИКРОСТРУКТУРОЙ, ИХ НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, С УЧЕТОМ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МНОГОУРОВНЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	140
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРИЕМО-сдаточных ИСПЫТАНИЙ	135	КОГЕРЕНТНЫЕ СОСТОЯНИЯ, ДИНАМИКА И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ	140
РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШТАТНЫХ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ	136	РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ НОВЫМ ТИПОМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ АДАПТИВНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ	142
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (NO_x , CO_x) ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ (СТАЦИОНАРНОГО И СУДОВОГО ТИПА) И ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГАЗА, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ОБЪЕКТАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ	136	СДВИГ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ И ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕМПЕРАТУРА В ИНТЕНСИВНО ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВАХ ..	142
РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОМПРЕССОРОВ ОТПАРНОГО ГАЗА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СПГ-ТЕРМИНАЛОВ В РАМКАХ ПОДПРОГРАММЫ «СОДЕЙСТВИЕ ПРОВЕДЕНИЮ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТНЫХ РАЗРАБОТОК В ГРАЖДАНСКИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ»	136	ВОЛНЫ ДЕФОРМАЦИИ В УПРУГИХ СООСНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКАХ С ДРОБНОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ, ОБРАЗУЮЩИХ КОЛЬЦЕВОЙ КАНАЛ, ЗАПОЛНЕННЫЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТЬЮ	143
ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТНЫХ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СРЕДНЕ- И КРУПНОТОННАЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА СПГ	136	ЗАЩИТНОЕ КОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ	143
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНИТНЫХ ЭФФЕКТОВ ФУЛЛЕРЕНОВ В МОЛЕКУЛЯРНОМ КРИСТАЛЛЕ ФУЛЛЕРИТА	137		

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА 144

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ СНАРЯД ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ 145

3. Угольная отрасль

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИМИ КОМПЛЕКСАМИ БЕЗ ПОСТОЯННОГО ПРИСУТСТВИЯ ЛЮДЕЙ В ЗОНАХ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ, СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ИХ РЕСУРСА И ОБОСНОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ 146

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА МОНИТОРИНГА ФУГИТИВНЫХ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ИХ СОКРАЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧИСТЫХ УГОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 146

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ, ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ И АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ 146

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «АЛЗАМИР-КОНТАКТ» ДЛЯ СБОРА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, С ФУНКЦИЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА (РОСТЕХНАДЗОР) И ДОЛЖНОСТНЫМ ЛИЦАМ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА 147

ОТРАБОТКА МЕТАНОНАСЫЩЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ, СКЛОННЫХ К ГОРНЫМ УДАРАМ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 147

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ УКРЕПЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ 147

ПРОВЕДЕНИЕ ШАХТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СКВАЖИНАМИ С ПОВЕРХНОСТИ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ШАХТЫ ИМ. С.М. КИРОВА 148

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МЕТАНА КУЗБАССА В ПОЛЕЗНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ УЧИТЫВАЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИХ СОСТАВА 148

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ УКРЕПЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ 149

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОСТАДИЙНОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ИХ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКИ НА ШАХТАХ АО «СУЭК-КУЗБАСС» 149

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СБРОСНЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 149

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ, И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШИРОКОГО КЛАССА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЗНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 149

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ УГЛУБЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ И ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ 150

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ, И МОРФОЛОГИИ УГЛЯ И ПРОДУКТОВ УГЛЕХИМИИ 151

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ БЕТОНОВ С БЕЗОБЖИГОВЫМ ЗОЛЬНЫМ ГРАВИЕМ С ПЕРЕХОДОМ К ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКЕ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ 153

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОЦЕССОВ ЭФФЕКТИВНОЙ РУДОПОДГОТОВКИ, ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА 153

РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ТРЕХОСЕВОГО ДАТЧИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ 145

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА БЕЗОБЖИГОВОМ ЗОЛЬНОМ ГРАВИИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ 153

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ГРУППОВОГО СОСТАВА, СОРБЦИОННЫХ И БИОАКТИВНЫХ СВОЙСТВ УЗКИХ ФРАКЦИЙ ЛИПИДНЫХ И ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ БУРЫХ УГЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА 154

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРОГО УГЛЯ 154

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОЦЕССОВ ЭФФЕКТИВНОЙ РУДОПОДГОТОВКИ, ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА 155

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ИНТЕРПОЛИРОВАННЫМИ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО 155

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СТРУКТУРА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, РАЗВИТИЕ ОСНОВ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ 155

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ОСВОЕНИЯ 156

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ПИРОЛИЗА УГЛЕЙ 156

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УГЛЕЙ И ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 157

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА РЕАКТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДОРОГОСТОЯЩИХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ 157

«Умный уголь» - создание научных основ обогащения углеродсодержащих материалов 158

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОГО ВИДА СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН 159

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ И УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ С ВЫДЕЛЕНИЕМ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 159

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ МЕТОДОМ МАСЛЯНОЙ ГРАНУЛЯЦИИ ПРИ ИХ ПОДГОТОВКЕ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 160

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ 160

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭМПИРИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ И ФАКТОРОВ НАКОПЛЕНИЯ ЦЕННЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В УГЛЯХ, ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ МЕТАЛЛОНОСНЫХ УГЛЕЙ И ОЦЕНКА МЕТАЛЛОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ 160

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕДОБЫЧИ ЗА СЧЁТ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИН И ПРОЦЕССОВ 161

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИИ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРОТЯЖЕННЫМИ НАПРАВЛЕННЫМИ СКВАЖИНАМИ, ПРОЙДЕННЫМИ ПО ВМЕЩАЮЩИМ ПОРОДАМ И УГОЛЬНОМУ ПЛАСТУ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ 161

РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ 161

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ	162	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ДИНАМИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (МЕТОДА КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК), СВОДЯЩЕГО РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ К ЗАДАЧЕ ЛИНЕЙНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	168
ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕГАЗАЦИИ ВЫБРОСОПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	163	РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА СЛОЕВОГО ГОРЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ	169
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ	163	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ КОМПОЗИТНОГО ТОПЛИВА ИЗ УГЛЯ И ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ	169
ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ И МИГРАЦИИ РАДОНА В ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ЧАСТИ ЛИТОСФЕРЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	164	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ УГЛЕЙ И КОКСОВ С КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ДОБАВКАМИ ОКСИДОВ И СОЛЕЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	169
ЭВОЛЮЦИЯ КИНЕТИКИ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЕ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ САМОВОЗГОРАЮЩИХСЯ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ	164	ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕМПЕРАТУРООТВЕРЖДАЕМЫЕ ЭКОГЕОПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВ МЕСТНЫХ ТЭЦ	170
РАЗРАБОТКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ОСНОВ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ РЕЛЬЕФА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ИНТЕНСИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНОГО МАССИВА	165	МОДИФИКАЦИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ СТРУКТУРЫ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ И СНИЖЕНИЯ ШЛАКОВАНИЯ	170
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ, ПИРОЛИЗА И КОКСОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ, ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ, ОБРАЗОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ЗОЛЫ, РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ДЕТАЛЬНЫМ ИЗУЧЕНИЕМ СОСТАВА ПРОДУКТОВ В ГАЗОВОЙ, ЖИДКОЙ И ТВЕРДОЙ ФАЗЕ СОВРЕМЕННЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	165	РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЖИГАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ТОПЛИВ В УСЛОВИЯХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ КОСМОСА, АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ	171
РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ КАПЕЛЬ СУЩЕСТВЕННО НЕОДНОРОДНЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ	166	ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ ГЕОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС	171
РАЗРАБОТКА УГЛЕРОД-НЕЙТРАЛЬНОГО ЦИКЛА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ	166	РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ СВЧ-ПИРОЛИЗА ИЗ БИО-УГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ	172
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПИРОЛИЗА, ГАЗИФИКАЦИИ И ЗАЖИГАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	167	УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ ТОПЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	172
ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАХОРОНЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	168	РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	173
		ПОДБОР СОСТАВА ГРУНТОВ С ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОМ И ЗОЛОШЛАКОВЫМИ СМЕСЯМИ Улан-Удэнской ТЭЦ-2	174

4. Электроэнергетика (кроме атомной энергетики)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ, МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ В-С-Me1-Me2 (Me1 – Ni, V, Mo, Nb; Me2 – Cr, W, Zr, Ta) НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ	175	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОГО ПОТОКА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБОМАШИН И МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА	177
РАЗРАБОТКА МАЛОРАЗМЕРНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ МОЩНОСТЬЮ 30кВт для нужд распределенной энергетики	175	РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА НОВЫХ КЛАССОВ МЕХАНИЗМОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МАШИН НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ	177
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУКЦИЙ ПО ВЫПЛАВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	175	РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЯ	177
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ТРИНАРНОГО ЦИКЛА: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	175	ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЗАКРУЧЕННЫХ ТЕЧЕНИЙ МЕТОДОМ МАЛЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ	178
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ УСТАНОВОК ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДООЧИСТКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ОТХОДОВ В ВИДЕ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА, РАЗРАБОТКА ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА МОДУЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ОТ 1 ДО 500 м куб./час для современных установок тепло-, электрогенерации производственного и коммунального назначения	176	СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТЛИВКОВ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЮ СОВРЕМЕННОГО РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОГО, КОМПЬЮТЕРООРИЕНТИРОВАННОГО ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА	178
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	176	СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТУРБОМАШИНОСТРОЕНИЯ	178
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОГО ПОТОКА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБОМАШИН И МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА	176	СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ И ПОВЫШЕННЫЕ УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	179
		ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ВАРИАТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТОК НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО БЕТА-ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕГО TiAl-СПЛАВА, СОДЕРЖАЩЕГО ГАДОЛИНИЙ	179

Создание научных и методологических основ использования синхротронного и нейтронного излучения для разработки прорывных промышленных технологий структурной диагностики металлических и металлокерамических материалов, синтезированных аддитивными технологиями	180	Оптимизация процессов внутреннего конвективного и внешнего пленочного охлаждения турбинных лопаток на стационарных и пульсирующих режимах течения охлаждающего воздуха	188
Микроструктура и механизмы разрушения в интервале вязко-хрупкого перехода ультрамелкозернистых двухфазных титановых сплавов, полученных интенсивной пластической деформацией	180	Разработка нового класса жаропрочных интерметаллидных сплавов и технологий получения узкофракционных порошков для аддитивных технологий производства ответственных деталей газотурбинных двигателей	189
Обоснование конструктивного облика двигателей сложных циклов	181	Исследование особенностей формирования структуры и свойств жаропрочных интерметаллидных сплавов титана, полученных с использованием аддитивных технологий	189
Организация высокотехнологичного производства энерго- и ресурсосберегающих установок водоподготовки и водоочистки с получением отходов в виде товарного продукта, разработка типоразмерного ряда модульного оборудования производительностью от 1 до 500 м куб./час для современных установок тепло-, электрогенерации производственного и коммунального назначения	181	Разработка интеллектуальных средств концептуального проектирования газотурбинных силовых установок	189
Механика процессов высокоэнергетического воздействия на вещество в приложениях к технологиям создания новых материалов и конструкций	182	Интеллектуальный роботизированный комплекс суперфинишной обработки и контроля качества профиля пера крупногабаритных лопаток газотурбинных двигателей «Интерком»	190
Создание научно-технического задела для обоснования технических решений по использованию твёрдого биотоплива в парогазовом цикле	182	Создание высокотехнологичного производства уникальных крупногабаритных отливок для промышленных ГТД	190
Математические модели и методы для цифровой оптимизации проточных частей газотурбинных установок	182	Создание единого цифрового пространства управления инженерными данными малоразмерных газотурбинных двигателей на основе программного обеспечения отечественной разработки CML-BENCH	191
Разработка модели прогнозирования износа лопаточного аппарата осевых компрессоров в процессе эксплуатации газотурбинных установок на основании результатов численных исследований	182	Экспериментальные и численные исследования аэродинамики вариантов конструкции системы «Ступень-Диффузор» ГТЭ-65	191
Формирование конструктивного облика камеры сгорания, работающей на перспективном виде топлива	183	Влияние условий локальной металлургии на направленную кристаллизацию жаропрочного никелевого сплава в процессе проволоочного электронно-лучевого аддитивного формования	192
Исследование процессов горения предварительно перемешанных газовых смесей в камерах со сложной пространственной геометрией	183	Разработка научных основ технологии получения жаростойких покрытий на основе МАХ-фаз Ti-Al-C и сложных оксидов системы Y-Al-O для защиты от высокотемпературной коррозии интерметаллидных сплавов	192
Повышение эффективности эксплуатации газотурбинных установок с регулируемым сопловым аппаратом турбины путем выбора оптимальной программы управления	184	Разработка и внедрение систем искусственного интеллекта для управления качеством отливок рабочих лопаток демонстрационного газогенератора двигателя ПД-35	193
Создание и апробация киберфизических систем проектирования, производства и испытаний энергетических установок	184	Обоснование конструктивного облика газотурбинной энергетической установки до 1 МВт с применением рекуператора	193
Разработка научно-технических основ создания технологического оборудования для экологически чистых автономных систем энергоснабжения, работающего на органическом топливе	184	Моделирование технологических процессов, микроструктуры и эксплуатационных свойств системы «Материал-конструкция-покрытие» металлических и керамических деталей горячего тракта ГТУ и ГПА и элементов теплоизоляции с отработкой опытных образцов	193
Создание математической модели течения газа в обратно-направляющих аппаратах турбомашин на основе расчетно-экспериментальных исследований	185	Определение передаточной функции пламени (FTF) на основании расчётов процессов горения в трёхмерной нестационарной постановке	193
Разработка принципов и методических подходов к обоснованию технических требований на промывочные жидкости для проточной части газотурбинных двигателей	186	Организация производственных участков для изготовления деталей, узлов и систем турбогенератора малой мощности для нужд распределенной энергетики	194
Разработка цифровой технологии сквозного проектирования многоступенчатых осевых компрессоров газотурбинных двигателей с использованием численных моделей разного уровня сложности	186	Расчетно-экспериментальные исследования по нормированию допустимых повреждений лопаток КВД изделия 30	194
Формирование новых метастабильных фаз типа Me_3Si в нанокompозитах на основе Me-Si: их атомное и электронное строение и функциональные свойства	186	Разработка технологии производства и нанесения перспективных покрытий для защиты углерод-углеродных композитов от высокотемпературного окисления	194
Теоретико-экспериментальное исследование термоупругого и термоэлектроупругого деформирования материалов и покрытий сложной структуры	187	Разработка технологий опережающего развития малых энергетических установок и двигателестроения	195
Разработка и проведение испытаний опытной универсальной лазерной оптической головки для импульсной лазерной резки и сверления отверстий	187	Высокотемпературное послойное лазерное сплавление порошков с системой лазерного подогрева	195
Пористость конструкционных и функциональных материалов новых поколений: изучение механизмов образования пор, развитие методов оценки и залечивания пористости с целью минимизации ее негативного влияния на служебные характеристики материалов и изделий	188	Развитие методов расчета влажнопарового потока в проточных частях турбомашин на основе алгоритмов машинного обучения	196
		Исследовательские работы по разработке и внедрению технологии создания цифровых двойников газотурбинных двигателей авиационного, морского и наземного назначения	196
		Разработка цифрового двойника технологического процесса литья корпусных деталей ГТД из алюминиевых и магниевых сплавов	196

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ ИЗ СТЕКЛОПОЛНЕННОГО ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО МАТЕРИАЛА С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	197	РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ВИБРАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	207
РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ CML-BENCH	197	ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БРАКА ЛИТЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ	207
ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ И КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА	198	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	208
ВНЕДРЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ QFORM ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НОМЕНКЛАТУРЫ ПАО «ОДК- Кузнецов»	198	РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА КОРПУСНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	208
СНИЖЕНИЕ ВИБРОАКТИВНОСТИ ГИБКИХ РОТОРОВ ГТД ЗА СЧЁТ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ИХ ЦИФРОВОЙ БАЛАНСИРОВКИ НА ДОКРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТАХ ВРАЩЕНИЯ	199	СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ	208
ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ CML-BENCH. РАЗРАБОТКА НОВОЙ УЛУЧШЕННОЙ ВЕРСИИ ..	199	МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ ФАЗЫ В НАНОКОМПЗИТАХ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-КРЕМНИЙ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, АТОМНОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ	208
ОТРАСЛЕВАЯ КАСТОМИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ПО РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ CML-BENCH	200	ВАЛИДАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ, СОПРЯЖЕННОГО ТЕПЛООБМЕНА И МНОГОФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПОРТОНЕЗАВИСИМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	209
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ ДВУХФАЗНЫМИ ПОТОКАМИ С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ, РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ И АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	200	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭКРАННЫХ ТРУБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛОАГРЕГАТА	209
ВНЕДРЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА «ПОЛИГОНСОФТ»	200	ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ВЫСОКОЙ МОЩНОСТЬЮ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	210
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ УЗЛОВ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД	202	РАЗРАБОТКА ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ С ГИБРИДНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА	210
РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ И ВЕРТОЛЕТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	202	СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АТОМИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ	210
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК	202	РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ СИНТЕЗ ГИДРАТОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ И СТЕПЕНЬЮ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОДЫ В ГИДРАТ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГАЗОГИДРАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТА, ХРАНЕНИЯ, УТИЛИЗАЦИИ И ЗАХОРОНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ	211
РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК	202	ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЗАХОРОНЕНИЯ CO ₂ В ВОДОНОСНЫХ ПЛАСТАХ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ	212
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КРИТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ГОРЯЧЕГО ТРАКТА ГТУ Т32	203	МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ В ЖИДКОСТИ, ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ДЕГИДРИРОВАНИЯ АЛКАНОВ	212
РАЗВИТИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ	203	ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ ХЕМОСОРБЕНТ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ	212
СУРРОГАТНЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОДК	203	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ CO ₂ В СИНТЕТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И ВЫСШИЕ СПИРТЫ	213
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПЛАВЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	204	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	213
НОВЫЕ СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ ДЛЯ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ: КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ	204	РАЗРАБОТКА И МНОГОУРОВНЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО МИКРОВОЛОКНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА С ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА ЕГО ОСНОВЕ	213
ЧИСЛЕННОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНОМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛАМИНАРНЫХ ОТРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЙ И СМЕРЧЕВОГО ТЕПЛООБМЕНА В МИНИ- И МИКРОКАНАЛАХ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	205	ГИДРИРОВАНИЕ CO ₂ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ НА НОВЫХ ИНДИЙ-СОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМАХ	214
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ ПОСРЕДСТВОМ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	205	РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ CO ₂	215
РАЗРАБОТКА МЕТОДА СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОХЛАЖДАЕМЫХ ТУРБИН ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	206	УСТОЙЧИВАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ФОТОТРОФНО-ГЕТЕРОТРОФНЫМИ МИКРОБНЫМИ КОНСОРЦИУМАМИ В СОЧЕТАНИИ С ПРОИЗВОДСТВОМ БИОЭЛЕКТРИЧЕСТВА И БИОТОПЛИВА	216
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ В ГАЗОВОЙ ЗАВЕСЕ	206	КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ D-МЕТАЛЛОВ И ФЕРРОЦЕНОВЫХ ЛИГАНДОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	216
СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ С ПОВЕРХНОСТНОЙ И ОБЪЕМНОЙ МОДИФИКАЦИЕЙ МЕХАНО-ИМПУЛЬСНОЙ УДАРНОЙ ОБРАБОТКОЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ДИАПАЗОНЕ	207	РАЗРАБОТКА НЕПРЕРЫВНОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ КАРБОНАТОВ ИЗ ЭПОКСИДОВ И CO ₂	217

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ CO ₂ В УГЛЕВОДОРОДЫ И КИСЛОГЕНАТЫ	217	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ БАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК MESFET ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР	228
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ПРОДУКТА (МЕТАНОЛА) ИЗ CO ₂	218	ДИЗАЙН-ЦЕНТР ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ГИБРИДНЫХ МИКРОСБОРОК ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ	228
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО- АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	218	ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА N-GAN/P-NiO ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ	229
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫМИ МЕТОДАМИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДАТЧИКА МОНООКСИДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА	218	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ ОКСИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИБОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	229
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ БАССЕЙНОВ, КАРТИРОВАНИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАХОРОНЕНИЯ CO ₂ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ	219	РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ	229
СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ H ₂ /CO ₂	219	РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ БЛОКОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РСУ. ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА И РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК БСЭ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИМПЕЛЛЕРА	230
РАЗРАБОТКА АДОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПАРНИКОВЫХ И КИСЛЫХ ГАЗОВ	219	ГИБРИДНЫЕ SP ³ -SP ² УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА	230
ИЗВЛЕЧЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА	220	ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ (4H-SiC, GAN, Ga ₂ O ₃)	231
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОВОГО ГИДРАТА CO ₂ НА ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ЖИДКОЙ ФАЗЫ CO ₂ С ВОДОЙ И ВОДНО-СОЛЕВЫМИ РАССОЛАМИ В ПРИСУТСТВИИ ПАВ	221	ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ АЛМАЗНЫХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОДЛОЖЕК С ЛОКАЛЬНЫМИ АЛМАЗНЫМИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБЛАСТЯМИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СВЧ ЭКБ И РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	232
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТА CO ₂ В ПОРОДАХ КРИОЛИТОЗОНЫ ПРИ ЗАКАЧКЕ CO ₂ СОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ	221	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ В ЦИФРОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	232
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБНОВЛЕНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА И ОТВОДА УГЛЕКИСЛОТЫ НА ЗАХОРОНЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ НА УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ	221	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В МИНИКАНАЛЕ	233
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОРОУПРУГИХ СРЕДАХ	222	РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ	233
ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ОБЪЕМОВ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО УЛАВЛИВАНИЮ, ИЗВЛЕЧЕНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОБЪЕКТАХ ПАО «ГАЗПРОМ»	222	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХПОДЪИАЗОННОГО РЕАКТОРНО-ТИРИСТОРНОГО УСТРОЙСТВА СОВМЕСТНО С КОНДЕНСАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	234
ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНЫХ УГЛЕКИСЛОТНЫХ ТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ, РАБОТАЮЩИХ НА СЫРОЙ НЕФТИ	223	СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	234
БАЗОВАЯ ТЕОРИЯ И КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА	223	АММИАЧНАЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВАЯ ЭПИТАКСИЯ GAN ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ПОДЛОЖКАХ КРЕМНИЯ ДЛЯ СИЛОВЫХ И СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ	234
ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ПРОПАНА В ПРИСУТСТВИИ CO ₂ НА ХРОМОКСИДНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	223	РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНО МОДУЛИРУЕМЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ	235
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО (КОМБИНИРОВАННОГО) МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	223	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БЛОКА СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ОБРАТИМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ РСУ	235
ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ A ₃ B ₅ ДЛЯ РАДИОФОТОНИКИ, СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОЭЛЕКТРОНИКИ	224	ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСАХ	235
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА, ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ	225	РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЪЕМНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ АКЦЕПТОРНОЙ ПРИМЕСЬЮ МИКРООБЛАСТЕЙ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ ТЕРМОМИГРАЦИИ ЖИДКИХ ЗОН	235
ДВУХФАЗНАЯ СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ, РАССЕИВАЮЩИХ ВЫСОКИЕ ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ	225	ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ МОДУЛЯХ НА ОСНОВЕ MOSFET- И IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ	236
ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ, АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА И МУЛЬТИСЛОЙНЫХ СТРУКТУР НА ЕГО ОСНОВЕ	227	ПОВЫШАЮЩИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ НЕСИММЕТРИИ В ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ	237
ПРИОРИТЕТНЫЕ ОЦЕНКИ И СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КИПЕНИЯ НЕДОГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ С НАНОЧАСТИЦАМИ В БОЛЬШОМ ОБЪЕМЕ НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ	227		
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ВТСП ТРАНСФОРМАТОРОВ С ФУНКЦИЕЙ ТОКООГРАНИЧЕНИЯ	228		
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ СВЕРХПРОВОДЯЩИМИ ОБМОТКАМИ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	228		

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКАХ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ В ГРУППОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ	237	УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ ОРГАНИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕННЫХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ДОБАВОК	250
ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИКРО- И НАНОСТРУКТУРАХ В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ	238	СИНТЕЗ И СРАВНИТЕЛЬНОЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АП-КОНВЕРСИОННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ	250
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	238	ОБЪЕДИНЕНИЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДНЫХ A_3B_5 И Si ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ	251
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА КИПЕНИЯ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА НА МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПРИ СВЕРХВЫСОКОМ ТЕПЛОМ ПОТОКЕ	239	ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОГЕРЕНТНЫХ ТЕРАГЕРЦЕВЫХ ФОНОНОВ КАК ИНДИКАТОРА ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ОБЪЕМЕ КРЕМНИЯ	251
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ	239	РАЗРАБОТКА НОВЫХ НЕФУЛЛЕРЕНОВЫХ АКЦЕПТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ОЛИГОМЕРОВ И ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	252
РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА	240	УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭКСИТОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ДВУМЕРНЫХ ГИБРИДНЫХ ОРГАНОНЕОРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТАХ	253
РАЗРАБОТКА УТИЛИЗАЦИОННОЙ ПАРОСИЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ РАБОЧЕМ ТЕЛЕ	240	ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГАЛОГЕНИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МЕТАЛЛОВ: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА	253
СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ	240	ФУЛЛЕРЕНИЛАЗИДЫ В СИНТЕЗЕ АРОМАТИЧЕСКИХ И ГЕТЕРОАРОМАТИЧЕСКИХ 1,2,3-ТРИАЗОЛОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ	254
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА С НАКАТЫВАНИЕМ ТОПЛИВА НА ГРАНУЛЫ ШИХТЫ	241	ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Cu_2NiSn(S,Se)_4$ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	254
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ПЕРСПЕКТИВНОМ ВИХРЕВОМ ТОПОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ	241	НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ МЕТАЛЛООКСИДНЫХ АЭРОГЕЛЕЙ ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ЗА ВНУТРЕННИМИ И ВНЕШНИМИ ФАКТОРАМИ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕССА	254
ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОДАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА	241	КВАНТОВАЯ ДИНАМИКА ЯН-ТЕЛЛЕРОВСКИХ КОМПЛЕКСОВ В КРИСТАЛЛАХ	255
ПЕЛЛЕТИРОВАННЫЕ И БРИКЕТИРОВАННЫЕ ТОПЛИВА ИЗ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ	242	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ПУТЬ К СОЗДАНИЮ СТАБИЛЬНЫХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	256
ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО И НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ СОСТАВА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ	242	СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСРЕДСТВОМ IN SITU НЕЙТРОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ	257
КИПЕНИЕ В МИНИКАНАЛАХ ПРИ ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКАХ ПРИМЕНительно К СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	243	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ И ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА, ПЕРСПЕКТИВНЫХ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	257
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАДИАЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ, ЛЮМИНОФОРОВ И ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ	243	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	258
МЕХАНИЗМЫ ФОТОХИМИЧЕСКИХ И ФОТОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ В КОНДЕНСИРОВАННОЙ И ГАЗОВОЙ СРЕДАХ ..	244	СТАБИЛЬНЫЕ ФОТОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СМЕШАННОЙ РАЗМЕРНОСТИ (2D/3D) ДЛЯ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ	258
ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ КВАРЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ДРОБЛЕНИЯ	244	РАЗРАБОТКА ПРОСТЫХ КОНВЕРГЕНТНЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФОТО- И ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РЯДА ФУРАНА, ПИРРОЛА, ИНДОЛА И БЕНЗОФУРАНА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА БАЗЕ ФУРАНОВОЙ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	259
КОМПОЗИЦИОННЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НАНОДИАГНОСТИКИ	245	ШИРОКОФОРМАТНЫЕ ПОЛУПРОЗРАЧНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАБИЛЬНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ АРХИТЕКТУР	259
ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ С ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ ..	246	СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН И ХИМИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ФОТОТЕРМИЧЕСКИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	259
СЕЛЕКТИВНАЯ МЕТАЛЛ-ИНДУЦИРОВАННАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ, ИНИЦИИРОВАННАЯ КОРОТКИМИ И УЛЬТРАКОРОТКИМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ	246	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ	260
ПОЛУЧЕНИЕ БЕССВИНЦОВЫХ ГИБРИДНЫХ ГАЛОГЕНИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИИОДИДОВ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ	246	ЦИФРОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ КРЕМНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА. «Умный» ЦЕХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КРЕМНИЯ – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ НЕЙРО-КОМПЛЕКСЫ	260
ФОРМИРОВАНИЕ УПОРЯДОЧЕННЫХ ФАЗ И ПРИРОДА МНОГОЧАСТИЧНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДАХ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА	246	РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЖК-ЭЛЕМЕНТА С ПРОЗРАЧНЫМИ ПРОВОДЯЩИМИ КОНТАКТАМИ, ВЫПОЛНЯЮЩИМИ ОДНОВРЕМЕННО ФУНКЦИЮ ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИСПЛЕЙНОЙ ТЕХНИКЕ И БИОМЕДИЦИНЕ	261
ТОНКИЕ РАЗМЕРНО-УПОРЯДОЧЕННЫЕ НАНОКЛАСТЕРНЫЕ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛОВ КАК МАТЕРИАЛ, ЭФФЕКТИВНО ПОГЛОЩАЮЩИЙ ШИРОКИЙ СПЕКТР ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	247		
ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ	248		
ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ CO_2 : СТРОЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ И МЕХАНИЗМ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	249		

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ, МИКРОСТРУКТУРЫ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ, ОБЪЕМНЫХ И ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И СЕНСОРИКИ	261	МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН И СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ СО СТРУКТУРОЙ D-п-А НА ОСНОВЕ ТИЕНО[3,2-в]ИНДОЛА ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ СИСТЕМ	272
НАНОМАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОФОТОНИКИ: ПОЛУЧЕНИЕ, НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ	262	РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГЕТИКИ В ПАРАДИГМЕ КОМБИНАТОРНЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	273
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТОВ В СИСТЕМАХ ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ	263	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	273
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ОРИЕНТИРОВАННОГО ПИРАНОМЕТРА	263	СОЗДАНИЕ ПЛАЗМОННЫХ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ И ПЛАТИНЫ МЕТОДОМ АЭРОЗОЛЬНОЙ ПЕЧАТИ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО УСИЛЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ..	273
СВЕРХБЫСТРЫЕ ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ СПЕКТРАХ	263	СТАБИЛЬНОСТЬ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МОЩНЫМИ ПОТОКАМИ УСКОРЕННЫХ ЧАСТИЦ	274
ГЕТЕРОПЕНТАЦЕНЫ - НОВЫЕ ФОТОСТАБИЛЬНЫЕ СЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ: СИНТЕЗ, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ	264	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЧЕРНИЛ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В СИСТЕМЕ In_2O_3 - SnO_2 С ПОМОЩЬЮ ПЕЧАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	274
МОЛОЧНО-БЕЛЫЙ КВАРЦ ДЛЯ НУЖД ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ (НИ-ТЕСН) ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ КВАРЦА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОГО КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА	265	РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛАВУЧЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 5 кВт	274
НОВЫЕ СТЕКЛА И СТЕКОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, ЛЕГИРОВАННОЙ Cr_2O_3 : СИНТЕЗ, ФАЗОВОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	265	НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СУБМИКРОННЫХ 3D-СТРУКТУР ИЗ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ	275
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	266	НОВЫЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПЕРОВСКИТЫ: ВОПРОСЫ СИНТЕЗА И ХАРАКТЕРИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ	275
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛО	267	МОЛОЧНО-БЕЛЫЙ КВАРЦ ДЛЯ НУЖД ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ (НИ-ТЕСН) ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ КВАРЦА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОГО КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА	275
НОВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЛЮМИНОФОРЫ НА ОСНОВЕ 2,1,3-БЕНЗОТИАДИАЗОЛА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ	267	ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПРОВОДЯЩИХ СТРУКТУР ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	276
ОПТИЧЕСКИЕ СМАРТ-МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ OLED ЯЧЕЕК И СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	268	СИНТЕЗ СОЕДИНЕНИЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПУТЕМ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНЫМ АЦЕТИЛЕНОМ	277
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ГАЛОГЕНИДОВ СВИНЦА	268	ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ТИПА «ЯДРО-ОБОЛОЧКА» НА ОСНОВЕ СИЛИЦИДА МАГНИЯ И КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	277
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	269	РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ФОТОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ШИРОКОЙ ОБЛАСТИ ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА В ТАНДЕМНЫХ КРЕМНИЙ-ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ	278
КОМБИНИРОВАННЫЕ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ (СИГМА+ПИ)-ДОНОРЫ НЕКОВАЛЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПОЛИНИТРИЛЬНОГО РЯДА В КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ АРХИТЕКТУР	269	СИНТЕЗ СЕЛЕНОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ НОВОЙ ИОД-ОПОСРЕДОВАННОЙ РЕАКЦИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СЕЛЕНА С АЛКЕНАМИ И ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗА-ПОДОБНОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ	278
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	269	ХЛОРОФИЛЛОПОДОБНЫЕ БИОМАТЕРИАЛЫ КАК ДОНОРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	278
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ГИБКОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ, СОЗДАННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДИКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЛОГЕНИДНОЙ АКТИВАЦИИ	270	РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЗРАЧНЫХ СРЕД ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ЦЕПЕЙ	279
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ, ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРОЙ И МЕЖЭЛЕКТРОННЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ	270	МИКРОКОНЦЕНТРАТОРНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ	279
РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТНЫХ ФОТОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	270	ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ НИТРИЛОВ И ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	279
НОВЫЕ ЗАРЯДОВО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНЖИНИРИНГ МЕЖСЛОЕВЫХ ГРАНИЦ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	271	ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕНОС ПРИ ИСПАРЕНИИ, КИПЕНИИ И КОНДЕНСАЦИИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ГИБРИДНЫХ ГРАФЕНОВЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕРСПЕКТИВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ТРАДИЦИОННОЙ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	280
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ФОТОВОЛЬТАИКИ	271	РАЗРАБОТКА НОВЫХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ Р-ТИПА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДЫРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЯХ ЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	280
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ МОД В ФОТОННЫХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	271	ГАЛОГЕНИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ Р-ЭЛЕМЕНТОВ: МЕТОДИКИ СИНТЕЗА, СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВАЖНЫЕ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	281
КОНЦЕНТРАТОРНЫЕ ГИБРИДНЫЕ $\text{A}_3\text{B}_5\text{-Si}$ СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ СО СМАРТ-СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ	272	РАЗРАБОТКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ТРИФЕНИЛАМИНСОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОМЕРОВ С «ЯКОРНЫМИ» ГРУППАМИ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ И ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	281

ГИБКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ МАССИВА КРЕМНИЕВЫХ ВОЛОКОН В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ	281	АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНОГО ВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ В МОДЕЛИ ГИДРОТУРБИНЫ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНОГО АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ И РАЗЛОЖЕНИЯ НА ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЫ	291
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЯМОГО УПРАВЛЯЕМОГО СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ, НАНОКЛАСТЕРОВ И ЛЕТУЧИХ ГИДРИДОВ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ ПОТОКОВОЙ ЛЕВИТАЦИИ	282	НЕСТАЦИОНАРНАЯ ГИДРОДИНАМИКА НЕОДНОРОДНЫХ И МНОГОФАЗНЫХ СРЕД, ЗАКРУЧЕННЫЕ ПОТОКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССАХ	291
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОТЯЖЕННЫХ НАНООБЪЕКТОВ И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ	283	РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА - СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТУРБИНЫ ...	291
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ	283	СПИРАЛЬНО-ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МОДЕЛИ ГИДРОТУРБИНЫ	292
КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СИСТЕМАХ ...	283	ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ ВЯЗКОСТИ В ПРИЛИВНЫХ УСТЬЯХ РЕК	292
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МАКСИМИЗАЦИИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МАССИВА СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ	284	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ НАДЕЖНОСТИ	292
РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ РЕЛЯТИВИСТСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕСНЫМИ F-ЭЛЕМЕНТАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ	284	РЕВЕРСИВНЫЕ НАСОС-ТУРБИНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ИМПЕЛЛЕРА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	293
РАЗРАБОТКА ФРОНТИРНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА И НОВЕЙШИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ В ФОТОНИКЕ, МЕДИЦИНЕ И СЕНСОРИКЕ	284	РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПЛОСКИХ И ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ЗАДАЧ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ГРАНИЦЕЙ	293
РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ШИРОКОГО КЛАССА ПРИЛОЖЕНИЙ, ВКЛЮЧАЯ ЭНЕРГЕТИКУ, БИОИНЖЕНЕРИЮ И ХИМИЧЕСКУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	285	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИЕЙ НА МИНИ- И МИКРОМАСШТАБЕ ...	293
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА-ТРАНСФОРМЕРА ДЛЯ НУЖД АРКТИКИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА	286	РАЗРАБОТКА ВОЛНОЗАЩИТНОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПРИБРЕЖНОГО МОРСКОГО ШЕЛЬФА	294
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В АРКТИКЕ	286	ПОЛУЧЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ ПОСРЕДСТВОМ ОБУСТРОЙСТВА МИНИ- И МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	295
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ РОТОРА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	286	МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ, РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АППРОКСИМАЦИИ	295
ИССЛЕДОВАНИЕ И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭКСПЛУАТАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	287	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД: РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ С GPUS	296
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ МАЛЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ РЕГИОНА	287	РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ, С ПОВЫШЕННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ, ТЕРМИЧЕСКИМИ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	297
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕТРОПАРКОВ	288	ПРЕЦИЗИОННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА НАНОСОВ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ ЮГА РОССИИ	297
ВЕТРОУСТАНОВКА С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ синхронного генератора на постоянных магнитах для сельскохозяйственных потребителей малой мощности	288	РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ В ШТАТНЫХ, ПОВРЕЖДЕННЫХ, АВАРИЙНЫХ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ	298
ГИБРИДНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПАРЫ ТВЕРДАЯ ПЛЕНКА/АНТИФРИКЦИОННАЯ ПЛЕНКА, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ	289	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЖЕКЦИИ СРАБОТАННОГО ПОТОКА КОВШОВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ НА ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	299
ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ А6	289	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СВИНЦОВО-СУРЬМЯНИСТЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИЕЙ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦ СПЛАВА ССУ-3	299
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ПРИВЯЗНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ФУНКЦИЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА	289	РАЗВИТИЕ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ДОПЛЕРОВСКИХ СИГНАЛОВ В АЭРО- И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ	299
МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ ЛОПАСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И КРЫЛА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ	290	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО КАЧЕСТВА И СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С НОВЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ	300
КРУПНОМАСШТАБНЫЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ	290	МАГМАТИЧЕСКИЙ ФРАКИНГ И ФЛЮИДНЫЕ ПОТОКИ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ	300
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА - СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТУРБИНЫ НА ПРИМЕРЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА	290	ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМАССЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ	301
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВИХРЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ В ГИДРОТУРБИНАХ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ»	291	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА НА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	301

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ СЕЙСМИКИ	301	КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ КОВАЛЕНТНЫМИ СВЯЗЯМИ В ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ	311
Методы и модели исследования и оптимизации инновационных энергетических процессов и установок	302	РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ ПРОЕКТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ)	312
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВСЕРЕЖИМНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ	302	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ (В Т.Ч. НА ТРАНСПОРТЕ) И КОНТРОЛЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ (ВОДОРОД, МЕТАН, ПРОПАН-БУТАН)	312
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ	303	РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ	312
СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ РАЗРАБОТКИ ГИБКИХ МУЛЬТИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ ХОЛОДА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	303	РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТНЫХ И МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАТАРЕЙ ТОТЭ ПЛАНАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАНИЕ ТОПЛИВНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК	313
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	303	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	313
РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	304	КОМПОЗИЦИОННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	313
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	304	Методы и модели комплексного анализа и синтеза надежности централизованно-распределенных теплоснабжающих систем с применением новых технологий интегрированной и интеллектуальной энергетики	314
ДИЗАЙН И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ	304	РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО АДРСОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОГО, БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ГАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА	314
РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ, ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ГОРЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ УГЛЯ И ДРЕВЕСИНЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КАМЕРАМ СГОРАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ	305	РАЗРАБОТАТЬ ИННОВАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И СЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	315
РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ВИЭ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	306	ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ	316
Методы и средства повышения качества электрической энергии на основе выявления долевого вклада источников искажений и компенсации их влияния на потребителей	307	РАЗРАБОТКА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ	316
ЭНЕРГО-И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ ..	307	РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ВЫСОКОЙ ДОЛЕЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ОТБОРОМ И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ЗНАЧИМЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	317
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ОБЪЕКТОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ	307	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ БИОМАССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО И РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ МЕТОДОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ..	317
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ СНИЖЕНИИ ОБЩЕЙ ИНЕРЦИИ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	308	РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ В СЕБЯ УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОЙ, ВЕТРОВОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, А ТАКЖЕ СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ	317
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ИНТЕГРАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	309	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАРУШЕНИЙ И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ (МИКРОГРИД) НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	318
РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ СУПРАЖИВУЧЕСТИ КЛЮЧЕВЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ГАРМОНИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ (ГОВЕРНАНСА) УМНЫМИ ИНФРАСТРУКТУРАМИ	309	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ДИЗАЙНА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ Zr-Al ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЦЕТАЛЬДЕГИДА ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ	318
ИССЛЕДОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЕ	310	МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В МУЛЬТИЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МИКРОСЕТЯХ	318
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕКСТУРИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕЛЛУРИДА ВИСМУТА, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ ИСХОДНЫХ ПОРОШКОВ С РАЗЛИЧНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ ЧАСТИЦ	310	РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В СИНТЕЗ-ГАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	319
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ОБВОДНЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РАМКАХ КЛИМАТОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ	311		
РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ СИНТЕЗА КОНСОЛИДИРОВАННЫХ СЛОЕВ АДРСОРБЕНТА С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДИНАМИКИ АДРСОРБЦИИ	311		

ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА, КОМПРИМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА .	320	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ОБЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУХОАККУМУЛИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	332
РАЗРАБОТКА МАКЕТОВ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	320	ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫЕ ОКСИДЫ (A1-yBaYF1-xF'xO3-d, ABAF2-xF'xO6-d, где A=La, Pr, Nd, Sm; F,F'=Co, Fe, Mn) С ДОМЕННОЙ ТЕКСТУРОЙ И С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ БЫСТРЫМ КИСЛОРОД-ИОННЫМ И ПРОТОННЫМ ТРАНСПОРТОМ ДЛЯ КАТОДОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	332
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ИХ ДОСТИЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ	321	МХЕНЕ СОДЕРЖАЩИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СБОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	332
РАЗРАБОТКА СТРУКТУР И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЧАСТОТЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ	321	ПРИМЕНЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБМЕННОЙ РЕАКЦИИ МЕЖДУ МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ И НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИМ ОКСИДОМ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА, ПРИМЕНЯЕМОМ В КАЧЕСТВЕ КАТОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОТЭ	333
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ	321	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСООБЪЕКТОВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЯЮЩИХ УСТАНОВОК НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ	334
РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	322	АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	334
УГЛЕРОДНЫЕ ТОЧКИ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА	322	ТОЛЕРАНТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	335
МЕХАНИЗМЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА И МЕТАНО-ВОДОРОДНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА	323	КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ	335
РАЗРАБОТКА ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНЫХ ГРАФИКОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	323	ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	335
МАТРИЧНАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ВОДОРОД И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ	323	МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	336
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ	324	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	336
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОТЫ И ХОЛОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА	324	ПОСТРОЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ	336
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТАНОВКИ	325	РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ, ИНТЕГРИРУЕМОЙ С ВИЭ	336
НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	325	РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО КИСЛОРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ОБРАТИМОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ	337
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ГОРЕНИЯ МИКРОСТРУЙ ВОДОРОДА	326	ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ДЛЯ МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ	337
РАЗРАБОТКА ГРАФИТОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	326	ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЕМ И ПЕРЕРАБОТКОЙ НА ЦЕОЛИТАХ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ	338
РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ И УСТАНОВОК НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	327	ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ ДЛЯ ФОТОНИКИ, ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ: НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ И ОБРАБОТКА, КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ	338
БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КЛАСТЕРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАТАЛИЗЕ	327	НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ДИЗАЙНА СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: НОВЫЕ СПЛАВЫ, КЕРАМИКИ И СТРУКТУРЫ	339
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 1 кВт	328	ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ НА МЕТАН ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО	339
ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА, КОМПРИМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА .	328	ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФУРАНОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОМАССЫ	340
РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПОЛУЧЕНИЯ ВАНАДИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЯДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНАДИЕВЫХ ПРОТОЧНЫХ РЕДОКС-БАТАРЕЙ НА ЭЛЕКТРОЛИТАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА	328	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ ПОКОЛЕНИЯ IV	340
МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГРУНТОВЫХ И МОРСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД, НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	329	ФАЗОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧЕ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ПРОДУКТА РЕАКЦИИ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИХ СРЕД В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ФЛЮИДНОМ СОСТОЯНИИ	341
МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГРУНТОВЫХ И МОРСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД, НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	330		
РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ТОЛЕРАНТНОЙ, ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ АТОМНЫХ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ	331		

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЗАТРАТ ГЕНЕРАЦИИ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГИИ	341	РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ	350
ПЛАЗМОН-ИНДУЦИРУЕМЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ: ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ	341	РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО АППАРАТА С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	350
ИННОВАЦИОННЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ	342	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО АППАРАТА С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	350
РАЗРАБОТКА И ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ)	342	РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ – КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ	350
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ УГЛЕРОД НЕЙТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ CO ₂ -ЦИКЛОВ	343	РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО И СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА	351
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ, МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ	343	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ И АНАЛИЗУ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	351
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНАЦИЙ ИЗ НЕКОЛЬКИХ ВИДОВ БИОМАССЫ С ВНЕДРЕНИЕМ СТАДИИ АДсорбции	343	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДОЛЕВОГО УЧАСТИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И ПЕРЕТОКОВ МОЩНОСТИ	352
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦА МЕТАЛЛОГИДРИДНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА	344	ОДНОСТОРОННЯЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЯ-СИММЕТРИЧНЫХ ФУНКЦИЙ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ НА КАБЕЛЬНО-ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 6-10 кВ	352
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ И РЕЖИМОВ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ГИБРИДНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	344	АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	353
ИННОВАЦИОННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ (ТРАДИЦИОННЫХ) ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ	344	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА 3D ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	353
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКОВ РЕМОНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	345	МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СОСТАВЕ КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	353
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВИСОВ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ	345	СОПРЯЖЕНИЕ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С СИСТЕМОЙ ЦИФРОВОЙ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ	354
ТЕНДЕНЦИИ И СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА, МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ С ГЛУБИННЫМ ПРОМЕРЗАНИЕМ ГРУНТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ	346	РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ПОЛИГОНА-ТРЕНАЖЕРА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ 35/10 кВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА	354
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕВОДА СУЩЕСТВУЮЩИХ КОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПАО «ГАЗПРОМ» НА РАБОТУ БЕЗ ПОСТОЯННОГО ПРИСУТСТВИЯ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА	346	СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НОВОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКИ В КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ	355
РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ	346	ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ	355
СОЗДАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ТЕПЛОвого ПОТОКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ, А ТАКЖЕ В СИСТЕМАХ «УМНЫЙ ДОМ»	346	АКТУАЛИЗАЦИЯ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ (С ЭЛЕКТРОННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ) ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА НА 2024 ГОД	355
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	347	ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОвой ЭНЕРГИИ	355
АДАПТИВНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКОВ	348	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОДАХ	356
РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ 6-35 кВ С ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ ОТ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	348	КОМПОЗИТНЫЕ ТЕРМОАККУМУЛИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МИКРОФИБРИЛЛЯРНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА И ОРГАНИЧЕСКИХ ФАЗОВО-ПЕРЕХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ БИМОДАЛЬНОГО НАГРЕВА	356
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И ОБОРУДОВАНИИ СИСТЕМ КЛИМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ	348	НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ К ПРИМЕНЕНИЮ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СОХРАНЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	357
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ	348		
«ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН» - ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	349		
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ (ИНЖЕНЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ)	349		

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕРМАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	357	МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРОЦЕССОВ В ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛАХ С ОРГАНИЗОВАННЫМ БЕСПОРЯДКОМ ПРИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	369
УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ В PEDOT:PSS ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	358	ПОИСК СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЫСТРОГО, ЭФФЕКТИВНОГО И БЕЗОПАСНОГО ЗАРЯДА-РАЗРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ АНОДОМ	370
ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	358	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТРУКТУРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРУКТУРНЫХ АККУМУЛЯТОРАХ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	370
ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ И ФУНКЦИОНАЛОМ	359	ФИЗИКА, ТЕХНОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРИЯ ДЕФЕКТОВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ФОТОВОЛЬТАНИКИ И СЕНСОРОВ	370
ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ПО СОЗДАНИЮ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ, СОВМЕЩЕННОЙ С КАТАЛИТИЧЕСКИМ РЕФОРМЕРОМ И СОЧЕТАЮЩЕЙ КОМПАКТНОСТЬ, ВЫСОКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЫСТРОТУ ЗАПУСКА	359	РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ	372
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ КОМПОЗИТОВ С ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИМИ ПОЛИМЕРАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГОЗАПАСАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ	360	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНДЕНСАТОРНОЙ КЕРАМИКИ С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ СВЫШЕ 10000 И АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ СВЧ	372
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ, НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ, ГИБРИДНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ..	361	ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОГЕРМЕТИКОВ СИСТЕМЫ BaO-CAO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	373
ПЕРФОРИРОВАННЫЕ СУЛЬФОСОДЕРЖАЩИЕ МЕМБРАНЫ С УПРАВЛЯЕМОЙ МОРФОЛОГИЕЙ И УЛУЧШЕННЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ И МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	363	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	373
НОВЫЙ ТИП ПРОТОЧНОЙ БАТАРЕИ С РЕГЕНЕРУЕМЫМ РЕДОКС-МЕДИАТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ	364	РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	373
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА	364	ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМАХ K ₂ O - AO - RO ₂ - MOO ₃ (WO ₃), A -ДВУХВАЛЕНТНЫЕ КАТИОНЫ, R - Ti, Zr, Hf, Sn, - КАК ОСНОВА ПОИСКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	373
ДИЗАЙН ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ (Yb ₃ -xS ₄) _{0.2} (M ₃ -xS ₄) _{0.8} (M=Gd, Dy) ...	365	МИКРОСТРУКТУРА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	373
СНИЖЕНИЕ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК НА СИСТЕМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В ЧАСТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ	366	ТАКТИКА И СТРАТЕГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГОМОГЕННЫХ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНЫХ ФАЗ НА ОСНОВЕ La _{0.6} Sr _{0.4} Fe _{0.8} Co _{0.2} O _{3-δ}	374
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ	366	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В СУПЕРКОНДЕНСАТОРАХ	374
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВИДЕ ГИБРИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО НА СПЛАВЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ	366	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	375
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАРШРУТОВ СИНТЕЗА 2D НАНОКРИСТАЛЛОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ КОМПОЗИТОВ С УГЛЕРОДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ КАК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	367	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ И ТОКОВОЙ КОММУТАЦИИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕЕ	375
РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА, ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФОРМИРОВАНИЯ	367	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ И БЛОКОВ ДЛЯ БАТАРЕЙ TOTЭ, СОЗДАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ МАКЕТА БАТАРЕЙ TOTЭ	375
РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ СТЕКЛОГЕРМЕТИКОВ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	368	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УПРАВЛЯЕМОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА	375
МОЛОДЕЖНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ	368	МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ПОЛИАНИЛИНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ НАКОПИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	375
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОПОРНЫМИ СЛОЯМИ И МОНОПОЛЯРНОЙ КОММУТАЦИЕЙ	368	РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ СТРУКТУР И БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАСШТАБИРУЕМЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	376
ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ И МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ	369	РАЗРАБОТКА, СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СУПЕРКОНДЕНСАТОРА	376
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ И ТОКОВОЙ КОММУТАЦИИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕЕ	369	РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ, МЕМБРАН ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ИЛИ ВОДОРОДА И ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОГО СПЕКАНИЯ НАНЕСЕННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ	377
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ	369		

5. Водородная энергетика

СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА С УЛЬТРАМАЛЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	378	МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	390
ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОРОДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МИКРОТРУБЧАТЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТО-ПОДОБНЫХ ОКСИДОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ФАЗОВОЙ ИНВЕРСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ	378	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ И ВОДОРОД В РЕАКТОРАХ С ЭФФЕКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ	390
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ	378	ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	391
ИСПЫТАНИЯ БАТАРЕИ ПЛАНАРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НОМИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 кВт	379	ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	391
АКТИВНЫЕ ЦЕНТРЫ «МЕТАЛЛ-КИСЛОРОДНАЯ ВАКАНСИЯ» В ОБЛАСТИ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ ГЕТЕРОГЕННЫХ $M/Ce1-xZr_xO_2$ ($M=Ni, Ru, Rh, Pt$) КАТАЛИЗАТОРОВ: ОТ СТРУКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ К ДИЗАЙНУ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	379	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА И РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА МЕТАНА	391
НОВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И БИОМАССЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ	380	РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА	392
МОНЕТИЗАЦИЯ БИОЧАРА	380	РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СЖАТИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПУТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА	392
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВКИ	380	НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ОКИСЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПЕКТИНОВЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	392
КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ, ВКЛЮЧАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗУ И ДРУГИЕ БИОПОЛИМЕРЫ	381	РАЗРАБОТКА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА	393
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ЗАПАСАНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	382	ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НАКОПЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА	394
ПИНЦЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ 8-10 ГРУПП В ПРОЦЕССАХ ТРАНСФОРМАЦИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ - CO_2/H_2 ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА	382	НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ БИЯДЕРНЫЕ КЛАСТЕРЫ МОЛИБДЕНА И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ N-ДОНОРНЫЕ ЛИГАНДЫ	394
БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗ-ГАЗА: КИНЕТИКА, МЕХАНИЗМ И СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН КАТАЛИЗАТОРОВ	383	ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ	394
КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ (IV) С НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ОКСО-ЛИГАНДАМИ: ОБРАЗОВАНИЕ, СТРОЕНИЕ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КАТАЛИЗА	383	КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ	395
ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ПУТЁМ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА НА КАТАЛИЗАТОРАХ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ	384	СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ САМОСБОРКИ НАНОСЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСФОЛИАЦИЕЙ СЛОИСТЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ И СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ	395
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ПЛАЗМЫ В ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ (ВКЛЮЧАЯ ТЯЖЕЛЫЕ НЕФТИ) В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	385	ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА НА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ H_2+CO (СИНТЕЗ-ГАЗА)	396
НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ НАНОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫХ «ЗЕЛЕННЫХ» РЕАКЦИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА: КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН, ЛАБОРАТОРНЫЕ И СИНХРОТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	385	РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА	396
РАЗРАБОТКА НАУЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОДНОСТАДИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ДОСТУПНЫХ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ И УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	386	ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДНОГО И МЕТАНО-ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА	396
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОРОТКОЦИКЛОВОЙ БЕЗНАГРЕВНОЙ АДСОРБЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОЧНЫХ ЦЕОЛИТОВЫХ АДСОРБЕНТОВ: КИНЕТИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ	386	ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКИМИ, ХИМИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	397
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОКСИАПАТИТА С РАЗЛИЧНЫМИ ДЕФЕКТАМИ: ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТ	386	ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВОСТРЕБОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ – ЖИДКИХ БИОТОПЛИВ, СУЛЬФАТИРОВАННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И ЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ	397
СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОСЫРЬЯ	387	ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	399
ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	388	ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОВОДОРОДА ИЗ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ В ЦИРКУЛЯРНЫЕ БИОПРОЦЕССЫ	399
СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА	389	КОМПОЗИТНЫЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА И ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	400
ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЕВЫХ МЕМБРАН	389	ОТ БЕЛОГО К ЧЕРНОМУ - НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТНОГО ФОСФОРА ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ	400
		КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ГЛЮКОЗОВОЙ/ГЛЮКАРОВОЙ КИСЛОТ И ВОДОРОДА ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ ИЗ БИОМАССЫ	401

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПЛАТИНО-ТИТАНОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОСТАТОЧНОГО АММИАКА: МОДИФИКАЦИЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ	401	ПОИСК НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕШЕВОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА: ЭКСПЕРИМЕНТ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ	410
РАЗРАБОТКА, НАРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА. ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ НА МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА НА СТЕНДЕ-ДЕМОНСТРАТОРЕ	402	ДИЗАЙН НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРЕСАХ ВОДОРОДНОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	411
ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: НАНОАРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ	402	РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОНОМНО РЕГУЛИРУЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ	411
ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	402	РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ «АССИМЕТРИЧНОГО» ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ» И ЕГО КОМПОНЕНТОВ. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ «АССИМЕТРИЧНОГО» ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ» И ЕГО КОМПОНЕНТОВ	412
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СКРИНИНГУ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ ГИБРИДНЫМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА	403	РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	412
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАТАЛИЗАТОРА ОРТО-ПАРА КОНВЕРСИИ ВОДОРОДА, ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛА СЖИЖЕНИЯ ВОДОРОДА, РАБОТАЮЩЕГО НА СМЕСЕВОМ ХЛАДАГЕНТЕ	404	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ ПИЛОТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДОКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	413
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНИНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНВЕРТОРОВ	404	НОВЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОГО РАССЧЕПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНОДИРОВАНИЯ	413
ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ И ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА	404	КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ АМИН-БОРАНОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСОВ МАРГАНЦА (I)	414
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ	404	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, ВОДЫ И АКТИВНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В РАМКАХ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ	414
КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АРКТИКЕ ПЕРЕРАБОТКОЙ НА ЦЕОЛИТАХ И СМЕШЕНИЕМ С ПРИСАДКАМИ	405	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННОГО SnO_2 И КОМПОЗИТОВ $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	415
ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ОКСИДНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ	406	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА С РАСПЛАВЛЕННЫМИ, ТВЕРДЫМИ И ЖИДКИМИ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ	415
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД И ГЕЛИЙ, МЕМБРАННО-СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ	406	ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ	416
РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМОХИМИИ С РАДИКАЛЬНОЙ КИНЕТИКОЙ УГЛЕВОДОРОДОВ	406	ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНТАГОНАЛЬНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МНОГОКРАТНО ДВОЙНИКОВАННЫХ Pd-Au НАНОКАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО МЕМБРАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА	416
РАЗРАБОТКА НОВЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПОДХОДОВ К ПОЛУЧЕНИЮ ВОДОРОДА ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ БИОВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ (БИОСПИРТОВ -ЭТАНОЛА, ГЛИЦЕРИНА) С ОДНОВРЕМЕННЫМ УДАЛЕНИЕМ УГЛЕРОДА ИЗ АТМОСФЕРЫ	407	СОЗДАНИЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФОСФИДА КОБАЛЬТА И ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА	417
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ И УСТОЙЧИВЫХ К ЗАКОКСОВЫВАНИЮ КАТАЛИЗАТОРОВ СОСТАВА $\text{WC}/[\text{Ni}(\text{Me})\text{Al}_2\text{O}_4]$, ГДЕ (Me-Ca; Ce; Co) ДЛЯ ПРОЦЕССА УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ И ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ	407	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ВОДОРОДНОГО НАСОСА В УСЛОВИЯХ ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА	417
СИНТЕЗ, ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ MoS_2 И WS_2	408	ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-КЕРАМИЧЕСКИХ ЛАМИНИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПРЕКЕРАМИЧЕСКИХ БУМАГ	417
РАЗРАБОТКА ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА, ЭФФЕКТИВНЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ И МИКРОФЛОРЫ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВИДИМЫМ СВЕТОМ	408	ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ ИЗ СМЕСЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С МЕТАНОМ И УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ, КОМПРЕССИИ И ХРАНЕНИЯ В МЕТАЛЛОГИДРИДАХ	417
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО МАССОПЕРЕНОСА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	409	МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	419
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ МЭБ И ЕГО КОМПОНЕНТОВ, ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК, СБОРОК ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК	409	ФОРМИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО ГРАФЕНА С ВАРИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ И ОПТОЭЛЕКТРОНИКЕ	419
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДОКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	410	НОВЫЕ ФОТОАКТИВНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ	419
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЕДИНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДОКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	410	СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕМБРАН ДЛЯ БЛОКА ОЧИСТКИ ВОДОРОДА	420

Фундаментальные основы разработки Nb-содержащих высокоэнтропийных сплавов для создания перспективных металлических мембран глубокой очистки водорода	420	Исследование возможности и условий транспортирования и хранения смесевых топлив на основе водорода	429
Разработка научных основ создания и режимов функционирования высокоэффективных мембран на основе системы Pd-Cu для устройств глубокой очистки водорода	420	Исследование принципиальной возможности получения микросфер из отходов стекловолокна	429
Мембраны на основе полигетероариленов с бензимидазольными фрагментами для высокотемпературного выделения и очистки водорода	421	Разработка и обоснование использования материалов и технологий для водородной энергетики	429
Разработка научно-технических основ проектирования металлгидридных систем хранения водорода с применением методов цифрового моделирования и 3D прототипирования ..	421	Разработка высокоэффективных материалов для хранения и подачи водорода в арктических условиях	429
Моноатомные Pd катализаторы для получения водорода на основе ковалентных триазиновых каркасов	421	Разработка эффективных химических методов управления газофазными процессами возгорания, распространения пламени, взрыва и детонации	430
Моделирование строения и свойств гетероструктур нитрид бора - графен для эффективной адсорбции водорода	422	Синтез и исследование новых металлгидридных сплавов TiFe с частичным замещением на Mn, предназначенных для хранения водорода	430
Разработка гибридной энергетической установки с электрохимическим генератором с водород-воздушным топливным элементом и накопителем электроэнергии для экологически чистых электрических городских автобусов, легковых и малотоннажных коммерческих транспортных средств	422	Электрохимический синтез магнитных материалов и материалов для хранения и аккумуляции водорода на основе многокомпонентных соединений редкоземельных металлов в ионных расплавах	430
Хранение и транспортировка водорода в органических носителях	422	Водородная энергетика. Материалы и технологии хранения, транспортировки и применения водорода и водородсодержащих смесей	431
Дизайн низкоразмерных наноматериалов для искусственного фотосинтеза	423	СВЧ-синтез гибридных металлических и оксидных наночастиц и их применение в решении проблем экологии в качестве катализаторов, мембран и сорбентов	432
Компьютерное моделирование физических и механических свойств углеродных материалов с целью их применения в энергетике и машиностроении	423	Ароматические диацетилены как основа для синтеза новых кристаллических форм углерода	432
Разработка катализатора и технологии разложения аммиака	423	Разработка технологии и изготовление образца металлгидридной установки для аккумуляции водорода	432
Научное обоснование влияния гидрохимических и микробиологических процессов на развитие коррозионных явлений при сонахождении водорода и метана в широком диапазоне концентраций в геологических объектах различного типа	423	Малые циклы [E2(NR)2] (E = элементы 2, 13 и 14 групп, R = объемные органические радикалы), как прекурсоры новых функциональных материалов	433
Моделирование комплексных эколого-экономических эффектов производства низкоуглеродного водорода в России	424	Разработка и тестирование опытных образцов формованного катализатора орто-пара конверсии водорода на основе металл-органических координационных полимеров	433
Разработка фундаментальных основ физического и химического управления процессами газодинамики, горения и детонации ..	424	Новые подходы к разработке композитных материалов и систем хранения водорода на основе сплавов титана с железом	433
Разработка и тестирование прототипа химического генератора водорода для систем энергоснабжения на основе водород-воздушного топливного элемента	425	Жидкие субстраты для хранения водорода и катализаторы для обратимых процессов гидрирования и дегидрирования субстратов	434
Эффективные теплоизоляционные силикатные материалы для водородной энергетики	425	Формирование металлгидридных пленок и оценка их сорбционных и десорбционных характеристик по водороду	434
Материалы и технологии для водородной энергетики	426	Разработка аванпроекта пилотной водородной заправочной станции производительностью до 60 кг/день	435
Современные функциональные наноматериалы и исследование их кристаллической и магнитной структуры методами спектроскопии	426	Разработка технического задания на пилотную водородную заправочную станцию	435
Генерация, хранение и транспортировка водорода и энергоносителей с низким углеродным следом	427	Оценка газопроницаемости металла труб и технологического оборудования компрессорных станций существующей газотранспортной системы для транспортировки водородсодержащего газа	435
Разработка серии высокоэффективных магнитокалорических материалов на основе La(Fe _{1-x} Si _x) ₁₃ для каскадной системы магнитного охлаждения в области криогенных температур (77-150 К)	427	Разработка селективного термokatалитического сенсора водорода	436
Теоретическое исследование и численное моделирование ламинарных и турбулентных режимов конвективного теплопереноса в технических системах	427	Формирование металлгидридных пленок и оценка их сорбционных и десорбционных характеристик по водороду	436
Водородные системы хранения тепловой энергии на основе интерметаллических соединений	428	Создание высокоэффективных мембран для разделения смесей H ₂ /CH ₄	436
Создание интегрального комплекса перспективных технологий генерации, хранения и использования водорода в технологических схемах тепловых электростанций	428	Разработка и применение радиоизотопных источников для анализа функционально-градиентных материалов водородной и ядерной энергетики	436
Разработка промышленной технологии и оборудования для переработки отработавшего топлива ядерных реакторов на быстрых нейтронах	428	Разработка научных основ создания композитов на основе наноразмерных металлических многослойных систем Zr\Nb, устойчивых к водородным и радиационным повреждениям ...	437
		Электрокатализаторы на углеродной основе, полученные из азотсодержащих полимеров: синтез и свойства	438

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ И ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕАКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ТВЁРДЫХ ТЕЛ	438	ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	449
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕМБРАНАМИ ИЗ КИСЛЫХ СОЛЕЙ	439	ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ-ГАЗОВАЯ ТУРБИНА	449
НОВЫЕ ИОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	439	РАЗРАБОТКА СТЕКА ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	449
СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ЦКП «СКИФ» В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МИРОВОГО УРОВНЯ	440	МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АВТОНОМНО ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ АРКТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	450
НОВЫЕ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	440	РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОЛИБЕНЗИМИДАЗОЛЬНОЙ МЕМБРАНЕ В РАМКАХ ГЛОБАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	450
НОВЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	441	РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	451
РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОЛИЗНУЮ БАТАРЕЮ ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИОННОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ. РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ДЕМОСТРАЦИОННЫЙ ОБРАЗЕЦ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ	441	РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ДИЗАЙНУ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СМЕСИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	451
ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ	441	МАКЕТИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	452
ИССЛЕДОВАНИЕ ФРОНТА ПЛАМЕНИ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В КАНАЛАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЯЧЕЙСТОЙ И ВОЛОКНИСТОЙ СТРУКТУРЫ	442	ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БОЛЬШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ	452
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	442	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	453
КОМПОЗИЦИОННЫЙ УГЛЕРОД-КАРБИДНЫЙ МАТЕРИАЛ Mo_2C -C КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА ...	443	ГЕКСАГОНАЛЬНЫЕ ПЕРОВСКИТЫ – НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В РАЗРАБОТКЕ СРЕДНТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОТОНИКОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	453
РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ ПРЯМЫХ БОРГИДРИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	443	РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗ НОВЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	454
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ ВОДЫ С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ	444	НОВЫЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПЕРФОРИРОВАННЫХ МЕМБРАН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСУРЬМЯНЫМИ КИСЛОТАМИ, ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	454
РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ И МИКРОСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОЛ	444	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НЕДОРОГИХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	455
СОЗДАНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	445	СОЗДАНИЕ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА	455
КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПЛАЗМЕННЫХ ПОРИСТО- ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ С ВЫСОКОЙ СОРЕБЦИОННОЙ ЕМКОСТЬЮ ВОДОРОДА	445	ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ НЕВОДОРОДНЫХ УГЛЕРОДНО- НЕЙТРАЛЬНЫХ И ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	456
МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ СИСТЕМ СО СТРУКТУРНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ И НЕЛИНЕЙНЫМИ КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ	445	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАКЕТА ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	456
СИНТЕЗ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАЛЬЦИЯ С 3D-МЕТАЛЛАМИ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ЭЛЕКТРОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ВОДОРОД- СОРЕБЦИОННЫХ СВОЙСТВ	446	РАЗРАБОТКА И КАЛИБРОВКА ПОТЕНЦИАЛОВ СИЛОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МНОГОСТЕННЫХ НАНОТРУБОК НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	456
РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ С НАНЕСЕННЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ СЛОЕМ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ	447	РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕРКОННЕКТОРОВ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	457
РАЗРАБОТКА КОНТЕЙНЕРА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ	447	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И СОЗДАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С ПРОТОНОПРОВОДЯЩЕЙ МЕМБРАНОЙ	457
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ «ЗЕЛЕННОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ	447	РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ CO -ТОЛЕРАНТНОСТИ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	458
ЛАБОРАТОРИЯ «АВТОНОМНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»	447	ОЦЕНКА УГЛЕРОДНОГО И ТОКСИЧЕСКОГО СЛЕДА ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОМ ТОПЛИВЕ, ГИБРИДНЫХ (В ТОМ ЧИСЛЕ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) АВТОМОБИЛЕЙ И ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ	459
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОТОННЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ	448	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО И БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С ВЫСОКОЙ ДОЛЕЙ АЭС	459
ДИЗАЙН НОВЫХ СТЕРИЧЕСКИ-ЗАТРУДНЕННЫХ СОЛЕЙ ФОСФОНА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОЗДАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ «УМНЫХ» МАТЕРИАЛОВ	448		
РАДИАЦИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	448		

Оценка влияния водородсодержащего газа на изменение механических свойств и характера разрушения металла труб магистральных газопроводов существующей газотранспортной системы	459	РАЗРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ И ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЙ С ВЫХОДОМ ВОДОРОДА В ГЕРМЕТИЧНЫЙ ОБЪЕМ АСММ С РУ ШЕЛЬФ-М	461
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВОДОРОДА, РАСТВОРЕННОГО В ГАЗЕ, НА РАЗВИТИЕ РАННЕЕ ОБРАЗОВАВШИХСЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ТРУБ В ГАЗОПРОВОДАХ С ДЛИТЕЛЬНЫМИ СРОКАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ	460	Методы физического воздействия для построения новых C-S, S-S связей в полифункциональных соединениях	461
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ГОРЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ	460	Фундаментальные принципы создания экспресс диагностики топливных смесей на основе микрогорения	461
ПОВОРОТНЫЙ ЗАТВОР «ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»	461	ИССЛЕДОВАНИЕ ДИВЕРТОРА ТОКАМАКА ГЛОБУС-М2 С ЦЕЛЬЮ ОТРАБОТКИ РЕЖИМОВ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ СНИЖЕНИЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАЗМЫ СО СТЕНКОЙ	462
		ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШЕНИЯ ВОДОРОДА С ВОЗДУХОМ В ЗАКРЫТОМ ОБЪЕМЕ	462

6. Управление научно-технологическим развитием энергетики

ПОДГОТОВКА РАЗДЕЛА ОПИСАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В РАМКАХ МЕТОДИКИ РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ, ВКЛЮЧАЯ КЛЮЧЕВЫЕ ОТРАСЛИ	464	РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2021 ГОД	467
РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ БАЛАНСОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ УГЛЕЙ В РЕГИОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ РЫНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	464	ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ, ВКЛЮЧАЯ КЛЮЧЕВЫЕ ОТРАСЛИ	467
СХЕМА И ПРОГРАММА ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА 2023-2027 ГОДЫ	464	Методы, математические модели и инструментарий для поиска путей обеспечения надежного топливно- и энергоснабжения потребителей в условиях ЧС в газовой отрасли	467
КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ НА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ	465	РАЗРАБОТКА СХЕМЫ И ПРОГРАММЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА НА ПЕРИОД 2023-2027 ГОДЫ	468
РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2020 ГОД И ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА	465	РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО АКТУАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ДО 2035 ГОДА С ПРОЛОНГАЦИЕЙ ДО 2040 ГОДА	468
РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ ДО 2030 ГОДА	466	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИИ»	469
ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2031 ГОДА	466	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «ИНФОРМАЦИОННАЯ КАРТА ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»	469
РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА	466	РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В БАЗАХ ДАННЫХ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИИ», «ТИПОВЫЕ ПРОЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ» И «ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ»	469
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПО ОБЪЕКТАМ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД 2021-2025 ГОДЫ С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ДО 2035 ГОДА	466	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИИ»	470
РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО И ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	466	РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ПРОТОТИПА ОТРАСЛЕВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	470
		ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА К «ЗЕЛЕННОЙ» ПАРАДИГМЕ	471
		РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ СЕТИ ВОДОРОДНЫХ КЛАСТЕРОВ	471
		АКТУАЛИЗАЦИЯ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ НА ОСНОВЕ КОНСЕНСУС-ПРОГНОЗОВ ВЕДУЩИХ ЭКСПЕРТОВ	472

1. Нефтяная отрасль

1.1 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ, СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЗАЛЕЖЕЙ

2021

№ 121121900024-9

СПЕЦИАЛЬНЫЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА КАШИРО-ПОДОЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ АРЛАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Объектом данного исследования являются образцы горной породы скважин 11048 и 11183 каширо-подольских отложений Арланского месторождения. Цель работы - исследование нейтронных характеристик горной породы на образцах керна для достоверного прогноза текущей нефтенасыщенности импульсными нейтронными методами каротажа. В процессе работы будут проведены комплексные исследования керна по скважинам 11183 и 11048 Арланского месторождения. Будут проведены исследования элементного состава пород рентгенофлуорисцентным методом, методом

индуктивно-связанной плазмы, термогравиметрическим методом и пиролизом. В результате комплексной обработки проведенных исследований будут построены минерально-компонентные модели по всем скважинам для расчета значений макроскопического сечения поглощения тепловых нейтронов. Также будут получены результаты по влиянию ошибок входных параметров на точность оценки нефтенасыщенности по данным импульсных нейтронных методов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 121121400287-3

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Будет разработано программное обеспечение для выбора наиболее близкой к фактическим данным истории разработки нефтяного месторождения гидродинамической модели на основе методов математической статистики. Цифровые трехмерные геолого-технологические модели являются важным инструментом при контроле и управлении разработкой месторождений. Основными задачами, решаемыми с их помощью, являются проектирование плотности сетки скважин, расчет прогноза технологических показателей, оценка полноты выработки запасов, прогнозирование энергетического состояния залежи и т. д. Эффективность технологических решений, принимаемых на основе геолого-гидродинамических моделей, напрямую зависит от их качества. Вообще, требуемое качество модели определяется в зависимости от задач, которые предполагается решать с ее помощью, но существует ряд общих критериев, позволяющих судить о достоверности и адекватности моделей для тех или иных целей. Известно, что проведение экспертной оценки качества построения геолого-технологических моделей нефтяных и нефтегазовых месторождений является неотъемлемым этапом в создании цифровых аналогов продуктивных пластов. В задачи экспертизы входит контроль качества модели, а также оценка возможности ее использования для решения задачи проектирования и мониторинга процесса разработки месторождений и т.д. Оценка геолого-технологических моделей проводится в соответствии с отраслевыми и корпоративными нормативными документами. По результатам анализа составляются заключение о качестве модели и возможности их использования при разработке и эксплуатации месторождений. В ходе экспертизы

используются два вида критериев оценки гидродинамических моделей: количественные и качественные. Качественные критерии основаны на субъективной оценке модели экспертом. Количественные критерии предполагают вычисление значений параметров качества, численно отражающих степень сходства построенной модели и результатов расчета по эталонным алгоритмам (фактическим данным). Модель признается адекватной, если величина параметра попадает в установленный интервал расхождения. Современные программные комплексы для геологического и гидродинамического моделирования позволяют получить несколько реализаций модели разрабатываемого месторождения. Различные реализации могут отличаться строением структурной сетки, распределением параметров, количеством прогнозных запасов углеводородов и т.д. В таком случае возникает необходимость из имеющихся вариантов модели выбрать наиболее согласующуюся с фактическими данными реализацию, что является многокритериальной задачей принятия решений. В данной главе показаны алгоритмы оценки трехмерных цифровых моделей разработки месторождений на основе математико-статистических методов обработки экспертных оценок. В настоящее время существует множество многокритериальных методов принятия решений (метод анализа иерархий, метод Подиновского, методы группы ELECTRE, методы, основанные на парном сравнении и др.). Суть этих методов заключается в оценивании альтернатив по нескольким параметрам, имеющим свой вес. Полученные оценки обрабатываются различными математико-статистическими методами, и выделяется наилучшая из альтернатив

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121070800030-2

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МАРКШЕЙДЕРИИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

1. Системы GNSS или системы высокоточного спутникового позиционирования на горных предприятиях позволяют создание и реконструкция опорных и съемочных маркшейдерско-геодезических сетей. В процессе этих работ переопределяются высокоточные координаты пунктов опорных сетей, а также определяются фоновые и техногенные

деформации верхней части земной коры в районах месторождений. При этом не менее важным аспектом применения спутниковых систем в маркшейдерском деле являются инструментальные наблюдения за процессом сдвижения горных массивов на карьерах и других объектах горной промышленности. Комплексный анализ измерений

позволяет выполнять оценку наблюдений за устойчивостью бортов карьеров при открытой разработке месторождений и наблюдения за сдвигами земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. 2. Объективное многопараметрическое моделирование месторождений ПИ или его участков, позволяет комплексно оценить методику ведения горных, маркшейдерских работ и через последовательные итерации внести корректировку с целью получения наиболее оптимального результата. 3. Системы сканирующей тахеометрии позволяют: 1. повысить точность проводимых работ, полученные результаты можно использовать не только при топографических работах, но и к примеру, при подсчете объемов горных выработок. 2. Рационализировать рабочее время за счет того, что полностью исключаются камеральные работы, все координаты точек определяются через GNSS-системы. 3. увеличить объем покрываемой территории через возможности работы в любое время суток, съемки занесённой территории, со слабовыраженным рельефом и отсутствием

маркирующей ситуации, при этом результатом съемки является цифровая модель рельефа. Цель работы: 1. анализ и оценка наблюдений за сдвижением при разработке месторождений. измерений методики 2. моделирование геологических тел 3. создание, реконструкция опорных и съемочных маркшейдерско-геодезических сетей Задачи: 1. Систематизация, классификация, обработка, обобщение и анализ обширной геолого-маркшейдерской информации 2. Изучение существующих методов и подходов к построению цифровых геологических моделей месторождений с целью построения адекватной трехмерной геологической модели месторождения. Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость): 1. Полученные в ходе исследования результаты могут стать основанием для разработки методических материалов, методик и рекомендаций в работе с системами GNSS 2. Разработка мероприятий для снижения потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122012700079-1

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И МОДЕЛИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: обобщение геолого-промысловой информации; характеристика геологического строения месторождения; характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий, режима водонапорного бассейна; анализ результатов гидродинамических исследований скважин; сведения о запасах УВ; характеристика текущего состояния разработки месторождения; сопоставление проектных и фактических показателей разработки; обоснование выбора типа фильтрационной модели; преобразование геологической модели в гидродинамическую; обоснование модели петрофизических свойств; обоснование модели ОФП; анализ результатов промысловых газоконденсатных и лабораторных исследований пластовых флюидов; обоснование свойств и состава пластовых флюидов для подготовки моделей пластовых систем; анализ состав и свойства пластовой

воды, определение исходных параметров и их изменение для последующего учета в гидродинамической модели; создание модели пластовой углеводородной системы; обоснование начальных и граничных условий; создание гидродинамической модели; оценка начальных геологических запасов на гидродинамической модели; адаптация моделей и параметров работы скважин по данным истории разработки и исследования скважин. Результаты работы - Цифровая модель пластовых флюидов Ковыктинского газоконденсатного месторождения; Цифровая гидродинамическая модель Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки месторождений углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122012800063-9

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛНОРАЗМЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ С УЧЕТОМ ПРЕДНАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

В рамках проекта будет создано программное обеспечение, которое позволит рассчитать эффективные механические характеристики образца по данным компьютерной томографии. На основе данных компьютерной томографии строится цифровая модель образца, после чего представительный объем этой модели подвергается ряду деформаций вдоль каждой из координатных осей. Расчет поля напряжений, возникающих при данных деформациях, дает возможность вычислить эффективные упругие свойства образца как на макроуровне, так и на микроуровне. При расчетах может учитываться преднагруженное состояние образца. Создаваемый программный продукт позволяет прогнозировать поведение породы во время разработки месторождения полезных ископаемых, механические свойства зубных протезов в стоматологии, изделий из метаматериалов и композитов, а также определить

остаточный ресурс изделий и элементов конструкций. Результаты проекта дадут возможность впервые в мире не только качественно, но и количественно оценивать динамику механических свойств образца в процессе эксплуатации. Потенциальными клиентами для подобного программного продукта являются компании нефтегазовой отрасли, горнодобывающие предприятия, предприятия машиностроения, а также клиники, занимающиеся протезированием. Потенциальный объем российского рынка для разрабатываемого продукта составляет около 265 млрд рублей. В более отдаленной перспективе продукт может применяться для определения механических свойств пород, составляющих планеты Солнечной системы. Заметим, что разрабатываемое программное обеспечение имеет высокий экспортный потенциал, поскольку такой сервис будет выведен на рынок впервые.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ФИДЕСИС»

№ 121120800236-0

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПРОБНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАСИЙСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА ТАМБЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАСИЙСКОГО ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА ТАМБЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ С УЧЕТОМ АНАЛИЗА ИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ и обобщение геолого-геофизической, лабораторной и промысловой информации для гидродинамического моделирования Тасийского ЛУ Тамбейского месторождения, в том числе анализ результатов интерпретации геофизических, гидродинамических и газоконденсатных исследований скважин и пластов; обоснование параметров для моделирования продуктивности проектных скважин; анализ результатов промысловых и лабораторных исследований пластовых флюидов; анализ результатов изучения керна; обоснование гравитационно-капиллярной модели и параметров многофазной фильтрации в виде функций, зависящих от насыщенности; обоснование параметров модели деформационных процессов; анализ результатов изучения гидрогеологической характеристики месторождения; обоснование параметров аквиферов в гидродинамической

модели; оценка запасов различными методами и анализ влияния геолого-физических неопределенностей на величину запасов. Результат работы – отчет о НИР «Обоснование геолого-физических параметров меловых отложений Тасийского лицензионного участка Тамбейского месторождения для проведения технологических расчетов с учетом анализа их неопределенности». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию обустройства Тамбейского месторождения, планированию объемов добычи углеводородного сырья и геолого-технических мероприятий по работе с фондом скважин, для оперативного контроля и управления разработкой.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121120600302-4

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА МАССИВА ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА И ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ

ПО позволит автоматизировать типовые процедуры обработки поточных данных лабораторных исследований свойств керна и пластовых флюидов, организовать структурированное хранение результатов исследований, обеспечить доступ к данным с возможностью формирования селективной формы выгрузки по запросу специализированных служб, а также снизить трудозатраты на обработку, анализ результатов и создание отчетной документации. Внутренний опыт применения. В ПАО «Татнефть» внедрено в опытную эксплуатацию ПО для комплексного анализа результатов лабораторных исследований геомеханических свойств горных пород, разработанное Университетом Иннополиса. Ценность проекта заключалась в получении собственного ПО позволяющего снизить трудозатраты на обработку данных лабораторных исследований, систематизированное хранение с организацией доступа, интеграция с разрабатываемым собственным ПО для геомеханического моделирования. Российский опыт применения. В связи с отсутствием на рынке готового решения, позволяющего автоматизировать все

бизнес – процессы лабораторных исследований и снизить долю рутинных операций, выполняемых при изучении керна и пластовых флюидов, некоторые российские нефтегазовые компании (например, ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром-нефть») разрабатывают собственные программные продукты. Зарубежный опыт применения. Ключевым поставщиком систем ЛИК на уровнях «Upstream/Midstream/Downstream» зарубежных компаний выступают крупные компании LabWare, STARLIMS, Thermo Scientific. После успешного развертывания решения LIMS появляется несколько преимуществ; например, повышенная производительность лаборатории, соответствие требованиям и целостность данных. Решения предлагаются по схемам PaaS и SaaS. Основа решений: управление лабораторией, управление данными (SDMS), электронный лабораторный блокнот (ELN) и возможности выполнения процессов / процедурных ELN (LES) в одном ПО (The Comprehensive Guide to Understanding LIMS. <https://www.labware.com/>).

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

№ 121041300110-6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИНДИКАТОРА В РЕАГИРУЮЩИЕ СКВАЖИНЫ ПРИ ТРАССИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИЗ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Цель проведения работ по теме – трассерные исследования нефтяных скважин. В ходе проведения работ по теме будет выполнено обобщение данных трассерных исследований для ряда месторождений Тимано-печорской провинции, проведен их статистический анализ. Выполняемые исследования направлены на установление общих закономерностей при движении индикаторных жидкостей

по высокопроницаемым каналам фильтрации для различных типов коллекторов. Планируемый практический результат анализа ретроспективных данных – выработка рекомендаций для проведения трассерных исследований. Также в ходе исследований планируется проведение лабораторных испытаний трассеров на предмет их нахождения в пробах продукции скважин.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121121400417-4

РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ХРОМАТО-ДЕСОРБЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА СКВАЖИН

Хромато-десорбционные системы на основе нанокompозитов применяются для получения постоянных концентраций аналитов (индикаторных соединений) в

газовых и жидких средах, включая эмульсии, которые можно применять в нефтедобывающей отрасли для выделения работающих интервалов, выделения интервалов прорыва

воды, замеров поинтервальных дебитов, определения состава притока на нефтяных скважинах. Принцип работы хромато-десорбционных систем основан на равновесном распределении соединений между жидкой и твердой фазами. Предлагаемые хромато-десорбционные системы на основе нанокмполитов включают уникальное сочетание пар нефте-и водорастворимых индикаторных соединений, которые при контакте с пластовым флюидом выделяются в поток флюида и поступают на устье скважины. Дальнейший отбор проб флюида и лабораторные исследования по определению индикаторных соединений позволяют провести

оценку эффективности работы нефтяной скважины. Хромато-десорбционные системы могут устанавливаться на любое оборудование заканчивания при строительстве скважин. Преимущества хромато-десорбционных систем - механическая прочность, термостабильность, гидролитическая стабильность, химическая инертность матрицы, возможность химического модифицирования поверхности. Использование хромато-десорбционных систем может заменить дорогие традиционные промыслово-геофизические исследования.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПЛАНИМА ТРАССЕРС»

№ 123011000026-4

РАЗРАБОТКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПРОТОТИПА ЛАБОРАТОРНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ PVT ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТИ НА МИКРОЧИПЕ

Целью проекта на текущем этапе является оценка применимости микрофлюидной технологии для анализа фазового поведения флюидов (PVT исследования). PVT-исследование - это исследование термодинамических свойств жидкостей (фазового поведения, плотности, вязкости) при изменяющихся условиях температуры, давления и объема, в том числе исследования минимального давления смешиваемости (minimum miscibility pressure), минимально смешиваемый состав (minimum miscibility enrichment) и коэффициента диффузии, температуры и давления насыщения, и температуры конденсации. Информация о свойствах пластовых флюидов - это обязательные данные, необходимые для эффективной разработки нефтегазовых месторождений. Традиционно PVT исследования выполняются на крупногабаритном и дорогом оборудовании, а для выполнения подобных тестов необходимо существенный объем (3+ литров) пластовых флюидов (нефти и газов). Предполагается,

что выполнение НИОКР позволит адаптировать уже имеющуюся аппаратную базу и другие наработки нашей компании, ООО «ЛАБАДВАНС», для выполнения PVT исследования на микрофлюидных чипах. В случае успешной реализации НИОКР разработанная технология позволит значительно удешевить и ускорить лабораторные PVT исследования для заказчиков из нефтяной индустрии. В мире на сегодняшний день не существует коммерчески доступного оборудования, которое позволяет использовать микрофлюидную технологию для PVT исследований. Наша компания, ООО «ЛАБАДВАНС», - единственная компания в России, которая разрабатывает микрофлюидную технологию для экспериментальных исследований в нефтегазовой отрасли, имеет доступ к собственному проприетарному оборудованию для микрофлюидных исследований и имеет опыт микрофлюидных исследований при больших давлениях и температурах.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЛАБАДВАНС»

2022

№ 122041500014-4

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ, СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ И ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ДЕТАЛИЗИРОВАННАЯ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В ТРАДИЦИОННЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ СКОПЛЕНИЯХ, КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Обобщить и систематизировать аккумулярованную ИНГГ СО РАН и доступную во внешних источниках геологическую, геофизическую, геохимическую, геотермическую, гидрогеологическую, литологическую и т.д. информацию о строении и ресурсной базе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (ЗСНГП). Выявить основные закономерности развития, этапы и факторы литогенеза в Западно-Сибирском осадочном бассейне, установить их связь с важнейшими геологическими событиями, изучить влияние седиментационных и постседиментационных процессов на распределение, структуру и качество резервуаров, генерацию, миграцию и аккумуляцию углеводородов. На основе полученных результатов усовершенствовать имеющиеся и выявить дополнительные литологические и литогеохимические критерии разномасштабной стратификации и корреляции осадочных комплексов, палеогеографических реконструкций, в том числе и для высокоуглеродистых формаций (баженовская свита), пространственного прогнозирования распределения

нефтематеринских толщ, коллекторов и флюидопоров разного качества. Сформировать цифровую модель осадочного чехла ЗСНГП, включающую структурный, литологический, гидро-геотермический, геохимический и ресурсный блоки. Выполнить систематический анализ закономерностей размещения скоплений УВ в осадочном чехле и фундаменте ЗСНГП. Выполнить, в виде цифровых моделей, реконструкцию истории формирования осадочного чехла ЗСНГП и процессов нефтидогенеза в нем. Уточнить и детализировать количественную вероятностную оценку перспективных и прогнозируемых ресурсов УВ, включая ресурсы в мелких и мельчайших скоплениях, скоплениях нетрадиционного типа и скоплениях с трудноизвлекаемыми запасами. Подготовить макет монографического описания строения и истории ЗСНГП, ресурсной базы УВ и перспектив развития нефтегазового комплекса. Создать единую согласованную цифровую модель современного строения и развития ЗСНГП и основных нефтегазовых систем в ее составе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122041800117-9

ЦИФРОВЫЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ЮЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Изучение гидрогеологических (геотермических, гидродинамических) и гидрогеохимических условий нефтегазоносных бассейнов с последующим созданием цифровых моделей отдельных нефтегазоносных территорий центральных и южных частей Западной Сибири и на этой основе: 1) выделение новых геохимических типов подземных вод; 2) расчет характера равновесий в системе вода-порода-газ-органическое вещество; 3) выявление новых стадий (этапов) в эволюции системы вода-порода; 4) изучение механизмов метаморфизации состава подземных вод, вмещающих горных пород и органического вещества в процессе седиментации, диагенеза и катагенеза. В результате выполнения работ будут 1) существенно пополнена существующая база данных по химическому, органическому, микрокомпонентному и изотопному составу подземных

вод; 2) определен элементный состав в растворенном органическом веществе, выделенном из подземных вод; 3) выделены геохимические типы подземных вод на исследованных территориях, оценена природа и степень метаморфизации их химического состава; 4) составлена схема смены во времени ведущих гидрогенно-минеральных комплексов, включая каждый геохимический тип воды; 5) выявлен характер равновесия подземных вод с большим количеством минералов вмещающих пород; 6) выявлены и охарактеризованы ведущие этапы эволюции системы вода-порода-газ-органическое вещество; 7) составлены цифровые гидрогеологические и гидрогеохимические модели отдельных нефтегазоносных территорий центральной и южной частей Западной Сибири.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122101300032-1

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВЫХ УЧАСТКОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ КИРИНСКОГО ГКМ С СОВМЕЩЕННЫМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: сбор фондовых материалов по природно-климатическим условиям акватории Охотского моря, включающего район исследований; анализ данных по штормовой активности в районе исследований по фондовым материалам и опубликованным источникам; идентификация гидрометеорологических факторов, влияющих на литодинамические процессы в зоне берегового примыкания трубопроводов Киринского ГКМ; расчеты детализированных полей гидрометеорологических и волновых характеристик для района исследований за период 2016–2020 гг.; идентификация экстремальных штормовых ситуаций (расчетных сценариев) по доступным данным реанализа за 30-летний период для акватории района исследований; определение наиболее волноопасных направлений по критерию интенсивности воздействия на береговой участок в районе исследований с оценкой максимальных скоростей течений и максимального приливного уровня; определение гранулометрического состава грунта в районе исследования по архивным данным; разработка номенклатуры исходных данных, включая граничные условия, необходимых для литодинамического моделирования; анализ проектной документации на сооружение, предназначенное для защиты линейных объектов Киринского ГКМ; обоснование площадных размеров и пространственного разрешения расчетной сетки для выполнения гидрометеорологического и литодинамического моделирования состояния берегового участка в зоне влияния защитного сооружения; осуществление для подготовки расчетов по совмещенному гидрометеорологическому и литодинамическому моделированию маршрутного

обследования берегового участка с идентификацией возможных качественных изменений в характере литодинамических процессов после возведения защитного сооружения; обоснование корректности предлагаемой методики совмещенного гидрометеорологического и литодинамического моделирования размыва и переноса взвешенных осадков в районе исследования; разработка цифровой модели рельефа берегового участка для двух вариантов расчетной сетки: вариант 1 – защитное сооружение отсутствует (применяется для верификации модели ДБУ по натурным данным, полученным в период отсутствия защитного сооружения); вариант 2 – защитное сооружение присутствует (применяется для расчета характеристик размыва и переноса взвешенных осадков после возведения защитного сооружения); верификация модели ДБУ на расчетной сетке по варианту 1 посредством сопоставления результатов моделирования в рамках выбранных расчетных сценариев и доступных натурных данных предшествующих наблюдений береговой линии в районе исследований. Результат работы – Модель динамики береговых участков в зоне влияния защитного сооружения прибрежной части линейных объектов Киринского ГКМ, реализующая совмещенное гидрометеорологическое и литодинамическое моделирование. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по обустройству и эксплуатации Киринского ГКМ и Южно-Киринского месторождения.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122120100052-2

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МИКРОФЛЮИДНЫХ ЯВЛЕНИЙ; ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ

В последние годы интерес к созданию новых функциональных материалов фотоники, оптики и электроники, а также развитию новейших методов тестирования и диагностики в биохимии, фармакологии и медицине, в основе которых лежат весьма сложные процессы самоорганизации ансамблей микро и наночастиц

в коллоидных растворах, ставит перед исследователями задачу поиска эффективных методов управления процессами самоорганизации частиц с целью формирования заданных распределений и структур. Развиваемые на сегодняшний день подходы к управлению процессами организации частиц в коллоидных растворах и формированию требуемой

морфологии ансамблей можно разделить на «пассивные» и «активные». Пассивные способы реализуются путем создания рельефа на поверхности подложки или первичного слоя частиц; использованием препятствий для испарения в виде маски для открытых систем (так называемая испарительная литография). Однако данные способы не позволяют управлять процессом организации в режиме реального времени, путем коррективы управляющих параметров. Активные методы управления основаны на использовании внешнего воздействия на систему, например, акустическими волнами, инерционным полем (так называемые spin-coating методы) ИК и рентгеновским излучением. Центрифугирование позволяет получать лишь одну конфигурацию – равномерное распределение частиц по поверхности. Применение ИК и рентгеновского излучения совместно с наложением маски позволяет не только создавать требуемые распределения интенсивностей испарения, но контролировать скорость испарения в процессе самоорганизации частиц. На сегодняшний день активно исследуются эффекты теплового и акустического воздействия на коллоидную систему для создания направленных потоков и манипуляции частицами. Звуковое воздействие позволяет создавать периодические поля давления (стоячие акустические волны), которые приводят к соответствующему перераспределению частиц. Меняя конфигурацию и мощность акустической волны можно оптимизировать режим воздействия. Тепловой механизм Марангони при локальном и минимальном (достаточен нагрев не более чем на 1K) воздействии на коллоидную систему миниатюрными нагревателями позволяет улавливать частицы, находящиеся на больших расстояниях до нескольких миллиметров от источника тепла. Наряду с классическим подходом исследований фильтрации нефти в образцах керна, в последние годы активно развивается новая парадигма с применением достижений микрофлюидики — исследование фильтрации нефти в небольших плоских моделях поровых структур с заданной геометрией, с возможностью непосредственного наблюдения за процессом вытеснения нефти, в том числе за поведением зажатой нефти в закрытых порах, движением интерфейсной границы нефть/вода и формированием контактных углов на породе. Развитие этой тематики связано с попытками увеличения нефтеотдачи при добыче трудноизвлекаемой нефти методами физхимии — применением различных комбинаций ПАВ, наночастиц, полимерных и минеральных добавок. Современные технологии позволяют создавать как идеализированные сетки микроканалов с четко заданными свойствами, так и послойные модели реальных образцов керна, основываясь

на исследованиях их внутренней структуры. Поскольку внутренняя структура керна крайне разнообразна, требуется разработка простого и экономичного подхода к изготовлению микрофлюидных чипов с заданной поровой структурой. Использование современных технологий аддитивной микрофабрикации позволяет решать эту задачу достаточно быстро, значительно сокращая время от построения модели поровой структуры микрофлюидного чипа до начала экспериментальных исследований с ним, по сравнению со ставшими классическими для микрофлюидики способами с привлечением фотолитографии на силиконовых пластинах и ПДМС, так как не требует изготовления фоторезистивных масок с использованием сложного промышленного оборудования. Поэтому приоритетным направлением работы над цифровым кернам стали: разработка методики быстрого изготовления и запуска в эксплуатацию микрофлюидных чипов с заданной структурой поровой породы, проведение экспериментальных и численных исследований двухфазного течения в процессе вытеснения нефти водой из микрофлюидного чипа. Цель работы: 1) Изучение процессов формирования диссипативных структур в каплях и тонких пленках коллоидных растворов, находящихся в потоке энергии, и разработка методов динамического управления процессами самоупорядочивания и самоорганизации микро- и нанообъектов в диссипативных жидкостных системах; 2) Разработка методики проведения исследований фильтрации нефти с использованием цифровых двойников керна; 3) Исследование процессов формирования диссипативных структур в каплях и тонких пленках коллоидных растворов, находящихся в потоке энергии, и разработка методов динамического управления процессами самоупорядочивания и самоорганизации микро- и нанообъектов в диссипативных жидкостных системах. 4) Разработка и применение цифровых двойников пластовых пород на основе цифровых моделей микрофлюидных явлений; 5) Применение цифровых двойников пластовых пород в исследованиях процессов химического заводнения нефтеносных пластов. Решаемая задачи: 1) Разработка методики изготовления физических моделей керна в виде микрофлюидных чипов, экспериментальное и численное исследование процессов фильтрации нефти в них; 2) Экспериментальное исследование микропотоков и процессов формирования упорядоченных структур и заданных паттернов частиц на твердых поверхностях с использованием теплового и вибрационного воздействия в тонких слоях и каплях коллоидных растворов при наличии ПАВ и минеральных добавок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122121200044-3

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДКИ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Проект направлен на оценку эффективности применения псевдослучайных последовательностей возбуждающих импульсов (псевдослучайные кодовые последовательности, ПСКП, также называемые шумоподобными сигналами, ШПС) в системах сейморазведки и сейсмoeлектроразведке - перспективном направлении, приобретающем в последние годы все большую популярность в среде разведочной геофизики с искусственным источником поля и разработку специализированных методов обработки/интерпретации данных, получаемых в рамках такого подхода. На основании полученных результатов в дальнейшем будут предложены и реализованы новые подходы в части проектирования и усовершенствования аппаратных решений с последующим внедрением технологии ШПС-зондирования в практику геофизических работ.

Актуальность задачи связана с необходимостью повышения

соотношения сигнал/шум ввиду особенностей возбуждения и приема сигнала в геофизических системах, применяемых для разведки месторождений полезных ископаемых в сложных геолого-геофизических условиях Восточной Сибири, включая Арктическую (в том числе шельфовую) зону территории Красноярского края. Использование ШПС дает возможность существенно расширить неискаженный шумами диапазон времен регистрации, а значит – увеличить глубину и детальность исследований. При оптимальном выборе параметров ШПС можно рассчитывать на создание геофизических систем с помехоустойчивостью, существенно превосходящей таковую для традиционных систем сейморазведки и сейсмoeлектроразведки с импульсным (или вибрационным) источником возбуждения.

В рамках проекта будут проанализированы возможности применения ШПС для возбуждения сейсмического

и вторичного электромагнитного полей в системах сейсморазведки, а также сейсмоэлектроразведки различной конфигурации, включая аспекты решения задач обработки и инверсии данных.

Новизна исследований будет состоять в применении принципов ШПС-зондирования в рамках систем вибрационной сейсморазведки и электроразведки методом переходных процессов (зондирования становлением поля) с учетом специфики применяемых в ней установок, характерных помех и типичных для Красноярского края геолого-геофизических моделей. Также впервые подход с применением

псевдослучайных последовательностей будет применен для реализации полуактивного сейсмоэлектрического метода (с применением внешнего сейсмостимулятора, но без источника искусственного ЭМ поля), научно-техническое обоснование которого было дано ранее участниками научного коллектива.

Результаты этапа теоретических исследований будут использоваться для уточнения плана натурных полевых наблюдений, а в дальнейшем для составления проекта технического задания на разработку геофизической системы и методики проведения полевых работ, реализующих принципы ШПС-зондирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122101300001-7

РАЗРАБОТКА РАМАНОВСКОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОИСКОВЫХ СТАНЦИЙ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

В рамках проекта проводится разработка портативного рамановского газоанализатора, способного определять абсолютные концентрации углеводородов C1-C6 на уровне 10 ppm в режиме реального времени. Основное применение прибора: компонентный анализ попутного газа при

проведении газового каротажа, также прибор может быть использован для систем взрывобезопасности и экологического мониторинга предприятий ТЭК. Газоанализатор обладает выносным оптоволоконным щупом длиной до 100 м для проведения анализа внутри буровых дегазаторов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СПЕКТР АНАЛИТИКА»

№ 122041900065-2

ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В ЗАДАЧАХ РАЗВЕДОЧНОЙ И ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ

Фундаментальная научная проблема связана с развитием электродинамики геологических сред для изучения связей геофизических полей со свойствами флюидосодержащих горных пород и создания новых каротажных технологий на основе современных методов моделирования и инверсии данных с обоснованием результатами лабораторных исследований ядра. Цель – создание новых электромагнитных методов разведочной и промысловой геофизики, разработка наукоемкого интерпретационного инструментария и развитие лабораторных методов исследования ядра и пластовых флюидов. Проектом предусматривается теоретическое обоснование импульсного электромагнитного сканирования геологических сред, создание эффективного программно-методического инструментария для обработки и переинтерпретации архивных данных геофизических исследований в скважинах (ГИС) и развитие лабораторных методов многочастотной диэлькометрии и ЯМР-релаксометрии. Теоретические исследования связаны с научным обоснованием импульсного электромагнитного сканирования геологических сред с заданными токовыми импульсами. Рассматривается численное решение трехмерной задачи электродинамики в полной математической постановке, учитывающее как диффузионный, так и волновой процессы. С использованием разработанных вычислительных схем и реализованных программ выполняется численное моделирование измеряемых сигналов, проектируются системы наблюдения

и обосновываются возможности нового метода импульсного электромагнитного сканирования применительно к решению широкого круга задач разведочной и промысловой геофизики. Для переинтерпретации архивных данных гальванического и индукционного каротажа предполагается разработка новой программно-методической базы, с выявлением по данным ГИС коллекторов, пропущенных из-за сложного строения или небольшой толщины, и оценкой их насыщения с применением как новых, так и модифицированных программных средств и методических подходов. Основные целевые объекты в Западной Сибири находятся в меловых, юрских и палеозойских отложениях. Предполагается создать программы расчета сигналов электрокаротажа в двумерных высокоомных моделях с интервалами трещиноватости в прискважинной области и в анизотропных моделях с наклонной скважиной, разработать нейросетевые аналоги решения прямых задач в двумерной модели со сложным радиальным распределением УЭС в проницаемых пластах, предложить методику интерпретации на основе анализа результатов моделирования и новых средств численной инверсии. В рамках проекта выполняются лабораторные исследования комплексной электрической проницаемости и ЯМР-спектроскопии пород-коллекторов нефти и газа при сложном (многокомпонентном) насыщении в широком диапазоне частот для повышения точности результатов петрофизической интерпретации методов ГИС.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022800272-4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭФФЕКТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Цель представляемого исследования состоит в создании новых и совершенствовании существующих научно-методических и технологических решений по экологически чистой разработке месторождений углеводородов со сложным геологическим строением коллекторов и фазовым состоянием флюидов. В рамках темы будут проводиться нетрадиционные лабораторные исследования в области фильтрации и повышения компонентоотдачи. Намечается разработка

новых методов математического моделирования фильтрации и фазового поведения углеводородных систем в пористых средах. Будет продолжено развитие специализированных методов комплексных промысловых исследований скважин и пластов с определением характеристик сложных многофазных течений углеводородов в природных пластах. Будут проводиться лабораторные, компьютерные и промысловые исследования по обоснованию методов воздействия на

залежи сложного геологического строения и со сложным фазовым состоянием углеводородов, включая залежи с карбонатными коллекторами, нефтегазоконденсатные и окологоризонтальные залежи, в том числе с низкопроницаемыми

и нетрадиционными коллекторами. А также промыслового и экологического мониторинга таких объектов в процессе разработки и после ликвидации скважин.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070500004-5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИНДИКАТОРА В РЕАГИРУЮЩИЕ СКВАЖИНЫ ПРИ ТРАССИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ИЗ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Цель проведения работ по теме - трассерные исследования нефтяных скважин. В ходе проведения работ по теме будет выполнено обобщение данных трассерных исследований для ряда месторождений Тимано-печорской провинции, их статистический анализ. Выполняемые исследования направлены на установление общих закономерностей при движении индикаторных жидкостей

по высокопроницаемым каналам фильтрации для различных типов коллекторов. Планируемый практический результат анализа ретроспективных данных - выработка рекомендаций для проведения трассерных исследований. Также в ходе исследований планируется проведение лабораторных испытаний трассеров на предмет их нахождения в пробах продукции скважин.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 1220905000069-2

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕРМОГАЗОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЛОЖНОПОСТРОЕННЫЕ НЕФТЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, УЧИТЫВАЮЩИХ ТРАНСФОРМАЦИЮ МАТРИЦЫ КОЛЛЕКТОРА И ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЛЮИДОВ, ДЛЯ АНАЛИЗА, КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ

Топливо-энергетический комплекс является важной частью современной экономики России. Но в последние 20 – 30 лет в России существенно ухудшилась структура запасов нефти. Это связано с высокой обводненностью традиционных коллекторов на большинстве разрабатываемых месторождений, введением в разработку трудноизвлекаемых запасов нефти. Сюда можно отнести в том числе низкопроницаемые пласты, высоковязкие нефти, тонкие нефтяные оторочки, нетрадиционные коллектора (баженновская и доманиковская свиты и др.). Остаточные запасы нефти на обводненных месторождениях многие исследователи также обоснованно относят к трудноизвлекаемым. Такое ухудшение структуры запасов нефти не удовлетворяет Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. № 2914-р (далее - Стратегия развития минерально-сырьевой базы). Возможность начала разработки новых залежей высоковязкой нефти из низкопроницаемых коллекторов сопряжена с необходимостью создания новых технологий, так как традиционные подходы далеко не всегда обеспечивают выход на рентабельные показатели эксплуатации. При этом для обеспечения рационального использования существующей минерально-сырьевой базы (согласно приоритетам Стратегии развития минерально-сырьевой базы) необходимо вовлечение в эксплуатацию трудноизвлекаемых запасов нефти, что требует перехода к новым технологическим решениям для их эффективной разработки. Сложившаяся ситуация требует принятия срочных мер по проведению научно-исследовательских работ в направлении поиска методов поддержания нефтедобычи на приемлемом уровне и достижения повышенных коэффициентов нефтеизвлечения с учетом минимального ущерба окружающей среде. В этом плане мировой подход к проблеме сокращения количества выбросов углекислого газа в атмосферу (декарбонизации) и позиция России [Стратегия социально-экономического развития до 2050 года с низким уровнем выбросов парниковых газов, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р] дают основание к созданию проектов, комплексно решающих проблему утилизации углекислого газа путем его использования для повышения нефтеизвлечения не только для месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, но и для вновь вводимых в

разработку трудноизвлекаемых и нетрадиционных запасов. Как правило, поиск новых технологических решений для разработки трудноизвлекаемых запасов базируется на основе применения тепловых, химических и газовых методов, комплексное сочетание которых может повысить подвижность пластовых флюидов, увеличить коэффициент охвата, стимулировать генерацию жидких и газообразных углеводородов и тем самым повысить степень их извлечения. Контроль, анализ, регулирование и прогнозирование разработки таких месторождений требует разработки специальных математических моделей, в которых должны быть учтены особенности многофазности и многокомпонентности процессов, физического и химического взаимодействия флюидов с пористой матрицей, фазовые переходы и критические явления, капиллярные силы и электроосмотические явления. Для контроля, анализа, регулирования и прогнозирования разработки нефтяных месторождений используется большое количество различных подходов - от простых аналитических (как правило, одномерных и одно- или двухфазных) моделей до сложных трехмерных многофазных моделей, требующих использования численных методов решения систем дифференциальных уравнений в частных производных. Во многих случаях использование трехмерных многофазных моделей является неприемлемым ввиду больших трудозатрат и отсутствия необходимой исходной информации. Для решения многих оперативных задач разработки нефтяных месторождений и управления выработкой запасов достаточно применения более простых моделей. Для контроля, анализа, регулирования и прогнозирования разработки нефтяных месторождений с помощью заводнения применяются в основном метод материального баланса, характеристики вытеснения и ячейки заводнения. Новым методом, применяемым для этих целей, является CRM-моделирование. Однако CRM-модели не учитывают главную особенность месторождений «очень сложного строения» - изменчивость фильтрационно-емкостных свойств. Актуальным является разработка CRM-моделей с учетом неоднородности пласта по фильтрационно-емкостным свойствам. Поэтому в данной работе большое внимание уделяется разработке CRM-моделей для пластов с двойной пористостью и двойной проницаемостью. Разработка месторождений в низкопроницаемых и сверхнизкопроницаемых коллекторах, а также разработка месторождений с аномально высоким пластовым давлением характеризуется сильным падением

пластового давления. Это приводит к проявлению так называемого режима доуплотнения пласта. Он сопровождается упругой (обратимой) деформацией твердого пористого тела (минерального скелета) пласта при падении пластового давления, что вызывает существенное сокращение пористости и сильное сокращение проницаемости породы, изменение других ее физических свойств. Такие процессы не учитываются при анализе ячеек заводнения. Актуальным является разработка моделей в рамках концепции ячеек заводнения с учетом падения пористости и проницаемости пласта при снижении пластового давления. Поэтому данная работа посвящена в том числе созданию в рамках концепции ячеек заводнения математических моделей разработки нефтяного месторождения при двухфазной фильтрации (нефть-вода и нефть-газ) с учетом снижения по произвольному закону пористости и проницаемости пласта. Еще одной важной и актуальной задачей, решаемой в рамках данной работы, является развитие гидродинамических исследований скважин. Такие исследования являются одним из важнейших источников информации о геологическом строении нефтяного месторождения и его фильтрационных свойствах, что очень важно для повышения эффективности математического моделирования и разработки месторождений. Известно, что наиболее информативные и достоверные результаты могут быть получены при проведении гидродинамических исследований на нестационарных режимах фильтрации методами восстановления давления и гидропрослушивания. Технологии исследований этими методами требуют достаточно длительных остановок скважин, что приводит к нежелательным потерям в добыче нефти. Поэтому в литературе все чаще появляются попытки найти альтернативные способы проведения гидродинамических исследований в условиях нестационарной фильтрации, при которых потери добычи нефти либо могут быть сокращены, либо ликвидированы полностью. Из подобных подходов, можно выделить: метод двух режимов (это скорее идеализированный случай, имеющий ряд серьезных

ограничений), метод односкважинной или мультискважинной деконволюции (тесно связаны с наличием коротких остановок скважин), а также анализ падения добычи (наиболее эффективен в случае относительно гладких длительных кривых изменения дебита и давления). При исследованиях скважин, работающих нестабильно с переменным дебитом, применение вышеперечисленных подходов и методик крайне затруднительно. Поэтому в настоящем проекте предлагается рассмотреть принципиально иной подход, предполагающий любое изменение дебита и давления. Для его реализации у коллектива есть большой задел. Появление новых технологических возможностей исследования пористой структуры реальных кернов с использованием возможностей спектроскопии и компьютерной томографии дает возможность на нано-уровне отслеживать развитие физико-химических взаимодействий флюидов и матрицы с регистрацией изменения структуры коллектора. Для описания этих процессов на микроуровне необходимо привлечение элементов перколяционного анализа, основанного на математическом вероятностном подходе к изменению фильтрационно-емкостных характеристик. В настоящей работе планируется разработать математические модели, позволяющие учитывать как особенности процесса на микроуровне, так и интерпретировать результаты испытания новых методов термогазохимического воздействия в макромасштабе для насыщенных полноразмерных образцов кернов реальных месторождений с учетом их структуры и состава пород, и затем проводить перенос результатов на масштабы дренирования реальных скважин и прогнозирования эффективности используемых методов в масштабе реального месторождения. Решение прямых и обратных задач математического моделирования для интерпретации гидродинамических исследований требует совершенствования программного обеспечения с учетом не только геометрии области фильтрации, но и с учетом проявления аномальных свойств флюидов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 123010900087-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИМУЛЯТОРА PVT-СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ФЛЮИДОВ И РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ СКВАЖИН

В настоящее время существует запрос от нефтегазовой отрасли России по замене импортного ПО для моделирования гидродинамических процессов, связанных с разработкой и эксплуатацией нефтегазовых месторождений. Истощение традиционных запасов нефти и газа требует развития комплексных методов моделирования, для оптимизации процессов добычи и дальнейшей транспортировки углеводородов. Точно такую же актуальность имеет решение интерпретационных задач для наблюдаемых кривых падения/восстановления забойного давления. Именно эта часть математического аппарата необходима для связывания уже имеющихся инструментов моделирования

нефтяного и газового резервуара, представленных в коммерциализированных продуктах и научных разработках, касающихся гидродинамики пласта и симуляторов трубопроводной гидравлики, без которой невозможно построить систему управления работой месторождения в реальном времени. Поэтому помимо задачи импортозамещения в данном случае стоит гораздо более широкая научная задача создания быстрого инструмента для применения в реальном времени на промысле. В настоящее время это стало возможным в случае привлечения современных методов машинного обучения и методов искусственного интеллекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123080400059-4

СОЗДАНИЕ КОРПОРАТИВНОГО ЦИФРОВОГО ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка иерархической структуры системы получения и учета данных лабораторных исследований керна и проб пластовых флюидов; разработка требований к форматам хранения данных лабораторных исследований керна и проб пластовых флюидов; разработка технического задания на разработку базы данных «Корпоративное цифровое хранилище данных лабораторных исследований пластовых

систем; разработка программы и методики приемо-сдаточных испытаний базы данных; приемо-сдаточные испытания разработанной базы данных. Результат работы – База данных «Корпоративное цифровое хранилище данных лабораторных исследований пластовых систем». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата,

нефти, при планировании и организации мероприятий в области геологоразведки и добычи углеводородного сырья.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123020700084-9

СОЗДАНИЕ МНОВОВАРИАНТНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТАС-ЮРЯХСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА И КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: характеристика географического и административного положения месторождения, климатических условий, гидрографии; обобщение геолого-промысловой информации, предоставление геолого-физической характеристики месторождения, в том числе тектонического строения, литолого-стратиграфического разреза, сведений о нефтегазоносности, состояния изученности геологического строения; анализ результатов интерпретации геофизических, гидродинамических и газоконденсатных исследований скважин и пластов; анализ результатов изучения керна; обоснование физико-литологической характеристики пород, оценка степени охарактеризованности месторождения керном; анализ результатов изучения гидрогеологической характеристики месторождения; характеристика фильтрационно-емкостных свойств и насыщенности коллекторов по результатам геофизических исследований скважин; представление сведений о выполненном подсчете запасов УВС; представление сведений о запасах УВС, в т.ч. нефти, растворенного газа, свободного газа, газа газовых шапок, конденсата, числящихся на государственном балансе полезных ископаемых на 01.01.2022; идентификация ключевых неопределенностей

подсчетных параметров, обоснование диапазона вариации параметров; обоснование принципов построения структурного каркаса геологической модели, литологической модели и модели насыщенности; разработка цифровой трехмерной многовариантной геологической модели Тас-Юряхского НГКМ; обоснование размерности геолого-фильтрационной модели, обеспечивающей сохранение литолого-фациальных особенностей строения пластов; разработка геолого-гидродинамической модели; оценка запасов углеводородов с использованием многовариантных геологических моделей, анализ влияния ключевых неопределенностей на величину запасов; оценка величины запасов в реализациях P10, P50, P90; картирование реализации P10, P50, P90. Результат работы – Цифровая многовариантная геологическая модель Тас-Юряхского нефтегазоконденсатного месторождения. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки Ковыктинского месторождения углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123101900059-1

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ И ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТОВОГО ФЛЮИДА В ВОДОНАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ И В ОБЪЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО АДИАБАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ УСЛОВИИ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СЕНОНСКИМ ОТЛОЖЕНИЯМ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДВЕЖЬЕ)

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ состояния изученности процессов образования и разложения гидратов в продуктивном коллекторе и в свободном объеме на примере сенонских отложений; изучение фазового поведения и фазового состояния пластового флюида в водонасыщенной пористой среде с использованием прецизионного адиабатического комплекса при условии гидратообразования применительно к сенонским отложениям; изучение фазового поведения и фазового состояния пластового флюида в свободном объеме с использованием прецизионного адиабатического комплекса с целью оценки рисков гидратообразования в стволе скважины; изучение влияния термобарических условий, состава и свойств углеводородной составляющей флюидальной компоненты пластовой фильтрационной системы на устойчивость метастабильной фазы «вода – углеводороды» с использованием прецизионного адиабатического комплекса при условиях существования

газовых гидратов применительно к сенонским отложениям; выявление и экспериментальное исследование основных факторов, предопределяющих существование метастабильного состояния системы «вода – углеводороды» (термобарические условия, состав пластового флюида, термическая предыстория системы «углеводородный флюид – вода – коллектор»). Результат работы - отчет о НИР «Метод исследования фазового поведения и фазового состояния пластового флюида в водонасыщенной пористой среде и в объеме с использованием прецизионного адиабатического комплекса при условии гидратообразования применительно к сенонским отложениям (на примере месторождения Медвежье)». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий в области геологоразведки и добычи углеводородного сырья.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

2023

№ 123111400019-9

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАБОТ С КЕРНОВЫМ МАТЕРИАЛОМ И ПЛАСТОВЫМИ ФЛЮИДАМИ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ реализации мероприятий Комплексной программы развития Корпоративной системы работ с кернами

материалом и пластовыми флюидами, утвержденной Членом Правления ПАО «Газпром», начальником Департамента В.В. Черепановым 18.09.2017, в 2017-2022 гг., а именно:

анализ организационных изменений Корпоративной системы; анализ выполнения программы отбора и исследований керн и флюидов Корпоративной системой, создания эталонных и представительных коллекций; анализ динамики объемов хранения, движения керн и проб флюидов из скважин, пробуренных на лицензионных участках ПАО «Газпром» и дочерних обществ, соблюдения требований к хранению носителей первичной геологической информации в кернохранилищах и флюидохранилищах ПАО «Газпром»; анализ текущего состояния и развития за 2017-2022 гг. нормативно-методической базы в области исследований нефтегазовых пластовых систем; анализ выполненных (выполняемых) Корпоративной системой научно-исследовательских, опытно-конструкторских, научно-методических работ в области исследований пластовых систем; анализ создания единого информационного ресурса по результатам исследований пластовых систем; анализ текущего состояния ресурсного потенциала Корпоративной системы, в том числе кадровых ресурсов, информационного обеспечения, оснащенности, технического состояния и загруженности лабораторно-экспериментальной базы, вместимости кернохранилищ и флюидохранилищ,

обоснование потребностей в дооснащении и расширении лабораторно-экспериментальной базы, кернохранилищ и флюидохранилищ; анализ применения расценок на все виды работ с керном и флюидами, утвержденных в 2017 г. в рамках Комплексной программы, обоснование корректировки действующих прейскурантов на исследования керна и проб флюидов, формирование и хранение эталонных и представительных коллекций керна, коллекций представительных проб пластовых флюидов, а также нормирования работ по созданию информационного ресурса; оценка достижения основных целевых показателей развития Корпоративной системы на I этапе. Результат работы - отчет о НИР «Реализация I этапа Комплексной программы развития Корпоративной системы работ с кернами и пластовыми флюидами». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий в области геологоразведки и добычи углеводородного сырья.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123113000012-8

Создание физических основ технологии рациональной разработки месторождений многокомпонентных углеводородов в неоднородных многослойных коллекторах на основе термометрических исследований

Термодинамические исследования добывающих нефтяных скважин имеют широкое распространение в нефтегазодобывающей отрасли благодаря высокой технологичности и невысокой стоимости. На их основе оценивают интервалы притока пластового флюида, профиль притока в добывающей и приемистости в нагнетательной скважине, продуктивность нефтяных и газовых пластов, оценивают техническое состояние эксплуатационных колонн, наличие заколонных перетоков и др. Однако обработка и интерпретация результатов скважинной термометрии сопряжена со значительными методическими проблемами, обусловленными наложением на итоговую термограмму, зарегистрированную по стволу скважины, одновременно совокупности термодинамических эффектов, выделить каждый из которых по отдельности невозможно. Кроме того, вид термограммы определяет теплофизические свойства продуктивных пород-коллекторов, выше и ниже лежащих пород, а также насыщающих их флюидов - газа, конденсата, нефти и воды. Задачи термодинамики решаются путем моделирования термограмм в скважине с учетом совокупности отдельных эффектов и сопоставлением их с инструментально зарегистрированной термограммой в скважине. Решение задач термодинамики для многослойных нефтяных залежей кратно усложняется. Одной из таких задач является оценка профиля и состава притока в скважине, эксплуатирующей многослойную залежь, по данным термометрических исследований. Неоднородность (по проницаемости) пород-коллекторов, различие теплофизических и реологических свойств фильтрующихся флюидов оказывает значительное влияние на формирование теплового поля в скважине. На сегодняшний день слабоизученными остаются вопросы качественной и количественной интерпретации термодинамических исследований в скважине с неоднородной многослойной залежью при многокомпонентных многофазных потоках

на неуставившихся режимах. Поэтому исследование и моделирование нестационарных тепловых полей в скважине при эксплуатации многослойной неоднородной (по проницаемости) залежи имеет высокую степень актуальности. В рамках проекта планируется проведение детального обзора научных исследований, направленных на теоретическое и экспериментальное изучение термогидродинамических процессов в неоднородных пористых средах при фильтрации многокомпонентных многофазных флюидов. С применением экспериментальных методов будут изучены физические процессы, протекающие при фильтрации многофазных флюидов в пористых средах, а также на модели скважины будут изучено формирование температурного поля при различных режимах многофазного потока (жидкость-газ) при разных объемных соотношениях в наклонном и горизонтальном потоке. Целью настоящего проекта является исследование термогидродинамических процессов в многослойном неоднородном пласте на основе численного решения уравнений нестационарной неизоэнтальпической многофазной фильтрации, оценка возможности определения параметров пласта по переходным полям давления и температуры притекающего в скважину флюида. Новизна научного исследования заключается в получении по результатам исследования качественных и количественных закономерностей формирования нестационарного температурного поля в стволе добывающей скважины, эксплуатирующей многослойную неоднородную (по проницаемости) залежь в условиях многофазного потока, т.е. с учетом разгазирования флюида в пласте и скважине, обводненности продукции, при произвольной траектории скважины (в наклонной и горизонтальной скважине). Ожидается, что результаты исследований, полученные в ходе выполнения проекта, будут в дальнейшем использованы для создания эффективной высокотехнологичной диагностики состояния скважин и пластов на основе теплового поля.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123120500063-3

ГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ЕВРАЗИИ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА

В настоящее время проведение газогеохимических исследований донных осадков в различных субаквальных осадочных бассейнах мира характеризуется неоднородным распределением. Актуальность метода обусловлена доступностью и эффективностью. Целью проекта является определение пространственных и геолого-структурных закономерностей распределения газонасыщенности природных газов в донных осадках как индикаторов оценки наличия газоматеринских источников и перспектив нефтегазонасыщенности акваторий окраинных морей Евразии. Работа направлена на решение нескольких задач: 1. Анализ и обработка накопленного массива информации по содержанию природных газов в донных отложениях исследуемых регионов. 2. Оценка степени влияния основных геолого-геофизических, литогеохимических и геомикробиологических факторов на распределение в донных осадках метана, углеводородных газов, углекислого газа, окиси углерода, гелия, водорода. 3. Совершенствование газогеохимического метода исследований, проведение оценки корреляционных связей и статистической обработки, использование газогенетических

показателей в качестве региональных индикаторов поиска и разведки нефтегазовых скоплений, оценки фонового состояния и сейсмотектонической активности морских акваторий. 4. Построение новых и детализация существующих карт распределения природных газов в донных осадках исследуемых акваторий. В работе будут обобщены и детализированы все доступные экспедиционные данные, полученные авторами в период с 2006 по 2022 год. В целом, проект призван вывести на высокий научный уровень знание о газонасыщенности донных осадков окраинных морей Евразии (Южно-Китайское море, Японское море, Охотское море, Чукотское море, Восточно-Сибирское море, море Лаптевых). Выполнение проекта позволит закрепить ведущую роль российских исследователей в вопросах изучения Дальневосточных и Восточно-Арктических морей и напрямую связано с политикой топливно-энергетической безопасности России на её северо-восточных границах, основные положения которой изложены в Государственных программах социально-экономического развития Восточной Арктики и Дальнего Востока.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ТИХООКЕАНСКИЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.И. ИЛЬЧЕВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

1.10 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ И ГУДРОНОВ С ПРОИЗВОДСТВОМ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ДРУГИХ ПРОДУКТОВ

2021

№ АААА-А21-121011890074-4

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КАУСТОБИОЛИТОВ В КОМПОНЕНТЫ ТОПЛИВ И ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

Основная цель настоящего научного проекта состоит в разработке системного подхода к конструированию каталитических систем для перспективных процессов производства моторных топлив и сырья для нефтехимии на основе новых научных знаний о составе и строении активных центров, оптимальных условиях модифицирования

компонентов катализаторов гидроочистки, гидрокрекинга, каталитического крекинга, селективного риформинга, скелетной изомеризации, гидроизомеризации, дегидрирования n-парафинов, а также процесса прямого превращения этилена в пропилен.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121031200185-6

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О СОСТАВЕ, СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ, СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЕГО КОМПОНЕНТОВ

Цель исследования. Разработка физико-химических методов управления направленностью превращений основных компонентов тяжелого углеводородного сырья (углеводородов, гетероатомных соединений, смол, асфальтенов) в термических процессах для получения продуктов заданного химического состава. Предполагаемые результаты и их возможная практическая значимость. Решение поставленных в проекте задач позволит получить следующие научные результаты: 2021 г. 1. Новые данные о влиянии природы добавки на превращения смолисто-асфальтеновых компонентов нефтей и нефтепродуктов. 2. Снижение выхода смолисто-асфальтеновых компонентов и изменение состава топливных фракций в процессе совместного крекинга нефтяных остатков и растительного масла. 3. Установлен состав серосодержащих соединений и углеводородов высокосернистого вакуумного газойля и гудронов, продуктов их крекинга в различных условиях. 4. Информация о термической стабильности насыщенных, ароматических и полярных фракций (смолы + асфальтены) для выбора условий крекинга тяжелых нефтей, нефтяных фракций. 5. Данные о параметрах макроструктуры и структурных фрагментах асфальтенов углеводородного сырья (асфальтит,

мазут, тяжелая нефть, горючие сланцы) и продуктов его био-, термической и термокаталитической деструкции и конверсии в сверхкритическом гексане. 2022 г. 1. Закономерности термических превращения компонентов тяжелых нефтей от природы дисперсной добавки. 2. Влияние добавок растительного масла и добавок на основе оксидов металлов на выход и качество продуктов термолитиза нефтяных остатков. 3. Получены новые данные о термической стабильности различных типов сернистых соединений, выявлено взаимное влияние в процессе крекинга серосодержащих соединений и ароматических углеводородов. 4. Новые данные о влиянии продолжительности и температуры процесса, химического типа сырья на процесс коксообразования при крекинге нефтяных компонентов. 5. Данные о молекулярном составе масляных фракций и расчет структурно-групповых характеристик асфальтенов и смол нефтей различного химического и генетического типов. 2023 г. 1. Роль среды в процессе каталитического облагораживания тяжелых нефтей. 2. Кинетические и термодинамические параметры термических превращений смолисто-асфальтеновых компонентов в присутствии растительных масел и добавок на основе оксидов металлов переменной

валентности. 3. Получены новые данные о влиянии методов предварительной модификации серосодержащих соединений тяжелого углеводородного сырья на изменение их термической стабильности и возможности управления реакциями крекинга отдельных компонентов газойлей и гудронов. 4. Получение новых данных о реакционной способности УВ и высокомолекулярных соединений тяжелого углеводородного сырья в процессе коксообразования при термическом воздействии. 5. Данные о структуре асфальтенов углеводородного сырья, полученные с использованием методов химической деструкции (десульфуризации с боридом никеля; деалкилирования с трибромидом бора; окисления, катализируемого ионом рутения). Состав азотистых оснований продуктов термической деструкции. 2024 г. 1. Установление основных и побочных реакций процесса переработки тяжелого сырья и поиск способов их управления на основании кинетических расчетов. 2. Количественные и качественные данные, характеризующие степень участия молекул воды и спирта в сверхкритическом состоянии в химических превращениях смолисто-асфальтеновых компонентов нефтяных остатков. 3. Предложены экспериментально подтвержденные схемы крекинга серосодержащих соединений, установлены закономерности превращения различных компонентов высокосернистых вакуумных дистиллятов и остатков в термических процессах. 4. Установление зависимости коксообразования от химической структуры нефтяных компонентов и условий процесса. 5. Состав и структура C-S-, C-O- и C-C-связанных фрагментов в смолах и маслах и азотсодержащих соединений

смола. 2025 г. 1. Новые подходы для увеличения глубины деструкции и управления реакциями крекинга компонентов ТУС с целью получения СН с высоким содержанием светлых фракций и низким содержанием гетероатомных соединений, смол, асфальтенов. 2. Установлена роль воды и спиртов в превращении смолисто-асфальтеновых компонентов нефтяного остатка в присутствии каталитических добавок в сверхкритических условиях. 3. Разработан способ повышения селективности реакций безводородного крекинга сернистых соединений вакуумных газойлей и гудронов. 4. Влияние химической структуры компонентов ТУС на механизм образования кокса при термическом воздействии. 5. Установлены особенности состава и строения компонентов нефтей различных химического и генетического типов, определяющих их поведение в термических процессах. Результаты исследований могут быть использованы в нефтяной и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности: – Фундаментальная база для разработки научных основ современных энерго- и ресурсоэффективных процессов глубокой переработки тяжелого углеводородного сырья; – Новые термические и каталитические способы переработки и облагораживания тяжелого высокосернистого нефтяного сырья для улучшения качества товарных продуктов; – Решение проблемы транспорта высоковязких нефтей и природных битумов за счет снижения вязкости «синтетической нефти» до допустимых значений; – Расширение сырьевой базы, увеличение глубины переработки углеводородсодержащего сырья и повышение качества товарных продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ НЕФТИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122031700087-7

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОБРАТНЫХ «БИНЕФТЯНЫХ» ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНВЕРТНО-ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ СВЕРХВЯЗКИХ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ЛЕГКИХ НОСИТЕЛЯХ

В результате исследования планируется получить фундаментальные научные значения о физико-химических, реологических и эксплуатационных свойствах обратных бинефтяных эмульсий, включая методы их создания,

поддержания стабильности и разделения при комплексном сочетании физико-химических методов воздействия – применения эмульгаторов, термической, магнитной и ультразвуковой обработки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122072800056-5

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА

В данном проекте будут изучены фундаментальные физико-химические основы процесса гидрокрекинга нефтяного сырья, а именно: термодинамика, кинетика, механизмы протекающих химических реакций, массо- и теплообменные процессы, протекающие в реакторе, закономерности тепло- и массопереноса в зерне катализатора, механизмы дезактивации катализаторов. Актуальность проекта заключается в необходимости повышения ресурсо- и энергоэффективности, а также увеличении глубины переработки нефти в процессе гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья. Научная новизна проекта состоит в установлении физико-химических закономерностей процесса гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья, закономерностей тепло- и массопереноса в зерне катализатора, закономерностей дезактивации катализатора, а также выявлении способов повышения эффективности процесса и способов продления срока службы катализатора. Установленные физико-химические закономерности

и закономерности дезактивации катализатора будут использованы для разработки математической модели процесса гидрокрекинга с целью использования ее в качестве инструмента (цифрового двойника) на промышленных установках для оптимизации процесса, прогнозирования выхода и качества получаемых продуктов, динамики дезактивации катализаторов, продления срока службы катализатора. Таким образом, повышение ресурсо- и энергоэффективности достигается за счет проведения процесса гидрокрекинга с учетом изменяющегося углеводородного состава сырья при таких технологических условиях (оптимальных условиях), которые обеспечивают получение максимального количества целевого продукта с требуемыми свойствами при минимизации эксплуатационных затрат и сохранении ресурса дорогостоящего катализатора, который неизбежно подвергается дезактивации, а также за счет применения подходов к продлению срока службы катализатора.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122090800007-1

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В условиях новой стратегии экономического развития все большее внимание уделяется проблемам рационального использования природных ресурсов и в частности нефтяных. Данная проблема является также актуальной в сегодняшней мировой повестке по созданию «зеленой энергетики будущего» и «чистой» планеты, которая предполагает переход к неуглеводородным источникам топлива и снижению углеродного следа при производстве товаров. Однако, вместе с тем, в структуре добычи сегодня растет доля тяжелых высоковязких нефтей при переработке которых актуальной становится проблема утилизации нефтяных остатков с высокой долей смолисто-асфальтеновых компонентов (САВ). Это особенно важно в России, поскольку глубина переработки нефти составляет в среднем около 75 %, и соответственно на долю нефтяных остатков приходится около 25 % перерабатываемого сырья. Традиционно их используют в качестве горюче-смазочных материалов (ГСМ), в производстве дорожного битума, кокса, что с одной стороны не отражает весь потенциал их возможностей, а с другой – негативно влияет на окружающую среду, увеличивая содержание углерода в атмосфере. Все это делает особенно актуальным сегодня поиск новых альтернативных способов использования тяжелых нефтяных остатков. Для ХМАО данная повестка является особенно актуальной ввиду специфики региона связанной с добычей природных ресурсов на основе углеводородов и необходимостью их рационального использования. В стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа - Югры до 2030 года обозначено направление развития несырьевых видов деятельности, основанных на переработке сырья (нефтегазоперерабатывающий кластер). Для вовлечения региона в общемировую повестку по созданию новых «зеленых технологий» необходимо развитие новых научных направлений, связанных с альтернативным взглядом на использование углеводородных ресурсов – постепенный переход к использованию их в качестве ценного сырья для получения новых материалов для различных отраслей

промышленности. Строение САВ (поликонденсированные нафтенароматические системы с включением гетероатомов) позволяет рассмотреть их как перспективный материал для синтеза новых полимерных и композитных материалов, которые могут иметь в перспективе широкое применение в технике и промышленности. Например, для получения полимерных матриц, в том числе и графена – современного сырья для микроэлектроники, а также компонентов для деэмульгации нефти, полимерных покрытий, сорбентов, носителей для катализаторов и т.д. Целью данного проекта является решение научной проблемы рационального использования САВ в качестве сырья для производства углеродных материалов. Основной акцент исследования будет сделан на изучении химического состава и физико-химических свойств САВ, который позволит выявить влияние их природы на свойства получаемых материалов. На данном этапе развития исследований в этой области такие работы фактически отсутствуют. Научная новизна проекта заключается в новых физико-химических закономерностях зависимости свойств получаемых материалов от состава исходного сырья САВ, что позволит разработать технологию получения новых композитов с улучшенными свойствами. Понимание состава, строения и свойств САВ, которые до сих пор остаются неизученными, позволит предлагать рациональные пути их использования. Что в свою очередь откроет новые горизонты как в развитии наук о высокомолекулярных соединениях, наук о новых материалах, термических и термокаталитических процессов их переработки что расширит возможности их рационального использования. Научная новизна исследований заключается также в разработке способов получения углеродных материалов на основе САВ с использованием высокоэнергетического воздействия (плазменных методов) на основе авторского оригинального безвакуумного электродугового метода с использованием в качестве исходного сырья тяжелых нефтяных остатков(отходов).

Исполнитель: БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ХАНТЫ-МАНСЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080800028-7

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ СБОРКИ АЗОТИСТЫХ АСФАЛЬТЕНОПОДОБНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРАХ И РЕАЛЬНЫХ НЕФТЯНЫХ СИСТЕМАХ

Проект направлен на установление ключевых азотсодержащих фрагментов асфальтеновых молекул, определяющих их склонность к самоассоциации, а также выявление роли азотсодержащих функциональных групп различной химической природы на механизмы образования надмолекулярных структур. В данном проекте предлагается оригинальный подход к решению поставленной задачи, заключающийся в создании синтетических асфальтеноподобных веществ на основе деасфальтизированной нефти с добавлением индивидуальных азотсодержащих гетероциклических соединений различной природы, присутствующих в виде фрагментов молекулярной структуры нативных асфальтенов. Посредством набора химических реакций между компонентами реакционной

смеси под действием температуры по радикально-цепному механизму будет получен ряд синтетических асфальтеноподобных веществ с различным содержанием в их структуре азотсодержащих функциональных групп и углеводородных фрагментов. Изучение склонности полученных синтезированных веществ к образованию надмолекулярных структур в растворах и реальных нефтяных системах позволит установить качественную и количественную взаимосвязь между молекулярным фрагментом асфальтенов и его ролью при формировании ассоциатов. Результаты проекта позволят разработать селективные ингибиторы ассоциации асфальтеновых молекул для повышения эффективности добычи и переработки тяжелых нефтей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122110900056-3

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ НА СТАДИИ ДОБЫЧИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ И КОНСЕРВАЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И РАДИОНУКЛИДОВ В ПЛАСТОВОЙ СИСТЕМЕ

Проект направлен на изучение закономерностей перераспределения тяжелых металлов и радионуклидов в пластовой системе в процессах освоения месторождений высоковязких нефтей при использовании закачиваемых в пласт соединений переходных металлов в каталитических концентрациях. Важной задачей является установление возможности их контролируемой адсорбции на минеральной поверхности породы-коллектора. Это позволит снизить объемы и токсичность нефтешламов и уменьшить масштабы контаминации окружающей среды. Техногенное воздействие на пласт в комплексе мероприятий по нефтеизвлечению вызывает в некоторой степени преобразование органического вещества. Часть асфальтенов повышает свою конденсированность, преобразуясь в карбены и карбоиды,

по химической природе приближающиеся к коксообразным веществам. Перспективы развития тепловых технологий добычи высоковязких нефтей связано с использованием внедряемых в пласт соединений различных металлов переходных групп, которые обеспечивают интенсификацию различных реакций облагораживания состава – снижение содержания смол и асфальтенов, определяющих фильтрационные затруднения в процессе нефтеизвлечения и высокую вязкость добытой на поверхность нефти. В проекте будет исследовано влияние металлов переходных групп на интенсивность деструктивного гидрирования высокомолекулярных компонентов тяжелых нефтей и состав образующихся коксообразных веществ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081900071-9

РАЗРАБОТКА ТЕРМОАДСОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ВАНАДИЯ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ В ПРОМЫСЛОВЫХ УСЛОВИЯХ

В данной работе планируется разработать технологию извлечения органических соединений ванадия из высоковязких и сверхвязких нефтей. Технология основана на селективной адсорбции компонентов нефти на сорбентах. В качестве сорбентов будут испытаны торф, уголь и др.

Адсорбированные целевые компоненты нефти, содержащие ванадий, будут десорбироваться. Далее полученный концентрат будет очищаться от нецелевых компонентов и доводиться до товарной формы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123012700063-9

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА «ОТРАБОТАННОЙ ДОБАВКИ» НА ПРЕДМЕТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

В рамках выполнения научно-исследовательской работы проводятся исследования и определение металлургических характеристик и свойств техногенного материала (отработанной углеродсодержащей добавки) которая получается в ходе процесса глубокого гидрокрекинга гудрона по технологии VCC (предоставленной АО «ТАИФ»). Цель исследования- определение возможности экономически

эффективной и квалифицированной переработки отработанной добавки. В результате лабораторных исследований по определению металлургических свойств «отработанной добавки» осуществляется подбор варианта переработки отработанной добавки, в том числе для целей цветной и черной металлургии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

2023

№ 123122900049-7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КИСЛОГО ГУДРОНА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ИЗ НЕГО ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЦЕЛЯХ ЗАМЕНЫ ДОРОГОСТОЯЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПО ЛИКВИДАЦИИ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА НА ОБЪЕКТЕ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ «КИСЛО-ГУДРОННЫЙ ПРУД № 1, 2 СО СКЛОНАМИ И ТЕРРИТОРИЕЙ, НАРУШЕННОЙ СООРУЖЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ПРУДА»

Одной из приоритетных задач прикладных исследований в настоящее время является переход к безотходным технологиям производства и ликвидация накопленного экологического ущерба. Добыча, транспортировка и переработка нефтяного сырья неизбежно сопряжены с проблемой образования нефтяных отходов различного типа и ведет к существенному загрязнению окружающей среды тяжелыми отходами, такими как нефтешламы, гудроны, тяжелые остаточные фракции, кубовые остатки, остатки в резервуарах для хранения нефти. Образование таких отходов происходит в рамках различных производственных процессов, начиная от добычи нефти до очистки вод после производства. Значительное их количество образуется при захоронении нефти в резервуарах и при авариях на нефтепроводах. Количество отходов превышает 60 млн т. в год во всем мире

(около 1т на 500 т добытой нефти). По имеющимся в литературе данным в Российской Федерации ежегодно образуется более 3 млн т. нефтешламов и 220-250 тыс. т. кислых гудронов. Из них: - нефтедобыча – более 1 млн т.; нефтепереработка – 0.7 млн т.; нефтяные терминалы – 0.3 млн т.; другие источники (транспорт, аэропорты, морские порты и т.д. – 0.5 млн т.) По оценкам экспертов на предприятиях ОАО «Газпромнефти» объем образующихся нефтешламов и кислых гудронов только предприятий этой компании ежегодно составляет не менее 170 тыс. т. Основная проблема при утилизации отходов с получением полезных химических продуктов, и прежде всего топливных фракций, связана с тем, что такие отходы являются одними из наиболее сложных по составу типов нефтяных остатков. Их углеродсодержащая часть (10-56 % по массе) представляет собой тяжелые нефтепродукты или

фракции нефти, присутствует значительное количество воды и твердых примесей. Существенно, что количество серы в таких отходах может достигать 10%, а нефтяная часть состоит преимущественно из полиароматических соединений, смол, асфальтенов. Также проблемой является переменный состав отходов и образование в них значительного количества кислородсодержащих соединений во время хранения, присутствие тяжелых металлов. Большое число регионов России страдает от некачественной питьевой воды, в том числе и Ярославская область, над которой висит реальная угроза экологического бедствия в виде прудов с кислыми гудронами – последствиями очистки масел на Ярославском опытно-промышленном нефтемаслозаводе им. Д.И. Менделеева, находящемся в непосредственной близости от берега Волги. Принимавшиеся до настоящего времени меры по нейтрализации кислых вод не решают кардинально проблемы опасности загрязнения верховьев Волги вредными

веществами. В рамках проекта предлагается принципиально новый подход переработки кислых гудронов с использованием инновационной технологии магнитноимпульсной активации сырья, что позволит в перспективе постепенно ликвидировать пруды с кислыми гудронами и одновременно получать сырье для производства маржинальной продукции (главным образом, тяжёлый газойль, пригодный для использования в качестве компонента судового топлива). Снижение экологической опасности для природы и населения позволит получить более комфортные условия существования и снизит заболеваемость, увеличит продолжительность жизни, даст импульс к развитию экологичного сельского хозяйства и туризма. Цель работы – разработка технологии утилизации кислых гудронов, сочетающей снижение опасности отходов, получение полупродуктов топливного назначения и предотвращение экологического ущерба водным ресурсам.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

1.11 ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

2021

№ 121060200076-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА НА ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ ДИСПЕРГИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

В настоящее время актуальной задачей является термическая утилизация накопленных на промышленных предприятиях огромных количеств жидких углеводородных и твердых отходов: отработанные моторные и трансмиссионные масла, смазочные жидкости, нефтяные шламы, отходы нефтедобычи и нефтепереработки, отходы угледобычи. Технологии утилизации этих дешевых энергоносителей должны обеспечивать экологическую безопасность, в первую очередь – низкий уровень выбросов NOx и CO. Такие топлива плохо воспламеняются, выделяют значительное количество сажи, требуют больших затрат энергии для воспламенения. Создание новых технологий и оборудования для реализации экологически чистых технологий их сжигания основывается на глубоком научном понимании закономерностей физико-химических процессов, определяющих теплофизические характеристики сжигания отходов в зависимости от их состава, динамических и тепловых условий, реализуемых в конкретных условиях и устройствах. Вода и пар используются во множестве практических приложений на протяжении

многих лет: при сжигании водо-топливных эмульсий, в дизельных двигателях, в газотурбинных установках, при газификации твердого топлива и биотоплива. Эти процессы являются предметом современных исследований, посвященных разработке научных основ и созданию методов интенсификации процессов тепло- и массообмена в многофазных реагирующих системах. Одними из перспективных направлений является применение метода принудительного впрыска пара при сжигании низкокачественных видов горючих отходов и использование водоугольных суспензий в качестве заменителя мазута на угольных ТЭС. Энергосберегающая ионизационная технология воспламенения диспергированных топлив является принципиально новым решением, физические особенности которого плохо изучены недостаточно. Экспериментальное и теоретическое исследования влияние паров воды на процесс горения частиц диспергированного жидкого и твердого топлив в условиях ионизированного потока воздуха является предметом настоящей работы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121120200136-9

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ 3-5 КЛАССОВ ОПАСНОСТИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ

а) Защита воздуха от вредных и токсичных веществ является важной проблемой современной науки и техники. Отходящие газы содержат, как правило, от 0,05 до 0,4 об. % токсичных соединений, которые по санитарным нормам без дополнительной очистки запрещается выбрасывать в атмосферу.

Во многих отраслях химической, металлургической, электронной, топливной и других отраслей промышленности и энергетики, прежде всего связанных с высокими температурами протекания процессов, из реакторов выходят смеси газов, содержащих оксиды азота, а в некоторых случаях и пары азотной кислоты.

Улавливание этих газов и паров обычными сорбентами до требуемой степени очистки требует длительного времени контакта загрязненных газов с сорбентами, а значит и большого объема одновременно используемого сорбента. Стоимость сорбента довольно высока, что определяет

высокую стоимость очистки газа в целом.

Кроме того, необходимо утилизировать или захоранивать отработанный сорбент, что требует дополнительных затрат на оборудование и энергию. Особое значение имеет очистка от нитрозных газов, образующихся в активно используемых в последнее время установках сжигания промышленного и бытового мусора. Суммарное количество ежегодно образующихся оксидов азота составляет - 70 млн т. год. Использование рассматриваемого в проекте способа улавливания нитрозных и оксидных соединений из промышленных газов позволяет уменьшить требуемый объем аппаратуры для очистки отходящих промышленных газов от нитрозных соединений.

Отработанный абсорбент - раствор нитрата марганца представляет собой ценный рыночный продукт, имеющий высокую стоимость. В проекте планируется разработать технологический процесс выделения чистого товарного нитрата марганца и его очистки от примесей. Кроме того,

представляются весьма важными разработка гибкой универсальной технологии создания блочных катализаторов очистки отходящих газов с пониженным содержанием благородных металлов.

Снижение, а в некоторых случаях и полное исключение содержания благородных металлов, возможно за счёт введения в структуру катализаторов соединений композиций из соединений переходных металлов, которые содержатся в значительных (для катализаторного производства) количествах в различных техногенных отходах. Несомненно, является перспективным создание базы данных техногенных отходов, которые могут стать сырьём для производства катализаторов газоочистки.

Актуальность вышеизложенного обусловлена и тем, что в настоящее время наблюдается усиление существовавшего и ранее дефицита производства носителей, сорбентов и катализаторов, особенно специального назначения, причем не только в количественном, но и в качественном отношении и, прежде всего - в ассортиментном.

Проблема усугубляется разрушением или перепрофилированием за последнее десятилетие большинства из имевшихся немногочисленных опытно-промышленных производств катализаторов, способных выпускать мелкосерийную и опытную продукцию разнообразного ассортимента со специфическими свойствами и гарантировать их надежность.

Для решения указанной проблемы проектом предусмотрена разработка технологии металлических катализаторов с оксидной пленкой и пористым покрытием из фольги металлов и сплавов, включая отходы машиностроительных производств (проволоку, стружку, ленты), а также блочных катализаторов сотовой структуры на их основе; Исследование процессов извлечения каталитически активных металлов (Co, Ni, Mn, W и др.) из отработанных промышленных катализаторов и техногенных отходов, содержащих соединения переходных металлов и создание тонкослойных каталитических покрытий на их основе; б) В процессе функционирования предприятий цветной металлургии, нефтехимической и химической промышленности образуются отходы, содержащие такие ценные компоненты, как редкие, цветные или благородные металлы, в количествах, зачастую превышающих их содержание в поступающих на переработку первичных рудах и концентратах.

Объемы некоторых из таких отходов могут быть весьма велики. Это позволяет рассматривать упомянутые выше отходы как перспективные сырьевые источники для получения дополнительных количеств ценных и дефицитных металлов.

При этом может быть решена и важная экологическая задача утилизации отходов, зачастую занимающих значительные площади. В рамках проблемы, на решение которой направлен проект, предполагается разработать следующие технологические процессы: - извлечение

молибдена, никеля или кобальта из отработанных катализаторов гидрообработки нефти с одновременной утилизацией основы катализаторов – оксида алюминия; - извлечение рения и платины из отработанных катализаторов риформинга нефти; - извлечение рения из пылей медно-никелевого производства; - извлечение ванадия из железосодержащих отходов ванадиевого производства; - доизвлечение платиновых металлов из отработанных растворов аффинажа благородных металлов; - переработка шламов от шлифования твердосплавных заготовок на чистые соединения вольфрама и кобальта с целью возвращения их в производственный цикл; - утилизация кубовых остатков процессов дегазирования с получением товарных соединений цинка. в) По данным Росстата на территории РФ к настоящему времени накоплено около 40 млрд тонн твердых и жидких промышленных отходов, под размещение которых, по экспертным оценкам, занято от 4 до 7 млн га земли.

Темп образования промышленных отходов составляет 5-7% в год или 6,0 – 7,0 млрд т/г. Более 90-93 % отходов, образующихся на предприятиях добывающего сектора экономики, являются отходы, образующиеся при добыче полезных ископаемых: карбонатов, природного гипса, гранитного щебня, песка и глины, фосфорных удобрений, глинозема, горючих сланцев, угля, нефти, газа, алмазов, оксидов железа и цветных и полиметаллических руд и др.

Остальные 7-10% отходов образуются в перерабатывающих отраслях промышленности: металлургической, машиностроительной, электронной, электротехнической, химической, нефтехимической, агропромышленном комплексе, строительстве, на транспорт и др.

Промышленными отходами 3-5 класса опасности являются: шлаки и зола котельных и теплоэлектростанций, шлаки черной и цветной металлургии, сульфатно-кальциевые (гипсы), термофосфорные шлаки, пиритные (колчеданные) огарки, отходы черных и цветных металлов в машиностроении, в электронике и электротехнической промышленности, - отходы полимерных композиционных материалов, включая резинотехнические изделия, и другие.

Предлагаемые решения актуальной проблемы переработки промышленных отходов и использование ценных компонентов в промышленное производство полностью соответствуют приоритетным направлениям «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президентом РФ №642 от 01 декабря 2016 г.; основным положениям Указа Президента РФ № 204 от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г.» (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.01.2018 г. №84-р), а также целям и приоритетным задачам Национальных проектов «Экология» и «Цифровая экономика».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

2022

№ 122101700009-9

ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Ежегодно в мире производится более 380 миллионов тонн пластика. Вместе с тем, более 50% образующегося пластика не перерабатывается. В естественных условиях пластик разлагается в течение 10-1000 лет и в среднем время его разложения измеряется сотнями лет. Таким образом, в рамках человеческой жизни большая часть пластика не разлагается совсем.

В настоящее время, около 25% образующегося в мире пластика сжигается вместе с другими отходами и только около 20% идет на переработку с целью получения вторичного пластика, мономеров и их производных. Пластиковые

бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ) являются самыми распространенными упаковками в России. С целью получения продуктов деоксигенации кислородсодержащих пластиков, к которым и относится ПЭТ, чаще всего используют катализаторы на основе благородных металлов (Pt, Pd, Ru), которые, однако, характеризуются высокой стоимостью.

Среди альтернатив таким катализаторам выделяют различные системы на основе неблагородных переходных металлов и их соединений.

Ранее перспективными катализаторами деоксигенации, использующимися для превращений сырья на основе

биомассы, проявили себя фосфиды переходных металлов, причем как с использованием носителя, так и без него. В рамках настоящего проекта предлагается использовать

подход к получению фосфидных катализаторов *in situ* в среде перерабатываемого ПЭТ и превращения последнего в ценные продукты нефтехимии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122110800050-2

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ НАНОМАТЕРИАЛ

Проект направлен на решение проблемы утилизации полиэтилентерефталата, одного из самых распространенных бытовых пластиков.

Относительная инертность к природному воздействию, низкая разлагаемость полиэтилентерефталата в естественных условиях и увеличивающиеся объемы отходов делают вопросы его переработки в ценные продукты крайне актуальными как с экономической, так и с экологической точек зрения.

Решаемая в проекте конкретная задача в рамках проблемы эффективной утилизации полиэтилентерефталата заключается в разработке научных подходов к прямой и непрямой конверсии полимера, включающей его пиролиз под действием инфракрасного излучения, в многофункциональный углеродный наноматериал.

Будут предложены новые научные решения термической

утилизации полиэтилентерефталата с помощью инфракрасного излучения для получения пористого углеродного продукта.

Будет разработан метод прямой конверсии, заключающийся в пиролизе полиэтилентерефталата под действием инфракрасного излучения с последующей щелочной активацией углеродного остатка.

Будет разработан метод непрямой конверсии, заключающийся в пиролизе под действием инфракрасного излучения соли терефталевой кислоты, полученной щелочным гидролизом полиэтилентерефталата, растворенного в диметилсульфоксиде. С использованием предложенных методов впервые будут получены пористые углеродные наноматериалы на основе полиэтилентерефталата с высокоразвитой поверхностью, превышающей 1300 м²/г.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111000006-4

ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В глобальном смысле современные проблемы энергетики во многом направлены на повышение плотности потоков энергии, повышение эффективности систем на всех этапах и снижение нагрузки на окружающую среду. Эти вопросы неразрывно связаны с созданием и внедрением перспективных материалов с заданными свойствами. Необходимо развитие технологий получения тугоплавких материалов, каталитических материалов, в частности, для двух ключевых химических реакций современной энергетики: реакции электролиза воды и углекислотной конверсии метана. Другим важным аспектом развития энергетической отрасли является поиск подходов к созданию замкнутых сырьевых циклов. В частности, поиск путей снижения углеродного следа, для чего можно использовать углерод, получаемый из отходов и низкосортного сырья различного происхождения. Развитие методов и оборудования для синтеза востребованных в энергетической отрасли материалов на основе карбидов металлов и неметаллов с использованием в качестве источника углерода низкосортного сырья и отходов позволяет одновременно совместить решение ряда задач: переработки отходов и низкосортного сырья, синтеза необходимых тугоплавких и каталитических материалов,

как следствие, - повышение энергетической эффективности и экологичности топливно-энергетического комплекса. Настоящий проект направлен на развитие оригинального плазменного электродугового безвакуумного метода и соответствующего устройства, отличающихся повышенными характеристиками энергоэффективности. Данные реактор и методика были успешно апробированы в процессах синтеза ряда материалов, но ранее не использовались для синтеза востребованных каталитических материалов с вовлечением в процесс в качестве источника углерода низкосортного сырья и отходов. В рамках проекта планируется решение следующих задач: совершенствование оригинального безвакуумного электродугового плазменного реактора и методики работы с ним для получения каталитических материалов, в частности, на основе карбидов вольфрама и молибдена с вовлечением в процессы синтеза низкосортного сырья и отходов; поиск и реализация путей повышения производительности, энерго- и ресурсоэффективности процесса синтеза востребованных материалов на основе карбидов металлов, углерода; оценка состава, структуры, свойств получаемых разрабатываемым методом материалов, поиск путей их использования в энергетической отрасли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122072000073-0

РАЗЛОЖЕНИЕ СИЛИКОНОВЫХ РЕЗИН В НЕОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ - НОВЫЙ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Переработка полимерных отходов является одной из основных проблем, которую на данный момент решает человечество. С ростом объема производства кремнийорганической продукции важным вопросом становится возможность эффективной переработки

образующихся силиконовых отходов. Разработка экологичных и наименее энергозатратных методов является ключевой в решении данной проблемы. В данной работе для решения проблемы переработки силиконовой резины предполагается использовать неорганические жидкие среды.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н.НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122040400098-8

«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА» ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УМНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И «ЗЕЛЕННОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка концептуально новых подходов к переработке и дальнейшему применению полимерных отходов в целях создания «умных» технологий и материалов для защиты окружающей среды (сорбентов для очистки природных вод

от техногенных загрязнителей, каталитических систем для фото- и электрохимической деградации экотоксикантов, и получения «зеленого» водорода, а также структурированных суперконденсаторов для накопления энергии).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122070700010-4

РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ ТКО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННИХ РЕСУРСОВ И ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ОБЪЕМОМ БОЛЕЕ 1 ТЫС. ТОНН В ГОД

Объект исследования: разрабатываемая ресурсо-энергосберегающая технология и специальное оборудование для комплексной переработки ТКО и получения из них товарной продукции. Цель работы: Разработка энергосберегающих технологий и специального оборудования для комплексной переработки ТКО и получения товарной продукции с учётом внутренних материальных и теплоэнергетических ресурсов предприятия. Ожидаемые результаты - разработка и изготовление специального оборудования для поэтапной переработки изотропных и анизотропных техногенных материалов (полимерных, пластмассовых, древесных, целлюлозно-бумажных, базальтовых волокнистых и других); - разработка, изготовление (приобретение) оборудования и технических средств (для равномерного дозирования и питания измельченных материалов; изменения скоростных параметров агрегатов и др.) технологической линии

приготовления композиционных смесей из минеральных и органических техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками; - опытно-промышленное освоение в производственных условиях технологической линии для переработки полимерных отходов с получением из них компактированных пеллет и в дальнейшем – товарной продукции технического назначения; - отработка в промышленных условиях ООО «ТК «Экотранс» механотехнологических и температурных параметров ресурсо-энергосберегающей технологической линии различной производительности; - проведение опытно-промышленных испытаний низкотемпературной термолизной технологии переработки органических и органоминеральных отходов различных предприятий АПК с получением полидисперсных наноструктурированных компонентов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»

2023

№ 123121000002-4

ПОЛИМЕРНЫЕ АЭРОГЕЛИ И ИОНОГЕЛИ - ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА, СВОЙСТВА

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы создания новых материалов – полимерных аэрогелей и ионогелей, характеризующихся уникальным сочетанием физико-химических свойств и обладающих широкими возможностями практического применения. Решение ряда запланированных в проекте задач требует использования возможностей объекта инфраструктуры – Центра коллективного пользования Института органической химии РАН – для осуществления детального анализа состава полученных материалов, а также изучения эффектов конфайнмента в полимерных ионогелях с использованием ЯМР-спектроскопии высокого разрешения. Полимерные аэрогели представляют собой высокопористые материалы, обладающие высокой удельной поверхностью, низкой тепло- и звукопроводностью, и перспективны для создания ультралегких изоляционных элементов, в том числе гидро- и льдофобных, а также ряда функциональных материалов, в том числе биосовместимых имплантов, матриц для пролиферации клеточных культур, элементов защиты от нейтронного излучения, эффективных сорбентов нефтепродуктов и др. В качестве основных объектов исследования для создания аэрогелей в настоящем проекте предполагается использовать следующие синтетические и биогенные полимеры: сверхвысокомолекулярный полиэтилен, полипропилен, резорцин-формальдегидные смолы, полиамиды (ПА-6 и ПА-66), полисахариды (целлюлоза, агар-агар). Полимерные ионогели представляют собой новый класс наноматериалов, сочетающих высокую ионную проводимость и теплопроводность и легкую формуемость (в т.ч. с использованием аддитивных технологий). Важными характеристиками ионных жидкостей – компонентов полимерных ионогелей – являются высокая термическая

стабильность, пренебрежимо малое давление насыщенного пара и низкая коррозионная активность. Имеющиеся данные позволяют утверждать, что полимерные ионогели могут быть наиболее востребованы в качестве элементов сорбционных систем (разделение катионов металлов, хроматографическое разделение органических веществ), ионопроводящих мембран, температурно-управляемых переключателей, материалов для поглощения электромагнитного излучения, элементов гибкой электроники, механических датчиков, тактильных устройств. Важной составляющей актуальности исследований является возможность использования полученных результатов для переработки полимерных отходов (одежда и упаковка) и получения на их основе высокотехнологичных изделий. Научная новизна запланированных исследований определяется созданием новых подходов к получению полимерных аэрогелей, а также получением новых композиционных материалов на основе полимеров и ионных жидкостей. Реализация запланированных в проекте подходов позволит получить уникальные материалы с улучшенными физико-химическими свойствами, в т.ч. высокими текстурными характеристиками, механической прочностью, ионной проводимостью, сорбционной емкостью. Важной составляющей научной новизны запланированных исследований является детальный анализ состояния ионных жидкостей, находящихся в условиях ограниченного порового пространства – анализ эффекта конфайнмента – в первую очередь с использованием методов ЯМР-спектроскопии высокого разрешения. Такие исследования позволят определить особенности сольватационных и адсорбционных взаимодействий в полимерных ионогелях, определяющих ионную подвижность, ключевой характеристики с точки зрения практических

применений таких материалов. Для выполнения проекта критически важным является использование методов анализа – ЯМР-спектроскопии высокого разрешения (для определения подвижности ионных жидкостей в условиях

ограниченного порового пространства полимерной матрицы) и аналитической просвечивающей микроскопии высокого разрешения (определение структуры полимерных аэрогелей) – имеющихся в распоряжении ЦКП ИОХ РАН.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123122900033-6

ГИДРОДЕХЛОРИРОВАНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА НЕНАНЕСЁННЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

В 2021 г. общемировой объем производства поливинилхлорида (ПВХ) составлял около 61 млн т, более половины которого приходилось на Китай (38.5 млн т), тогда как в России его было произведено более 1 млн т. К 2023 г. мощность производства ПВХ достигла 63.7 млн т при спросе в 51.6 млн т. Увеличение мощностей производства и потребления ПВХ приводит к формированию больших объемов хлорсодержащих отходов, находящихся в составе муниципальных отходов пластика, в связи с чем промышленное значение ПВХ предопределяет важность решения проблемы совместной химической переработки полимерных отходов. Сжигание таких отходов с преобразованием в энергию приводит к выбросу токсичных газов, тяжелых металлов и твердых частиц с дымовыми газами, а также к образованию токсичных и коррозионно-агрессивных полихлорированных дибензодиоксинов, дибензофуранов и др. HCl, выделяющийся в результате термического разложения ПВХ, вызывает

коррозию оборудования, при этом вероятно протекание побочной реакции образования хлорорганических соединений. Механохимическая переработка ПВХ, пиролиз, низкотемпературное каталитическое дехлорирование хлоридов металлов, хлорсодержащего кокса. В рамках настоящего проекта предлагается провести гидродехлорирование модельных смесей на основе хлорорганических субстратов и в дальнейшем поливинилхлорида на катализаторах, полученных *in situ* на основе фосфидов Ni, W и Mo и сравнение их каталитических свойств с целью получения ценных продуктов нефтехимии (бензол, циклогексан) и пиролизных масел, содержащих небольшое количество хлора. В качестве сырья планируется применять модельные смеси на основе 1,4-дихлорбензола, 2-хлортолуола и ПВХ (пленка) и двухкомпонентные модельные смеси 1,4-дихлорбензола-хинолина, 1,4-дихлорбензола-бензотиофена, 1,4-дихлорбензола-гваякола.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

1.2 ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ТРУДНО ИЗВЛЕКАЕМЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА ШЕЛЬФЕ АРКТИЧЕСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

2021

№ 121053100132-3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ТЕРМОБАРОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ И НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

Целью проекта является разработка и техническая реализация модуля термобарохимического воздействия в вертикальных и наклонно-направленных нефтегазовых скважинах в симуляторе процесса кислотной обработки нефтяной скважины. Выполнение работы направлено на решение научно-технической проблемы повышения эффективности интенсификации притока нефти методами термобарохимического воздействия, включая селективные и многостадийные кислотные обработки с различной геометрией скважин в неоднородных карбонатных и терригенных коллекторах с трудноизвлекаемой нефтью.

Разрабатываемый модуль позволит расширить область применения симулятора процесса кислотной обработки нефтяной скважины путем создания автоматизированной системы, способной рассчитать оптимальные технологические параметры обработок и прогнозные показатели добычи, адаптированной к различным геолого-техническим условиям разработки месторождений. Применение симулятора процесса кислотной обработки нефтяной скважины актуально в нефтегазовой сфере, среди: добывающих обществ; нефтесервисных компаний; научно-исследовательских и проектных институтов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТЕТАКОМ»

№ 121021500268-4

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проведение теоретических и комплекса лабораторных реологических, фильтрационных, рентгено-томографических исследований новых полимерных составов на основе ГПАА,

ПВС и красного шлама и обоснование технологии добычи трудноизвлекаемой нефти с их применением.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121110900067-0

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕЧЕНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ И РАЗЛОЖЕНИЕМ ГАЗОГИДРАТОВ

Проект направлен на решение фундаментальных проблем, связанных с выявлением закономерностей многофазных течений, сопровождающихся образованием и разложением

газогидратов. Исследование закономерностей этих процессов представляет собой весьма сложную и многогранную научную проблему, поскольку особенности возникающих при

этом неизотермических многофазных течений определяются взаимодействием гидродинамических, теплофизических, а также физико-химических явлений. В рамках выполнения проекта планируется провести комплексное исследование, включающее в себя как построение математических моделей, так и лабораторные эксперименты. Исследования будут проводиться по двум основным направлениям. Первым направлением исследования будет выявление закономерностей гидродинамических и теплофизических процессов, возникающих при глубоководных утечках нефти и газа, сопровождающихся образованием и разложением газогидратов. Актуальность данной проблемы обусловлена увеличением объемов добычи углеводородов на шельфе и глубоководной транспортировки нефти и газа по трубопроводам, и соответственно ростом вероятности техногенных разливов углеводородов в воды Мирового океана. Таким образом, более глубокое понимание особенностей распространения углеводородов при их глубоководных утечках важно для повышения эффективности мероприятий по ликвидации их последствий. В рамках проекта впервые будет проведено исследование в трехмерной постановке всех трех этапов течения углеводородов от места разлива до поверхности воды: 1) турбулентная струя, 2) плавучий шлейф, 3) стадия адвекции-диффузии. Данное исследование позволит выявить особенности динамики распространения углеводородов и взаимодействия компонентов (пузырьков и капель), а также оценить влияние механизмов образования и разложения гидратов на процесс

распространения углеводородов. Будут получены оценки для концентрации нефти (в том числе, какой объем нефти может достигнуть поверхности воды) и определены характерные высоты, на которых происходит качественное изменение поведения струи. Вторым направлением исследования будет выявление закономерностей неравновесного образования/разложения газогидрата в природном газогидратном пласте при закачке/отборе газа. Поскольку существующие математические модели описывают данные процессы в предположении, что образование/разложение газогидрата являются термодинамически равновесными фазовыми переходами, то новизна данных исследований заключается в построении математических моделей неравновесного образования/разложения газогидрата в природном пласте. Данная проблема важна, как с фундаментальной, так и прикладной точек зрения, поскольку образование/разложение газогидрата в природном пласте можно рассматривать как равновесный фазовый переход только для происходящих на очень длительных временах «медленных» процессов перераспределения давления и температуры в пласте. При ускорении процессов перераспределения давления и температуры в пласте (например, вследствие очень интенсивного теплового или гидродинамического воздействия на пласт) для построения адекватных математических моделей наблюдаемых при этом процессов необходимо рассматривать образование/разложение газогидрата как неравновесный фазовый переход.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121031800215-4

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕПЛОФИЗИКИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МИКРОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Предлагаемый проект направлен на развитие научных основ теплофизики структурно-фазовых и физико-химических превращений в микроразмерных системах, повышение эффективности и разработку новых энергетических технологий, научное обоснование цифровых двойников. Целью исследования является экспериментальное установление фундаментальных закономерностей взаимосвязи гидродинамических, диффузионных и тепловых процессов, создание математических моделей, проведение численных исследований и разработка методов управления структурно-фазовыми и физико-химическими превращениями в микроразмерных системах. Выполняемые исследования направлены на установление закономерностей теплообмена при фазовых превращениях в высококомпактном оборудовании, газожидкостных и двухжидкостных течений в микроканалах, многомасштабных течений в пористых средах применительно к разработке тепловых и гидродинамических методов добычи трудноизвлекаемой нефти. Будут выявлены закономерности, разработаны методы расчета и управления структурно-фазовыми превращениями в микроразмерных системах, установлено взаимное влияние процессов структурообразования и теплообмена при кипении однокомпонентного и смесового теплоносителя в условиях вынужденной конвекции в микроканалах и при кавитации вследствие падения давления по длине щелевого канала. При выполнении работ будут использованы перспективные углеводородные теплоносители с низким потенциалом глобального потепления и вода. Выполняемые исследования направлены на установление характеристик теплообмена и структурообразования при фазовых переходах в спиральновитых и пластинчато-ребристых

компактных теплообменниках, предназначенных для систем сжижения природного газа. Будут разработаны и применены новые бесконтактные оптические методы для диагностики однофазных и двухфазных течений в микроканалах, включающие корреляционные подходы и методы слежения за частицами, проведена адаптация методики лазерной индуцированной флуоресценции для измерения поля концентрации с микронным разрешением и волновых характеристик газожидкостного течения. Будут установлены закономерности структурообразования при формировании податливых покрытий на основе микро- и наноматериалов, предназначенных для управления ламинарно-турбулентным переходом и снижения гидродинамического трения для макромасштабных объектов, и установлены их свойства. Будут разработаны математические модели течения высококонцентрированных суспензий, обосновано применение микродисперсных композитных топлив, предназначенных для утилизации низкокалорийных отходов в нетрадиционной энергетике, выполнены исследования изменения структуры суспензий и эмульсий с добавками угольного топлива при высокоэнергетическом кавитационном воздействии в проточных камерах. Экспериментально будут установлены закономерности высокотемпературных физико-химических процессов при термохимических реакциях паровой, автотермальной конверсии метана, углеводородов и биогаза в микрореакторах-теплообменниках водородной энергетики, основанных на применении каталитических комплексов нового поколения, направленные на разработку энергоэффективных процессов получения синтез-газа и водорода в водородной энергетике и синтеза Фишера-Тропша для получения высокомолекулярных углеводородов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121031500048-1

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОРАЗМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ДРУГИХ ЗНАЧИМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Цель исследования. Создание научных основ получения функциональных наноразмерных материалов на основе глубоких эвтектических растворителей (ГЭР): термотропных наноструктурированных нефтewытесняющих и гелеобразующих композиций с регулируемыми физико-химическими, поверхностно-активными и реологическими свойствами для увеличения нефтеотдачи месторождений в северных регионах и Арктической зоне РФ, и наноразмерных криоматериалов для экологически безопасного освоения природных ресурсов Арктической зоны РФ, способов получения товарных форм созданных функциональных материалов на основе ГЭР, неорганических соединений, ПАВ и полимеров, а также новых методов и технологий с их применением для увеличения нефтеотдачи и значимых природоохранных процессов (рекультивации земель и пр.) в северных регионах и Арктической зоне РФ. Предполагаемые результаты и их возможная практическая значимость. - Глубокие эвтектические растворители (ГЭР) на основе комплексов многоосновных кислот и кислот Льюиса с координирующими растворителями (полиолами), карбамидом и полициклическим амином, их исследование физико-химическими, спектральными и реологическими методами, 2021-22 гг. - Термотропные наноструктурированные нефтewытесняющие и гелеобразующие композиции с регулируемыми физико-химическими и реологическими свойствами на основе ГЭР, неорганических соединений, ПАВ и полимеров для применения в нефтедобывающей отрасли, адаптированные к условиям северных регионов и Арктики. Твердые и жидкие товарные формы композиций и методы их получения, 2022-23 гг. - Физико-химические, реологические и фильтрационные характеристики нефтewытесняющих и гелеобразующих композиций на основе ГЭР, неорганических соединений, ПАВ и полимеров для условий месторождений в северных регионах и Арктической зоне РФ, их эффективность в процессе нефтewытеснения и ограничения водопритока при разработке на естественном режиме и тепловыми методами, 2023-24 гг. - Влияние композиций на основе ГЭР, неорганических соединений, ПАВ и полимеров и их основных компонентов на пластовую микрофлору, состав, физико-химические и реологические свойства добываемой нефти и пластовой воды, 2023-24 гг. - Компьютерное моделирование

новых методов увеличения нефтеотдачи с применением композиций на основе ГЭР, неорганических соединений, ПАВ и полимеров для конкретных геолого-физических условий нефтяных месторождений в северных и Арктических регионах РФ, 2021-23. Компьютерные модели и расчетная методика для планирования обработок с применением композиций, прогнозирования и анализа результатов обработок, 2024-2025 гг. - Экспериментальная установка (2021-22 гг.) и методика контроля текучести метастабильных жидкостей: гелей, золей и растворов композиций на основе эвтектических систем, ПАВ, неорганических соединений и полимеров, 2023-25 гг. - Обоснование нового критерия и методика оценки реологических свойств вязкоупругих криогелей на основе ГЭР и полимеров, 2021-22 гг. - Научные основы формирования многокомпонентных полимерных криогелей на основе ГЭР и полимеров с заданными упругими и теплофизическими свойствами, влияние на формирование криогелей температуры и различных реагентов, 2022-23 гг. - Новые перспективные конструкционные криоматериалы на основе ГЭР и полимеров для Арктической зоны, для формирования дополнительных барьеров безопасности хранилищ жидких углеводородных отходов, 2024 г. Влияние на формирование упругих криоструктуратов из вязкотекучих систем pH среды и термодинамического качества ГЭР различной природы, 2025 г. - Закономерности пространственного распределения трудноизвлекаемых нефтей Арктической зоны РФ по физико-химическим свойствам (2021 г.) и показателю качества (2022 г.) средствами геостатистического и геопрограммированного анализа на основе мультиспектральных космических снимков; карты распространения трудноизвлекаемых нефтей на различных по масштабам территориях: месторождение – нефтегазоносный район – нефтегазоносная область – нефтегазоносный бассейн, 2023 г. - Методика и оценка воздействия нефтегазового комплекса на биосферу северных и арктических территорий на основе мультиспектральных космических снимков и искусственных нейронных сетей, 2024-25 гг. - Научные основы получения функциональных наноразмерных материалов на основе ГЭР для увеличения нефтеотдачи и других значимых технологий освоения природных ресурсов Арктической зоны РФ, 2024-25 гг.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ НЕФТИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121122500018-9

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР-ЭВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИМЕНительно К РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, АКТИВНОМУ МОНИТОРИНГУ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Моделирование волновых полей для реалистичных скоростных моделей сейсмоопасных и вулканических зон, земной коры и Земли в целом является актуальной задачей, решение которой для различных пространственно-временных масштабов представляет значительные трудности из-за необходимости выполнения большого объема вычислений. В рамках проекта будут разработаны новые и адаптированы уже существующие методы и алгоритмы расчета сейсмических волновых полей на супер-ЭВМ для верификации скоростных моделей земли в сейсмоопасных районах России и задач вибросейсмического мониторинга сейсмоопасных зон. Разработка и усовершенствование вычислительных методов, нацеленных на обработку больших объемов данных, является актуальной научно-практической задачей вычислительной сейсмоманиторинга, решение которой позволит более эффективно проводить расчёты с использованием современных супер-ЭВМ, объединяющих

тысячи процессоров. Математическое моделирование физического эксперимента требует гораздо меньше времени, есть возможность воспроизведения нескольких сценариев одновременно. Поэтому все более широкое применение получают технологии компьютерного моделирования физического эксперимента, основанные на «цифровом керне». Под цифровым кернам имеют в виду заданную цифровую геометрию порового пространства (томография), дополненную минералогическим составом (электронная микроскопия). С виртуальным цифровым образом можно проводить всевозможные «математические» манипуляции, имитирующие физический эксперимент, не боясь при этом изменения физических свойств и разрушения. Преимущество этого подхода в том, что математическое моделирование физического эксперимента требует гораздо меньше времени, есть возможность воспроизведения нескольких сценариев одновременно. Это существенно облегчает задачу оценки

и прогнозирования свойств пород-коллекторов там, где количество и качество образцов ограничено (породы с хрупкой структурой, поврежденные образцы и так далее). С помощью расчетов можно определить такие важные макроскопические свойства породы, как проницаемость, пористость, электропроводность, модули упругости и другие. Волны цунами представляют одну из основных угроз для значительных участков побережья Мирового океана. Ущерб, наносимый цунами, усиливается их полной внезапностью, быстротечностью, тяжелыми разрушениями и высокой вероятностью фатальных исходов среди людей, оказавшихся в зоне их воздействия. В Российской Федерации угрозе цунами подвержено в первую очередь Дальневосточное побережье, однако цунамиподобные явления известны на Черном, Каспийском, Балтийском и Белом морях, а также на крупных внутренних водоемах (Байкал, Ладога и др.). Две главные научно-практические задачи, связанные с проблемой цунами - это оперативный прогноз и предварительного

цунамирайонирования побережья. Главной проблемой оперативного прогноза, осуществляющегося действующей с 1958 года на Дальневосточном побережье РФ Службой предупреждения о цунами, является высокий процент ложных тревог (до 80%). Здесь требуется совершенствование критериев прогнозирования. Однако нормативные карты цунамиопасности для побережья России вплоть до настоящего времени отсутствуют. В 2014 году Правительством РФ поставлена задача приоритетного развития Дальневосточных регионов РФ (распоряжение Правительства №308 от 15.04.2014г.), экономика которых в значительной мере ориентирована на эксплуатацию морских ресурсов и добычу углеводородов на шельфе. В свою очередь это требует развития инфраструктуры береговой зоны, значительная часть которой подвержена воздействию цунами. Все это делает задачу оценки цунамиопасности побережий России весьма срочной и актуальной.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121032500069-3

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСИЛИТЕЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА АЛМАЗНОГО ДОЛОТА

Проект направлен на разработку оборудования с помощью которого можно значительно повысить эффективность наклонно-направленного бурения скважины. Бурение современных нефтегазовых скважин предъявляет высокие требования к надёжности технологий и оборудования, а также, высочайшие требованиями к промышленной безопасности работ. Это связано с: - глубинами, а соответственно высокими давлениями и температурой внутри скважин; - сложностью профилей скважин, из которых сегодня извлекаются углеводороды; - освоением трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) нефти и газа. Если 50 лет назад добыча нефти и газа осуществлялась из скважин глубиной 1 000 - 2 000 метров и длиной ствола примерно 1 000 – 3 000 метров, то сегодня, из-за выработки ресурсной базы и развития технологий, глубины обычных западносибирских скважин 2 500 - 3 500 м. при длине ствола 4 500 - 5 500 м., включая усложнение геологических условий для бурения. Больше стало буриться «скважин-чемпионов», так же увеличилась их глубина (до 7 000 м.) и длина (до 13 000 м). Просматривается явный тренд к увеличению глубины и длины нефтегазовой скважины, что, в свою очередь, неизменно потребует усложнения конструкций скважин и усовершенствования технологий бурения, разработок новых материалов и оборудования, обновления программного обеспечения и повышения квалификации персонала. При увеличении длины скважины и усложнения её профиля появляется проблема отсутствия свободного хождения буровой колонны и бурового инструмента и, как следствие, невозможность доведения нагрузки на долото, а также, невозможность эффективного управления конструкции низа буровой колонны (КНБК). Основные проблемы, связанные при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин это: - Сложные горно-геологические условия; - Сложные 3D профиля скважин; Как следствие: - Требуется высокое давление для циркуляции бурового раствора; - Повышенный уровень трения между буровой колонной и стенкой скважины, что повышает требуемый крутящий момент колонны, снижает эффективный перенос нагрузки на долото, снижает скорость проходки, ресурс оборудования и, в целом, эффективное продвижение колонны; - Прихват и подвисание буровой колонны; - Аварии с буровым инструментом; - Помехи

и снижение качества телеметрических и геофизических замеров в процессе бурения. Решение этих проблем требуют: -Применения дорогостоящего поверхностного оборудования для поддержания работы специализированного, высокотехнологичного и дорогостоящего оборудования; -Повышения надёжности и ресурса бурового оборудования; -Применения буровых растворов на углеводородной основе, что не всегда возможно по-экологически и экономическим критериям. Все вышеперечисленные проблемы и решения в конечном итоге, повышают стоимость бурения, аварийность, и, следовательно, себестоимость добычи углеводородов. Аварийные ситуации и применение дорогостоящего оборудования можно отнести к непроизводительным затратам в виду отсутствия альтернативных подходов к бурению. При бурении традиционным оборудованием, в геологических условиях, примером которых могут служить переслаивающиеся пласты, основной целью является защита вооружения долота (сохранность долота), что может сопровождаться снижением скорости проходки. В этом проекте мы предлагаем ряд инновационных решений, с помощью которых бурение будет технологичнее и менее затратно для заказчика, по мере снижения рисков, связанных с бурением в сложных горно-геологических условиях. Повышение эффективности бурения часто интерпретируется как достижение максимальной скорости проходки. Это заключается в максимизации проходки скважины на одно долото за один рейс. Разрабатываемое нами уникальное оборудование и соответствующее технологическое применение снизит стоимость бурения на погонный метр в 1,2-1,3 раза и увеличит скорость проходки в 1,5 – 2 раза в зависимости от профиля скважины и геологии пластов. Также применение оборудования повысит безопасность работ на буровой, снизит риски потери оборудования в скважине и непроизводительное время буровой установки. Полученные научные данные при испытаниях и работе будут анализироваться и использоваться для улучшения существующего оборудования на рынке, а также для проектирования буровых инструментов следующего поколения. Патенты на оборудование будут оформлены как «изобретение», «полезная модель», «промышленный образец».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВТС ИНЖИНИРИНГ»

№ 121102900179-5

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧЁТОМ НЕОБХОДИМЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ

Работа направлена на создание экспертной системы поддержки принятия решений для задач в области управления разработкой месторождений и повышения нефтеотдачи на базе данных динамического мониторинга скважин, упрощенной физической модели пласта и интеллектуальных алгоритмов машинного обучения на основе нейронных сетей. Зачастую традиционные методы геолого-гидродинамического моделирования месторождений вследствие сложности построения полной модели, в условиях недостатка геологической информации, наличия сложнопостроенных коллекторов трудноизвлекаемых запасов, нередко имеют ошибки в прогнозировании работы скважин, достаточно часто точность таких моделей признается неудовлетворительной и данный инструмент применяется только для обоснования запасов в государственных надзорных структурах и не используется по своему целевому назначению - для управления и оптимизации разработки месторождений.

Принятие решений при отсутствии постояннодействующих моделей в динамически изменяющейся среде приводит к недостижению проектного коэффициента извлечения углеводородов. Кроме того, в условиях значительного роста объема данных о месторождениях, накапливаемых в процессе их разработки, и необходимости оперативного принятия решений требуется наличие инновационных подходов с использованием нового класса рекомендательных систем. В данной работе предлагается разработать гибридный подход и интегрировать упрощенные физические законы в модель машинного обучения. Это позволит оперативно получать качественный и достоверный прогноз для решения целого класса оптимизационных задач в области управления разработкой месторождений и повышения нефтеотдачи, а также создавать большое количество сценариев разработки в зависимости от актуальных задач и вызовов, стоящих перед службой главного геолога.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОСПЛИТ ДИДЖИТАЛ»

№ 121040900091-5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СВЕРХСТАБИЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ГЛУШЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СКВАЖИН РАЗЛИЧНОГО ТИПА

В нашей стране и по миру всё больше вводятся в разработку месторождения с трудноизвлекаемыми запасами, такие объекты требуют применения новых технологий. Например, это объекты с низкопроницаемыми коллекторами трещинно-порового типа, зачастую – с высокой температурой продуктивного пласта. Проведение геолого-технических мероприятий на таких скважинах является достаточно сложной задачей в первую очередь из-за высоких пластовых давлений и температур. Рост количества скважин и усложнение их конструкции, а также увеличение доли старого фонда в общем количестве скважин, являются причиной роста объемов работ в сегменте, текущего и капитального ремонтов на уровне 10% в год. Согласно стандартам промышленной безопасности, перед началом любых ремонтных работ на скважине необходимо проводить операцию по её глушению во избежание аварий в виде неконтролируемых газоводонефтепроявлений (ГНВП). Глушение скважины позволяет выровнять давление между пластом и стволом скважины для предотвращения выхода нефти, газа и воды на поверхность (фонтанирования). Зачастую закачка жидкостей глушения ухудшает эксплуатационные характеристики скважин: загрязняет призабойную зону пласта, что приводит к осложнению ввода скважин в работу и падению их дебита. Для снижения негативных последствий компании модифицируют технологические жидкости различными химическими реагентами, которые должны отвечать определенным требованиям. Быть безопасными для людей и технологического оборудования, не загрязнять скважину и продуктивный пласт. Все эти требования приводят к

значительному удорожанию технологических жидкостей и соответственно самой операции глушения. Только компанией «Газпромнефть-Хантос» в 2015 году для ремонта 64 скважин использовалось более 11 000 кубических метров жидкости глушения. Осложнения, возникающие при проведении ремонтных работ на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, особенно при высоких пластовых температурах и наличии горизонтальных стволов у скважин, ставят вопрос о необходимости применения сверхстабильных жидкостей глушения. Для их получения необходимо использовать новые энергосберегающие и экономически выгодные технологии приготовления жидкостей глушения. Текущая общепринятая технология механического перемешивания химических веществ для приготовления жидкостей глушения не позволяет получать стабильные технологические жидкости без применения дорогостоящих зарубежных эмульгаторов. Поэтому предлагаемая к разработке волновая технология приготовления сверхстабильных жидкостей глушения является актуальной и востребованной на сегодняшний день. Уникальные возможности воздействия ультразвуковых колебаний на нефтепродукты позволяют достичь значительных результатов. Ультразвуковая (УЗ) обработка является одним из самых экологически чистых, высокопроизводительных и высококачественных технологических процессов и как вид электротехнологического процесса, соответствующего частотного диапазона, представляет самостоятельное направление, имеющее широкое распространение в самых различных отраслях промышленности.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АКРИБИЯ ТЭК»

№ 121102900126-9

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ СКВАЖИННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА

В настоящее время, в условиях падающей добычи нефти на большинстве крупных месторождений Западной Сибири, возрастает роль освоения трудноизвлекаемых запасов, добыча которых традиционными способами нерентабельна. Большая их часть приходится на запасы высоковязкой нефти, которые в структуре запасов составляют около 60 %. Для эффективной разработки таких месторождений требуется применение новейших технологий в области строительства

скважин, добычи и воздействия на пласт. Как мы считаем, одним из таких технологий для увеличения нефтеотдачи пласта является применение сверхкритического флюида. Но на сегодняшний день отсутствует техника и технологии применения данных сред для увеличения нефтеотдачи. Для применения сверхкритических флюидов необходимо управлять тепловыми процессами внутри скважины. На основе диссертационной работы по управлению тепловыми

процессами внутри подъемных труб, предлагается разработать фундаментальные принципы создания устройства для получения сверхкритического флюида в скважине с целью увеличения нефтеотдачи пласта, а именно

разработать математические модели работы устройства с практическими рекомендациями по созданию техники и технологии его применения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122041400225-5

РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

В настоящее время происходит истощение запасов легкой нефти и отрасль вынуждена переключиться на трудноизвлекаемые резервы. Для оптимизации капитальных и эксплуатационных затрат при добыче нефти повышенной вязкости с высоким содержанием смол и парафинов необходимо найти методы изменения реологических характеристик. Одним из перспективных способов улучшения реологических характеристик нефти является воздействие на нее электромагнитным полем. Нет эффективных, общедоступных и экологически безопасных методов изменения реологических свойств нефти. Этим и обоснован интерес к исследованиям в данной области. Одним из перспективных направлений является применение

технологий, которые используют методы воздействия на водонефтяную эмульсию электромагнитным полем. Использование водной среды с магнитовосприимчивыми частицами, а именно активные формы кислорода и водорода, которые за счет присутствия в них нескомпенсированных электронных состояний, а также высокой активности, отзываются на воздействие магнитных полей и приобретают дополнительную поверхностную активность, которую способны передавать нефти при контакте на границе раздела двух фаз вода–нефть. Рассмотрены методы искусственной модификации водных растворов и пути повышения их магнитовосприимчивости за счет металлосодержащих веществ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «УДМУРТСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122041200015-4

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ МЕТОДИК ИЗУЧЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ТРЕЩИНОВАТЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

Всем известно, что Российская Федерация богата полезными ископаемыми, среди которых особую роль занимают нефть, газ и уголь. Данные ископаемые не только позволяют наполнить государственную казну доходами, но и служат источником тепла и энергии внутри России. По мере того как век традиционных нефтегазовых месторождений подходит к концу, всё больше внимания уделяется так называемым трудноизвлекаемым запасам углеводородов. Так например, всем известная Баженовская свита, выявленная Ф. Г. Гурари в 1959 году на территории около миллиона квадратных километров в Западной Сибири, представляет из себя глинистые отложения, относящиеся к нефтематеринским породам. В Баженовской свите сконцентрирована большая часть горючих сланцев России, содержащих как твёрдое органическое вещество (кероген), так и жидкую легкую нефть и природный газ низкопроницаемых коллекторов. Оценки геологических запасов Баженовской свиты разнятся и могут составлять до млрд т. геологических ресурсов. В свою очередь, недра угольных бассейнов содержат не только необходимый в промышленности уголь, но и значительные запасы метана, количество которого сопоставимо с запасами традиционных газовых месторождений. Подавляющее число источников, доступных в отечественной и зарубежной литературе, прогнозируют России мировое лидерство по запасам метана угольного пласта – более 80 трлн куб. м., что составляет более трети общих прогнозируемых ресурсов природного газа в нашей стране. Пилотными проектами разработки газовых месторождений данного типа в настоящий момент активно занимается ПАО Газпром. Метан угольных пластов с ноября 2011 г. является самостоятельным полезным ископаемым и занесён в Общероссийский классификатор полезных ископаемых и подземных вод. Одной из главных

особенностей метаноугольных и сланцевых месторождений является значительная нелинейная зависимость фильтрационно-ёмкостных свойств пластов-коллекторов от порового и горного давления. Так например, в случае метаноугольных месторождений, данный эффект обусловлен сложным строением породы, складывающейся угольные пласты, и состоящей из так называемой угольной матрицы, содержащей основные запасы метана, и системы трещин. Выделение метана из матрицы в трещины обусловлено процессами диффузии и десорбции, которые происходят вследствие снижения пластового давления в ходе разработки месторождения. В свою очередь, в случае сланцевых месторождений, молекулы газа способны адсорбироваться на стенках поровых каналов. Таким образом, наблюдаются более сложные процессы течения флюидов, существенно усложняющие модели, основанные на классическом законе фильтрации Дарси. Современные программные комплексы гидродинамического моделирования в рамках стандартных подходов не позволяют с достаточной точностью прогнозировать процессы добычи газа из угольных и сланцевых пластов. Основной причиной этого является необходимость с достаточной точностью спрогнозировать изменение фильтрационно-ёмкостных свойств породы при изменении пластового давления в процессе разработки. Данное исследование направлено на решение этой научной и инженерной проблемы путём получения явных удовлетворительных зависимостей открытой пористости и абсолютной проницаемости от пластового и горного давлений. Такие зависимости могут быть получены путём искусственного решения соответствующих обратных задач через минимизацию невязок экспериментальных и расчётных данных.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122110800012-0

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Цель научного исследования: создание научно-технического задела в области новых материалов, технологических процессов их обработки, компоновочных схем и технологий применения изделий, повышение их эффективности, эксплуатационной и технологической безопасности. Проведение научно-исследовательских и расчетно-экспериментальных исследований по разработке новых материалов технологических процессов их переработки для создания инновационных методов интенсификации добычи нефти различными воздействиями на пласт позволяет значительно увеличить коэффициент извлечения нефти из разрабатываемых пластов. Остройшей проблемой современного этапа развития нефтедобычи является освоение месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. В мировом нефтегазовом секторе наблюдается устойчивая тенденция к увеличению доли трудноизвлекаемой нефти. В первую очередь это связано с увеличением количества месторождений с низкопроницаемыми коллекторами и высоковязкой нефтью. Структура запасов нефти усложняется из-за выработанности крупных месторождений, которые находятся в поздней стадии разработки и значительной

обводненности их продукции. В связи с этим, актуальна разработка инновационных методов интенсификации добычи, которые позволяют значительно увеличить коэффициент извлечения нефти из уже разрабатываемых пластов. Внедрение методов интенсификации добычи нефти на предприятиях нефтегазового комплекса РФ проводятся достаточно интенсивно, однако, выбор того или иного метода требует научно обоснованного подхода. Создание современных высокоэффективных энергоемких материалов неразрывно связано с разработкой новых материалов и технологий их обработки, с использованием передовых цифровых, интеллектуальных, производственных комплексов и роботизированных систем. Лаборатория цифровых двойников материалов и технологических процессов их обработки организуется с целью получения новых материалов, обладающих повышенными технологическими и эксплуатационными свойствами, их апробации и доработки с созданием цифровых двойников, систем обработки данных, машинного обучения и искусственного интеллекта для применения как в гражданской, так и военной промышленности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122041100161-9

ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ И ИНФРАСТРУКТУРНЫМИ СИСТЕМАМИ

Создание методов и алгоритмов идентификации производственных процессов (технологических процессов, оперативного управления, производственной логистики, управления ресурсами) и цифровых двойников на основе новых информационных и вычислительных возможностей, предоставляемых современными информационными технологиями производственных систем и цифровых платформ. Создание методов синтеза цифровых экосистем промышленных предприятий на основе мультikonсортных

технологий и управления на основе цифровых прогнозирующих моделей. Разработка эффективных (по трудоемкости и быстродействию) методов и программных модулей моделирования и управления процессами добычи трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. Развитие метода градиантов в направлении его распространения на нелинейные системы с целью создания инновационных технологий мониторинга и управления электроэнергетическими системами по критериям энергоэффективности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122090500004-3

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ

В связи с извлечением значительной доли активных запасов углеводородов для территорий с высокой степенью изученности наблюдается существенное усложнение разработки нефтяных месторождений. В частности, для территории северо-востока Волго-Уральской нефтегазовой провинции запасы залежей с хорошими коллекторскими свойствами и невысокими вязкостями нефти находятся на поздних стадиях разработки и характеризуются высокой обводненностью продукции скважин. Невыработанные запасы месторождений преимущественно относятся к эксплуатационным объектам с коллекторами сложного (в том числе трещинного) типа, с малыми нефтенасыщенными

толщинами и другими осложняющими факторами. Для территории исследования накоплен опыт применения геолого-технических мероприятий, которые в различных условиях показали различную эффективность. Обобщение такого опыта и его всесторонний анализ является основной целью предлагаемого исследования. К задачам исследования относятся разработка и практическая реализация методических подходов, направленных на повышение качества геолого-технологического моделирования и прогноза показателей разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122022800364-6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖФАЗНЫХ ЯВЛЕНИЙ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Планируется детальное изучение межфазных явлений в многокомпонентных флюидных системах как в свободном объеме, так и в условиях пористой среды. Предполагается дальнейшее развитие методов определения критических параметров фазовых состояний углеводородных систем. Будут разработаны гидродинамические методы исследования залежей нефти и газа, с учетом новых механизмов массообмена и трансформации внутривязных поверхностных свойств. Будут исследованы разномасштабные механизмы проявления смачиваемости пластовых систем и

их влияние на технологические показатели нефтегазодобычи. Предполагается дальнейшее развитие исследований по изучению механизмов и специфики проявления явлений капиллярного защемления фаз. Планируется изучение межфазных явлений в гетерогенных пластовых системах, содержащих коллоидные наночастицы. Будут продолжены исследования по детализации механизмов механохимических явлений в коллекторах нефти и газа. Планируются исследования по обоснованию инновационных технологий освоения трудноизвлекаемых запасов арктического шельфа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070400107-4

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Актуальность, цели и задачи проекта. В настоящее время нефтегазодобыча переходит в активную фазу разработки трудноизвлекаемых запасов углеводородов (ТРИЗ). К ТРИЗам также относятся пласты с высокой неоднородностью и неопределенностью по ФЕС.

Разработка пластов с высокой неоднородностью по фильтрационно-емкостным свойствам (ФЕС) приводит к использованию систем одновременно-раздельной добычи/закачки (ОРЭ) при эксплуатации нескольких пластов одновременно. Такая система разработки включает в себя управление устройствами контроля притока/закачки.

Для оптимизации разработки при внедрении одновременно-раздельной добычи необходимо проводить сравнение технологических показателей разработки с показателями геолого-гидродинамической модели (ГГМ).

Точность ГГМ обычно корректируется в ходе «подстройки» модели под историю разработки (History Matching), новые же подходы, а именно методы машинного и глубокого обучения, позволяют адаптировать модель под историю разработки с учетом неопределенности, особенно в случае пластов с высокой неоднородностью ФЕС.

Внедрение методов искусственного интеллекта в замкнутый цикл управления разработкой месторождения (Closed-Loop Reservoir Management) позволит осуществлять управление устройствами контроля притока/закачки в случае ОРЭ в режиме реального времени, адаптируя ГПП, снижая неопределенность ФЕС пласта и выстраивая оптимальные режимы добычи. Также, применение систем глубокого и машинного обучения на основе сверточных нейронных сетей позволяет заранее определить сильные неоднородности

ФЕС пласта на основе неполных геологических данных для выстраивания оптимальных стратегий заводнения нефтяных пластов.

Особенно актуально внедрение таких систем в разработку месторождений на Арктическом шельфе, с целью максимальной автоматизации технологических процессов в крайне сложных природно-климатических и геологических условиях.

Цель проекта – разработать и внедрить в систему освоения месторождений Арктического шельфа оптимизацию процесса заводнения нефтяных пластов в условиях неоднородности и неопределенности геологических свойств с использованием систем искусственного интеллекта. Задачи проекта:

1. Рассмотреть опыт разработки месторождений на шельфах стран Норвегии, Брунея и др., а также перспективу применения устройств контроля притока/закачки на российском шельфе.
2. Разработать и внедрить в геолого-гидродинамическую модель метод оптимизации устройств контроля притока для задачи слоистой неоднородности пласта.
3. Разработать и внедрить в геолого-гидродинамическую модель метод оптимизации устройств контроля притока для задачи зональной неоднородности пласта.
4. Лабораторно применить концепцию замкнутого цикла разработки на основе микрофлюидной системы с высокой неоднородностью и неопределенностью ФЕС пласта.
5. Масштабировать систему замкнутого цикла и оптимизацию процесса заводнения нефтяных пластов на месторождения Арктического шельфа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ 122041500015-1

ЦИФРОВЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ И ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ, АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В ОСНОВНЫХ ПРОДУКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВЕРХНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ И ФАНЕРОЗОЯ, ВКЛЮЧАЯ КАРБОНАТНЫЕ ГОРИЗОНТЫ ВЕНДА И КЕМБРИЯ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ РЕСУРСАМИ, ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТРУЗИЙ ТРАППОВ НА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

На базе комплексного научного анализа и интерпретации геолого-геофизических материалов, включая данные глубокого бурения, сейсморазведки МОГТ, геофизических исследований в скважинах, аналитических исследований керна и результатов испытаний с использованием классических и современных методических приемов, программных средств и алгоритмов построить согласованные цифровые геолого-геофизические модели Лено-Тунгусской и Лено-Виллюйской нефтегазоносных провинций, построить региональные сейсмогеологические модели осадочных бассейнов и слагающих их комплексов,

обосновать структурно-тектонические и сейсмофациальные критерии прогнозирования геологического разреза, проанализировать историю тектонического развития и определить основные этапы формирования структур, уточнить палеогеографические обстановки осадконакопления по основным хороностратиграфическим уровням, оценить перспективы нефтегазоносности выявленных и потенциальных продуктивных комплексов с учетом влияния траппового магматизма, в том числе с нетрадиционными трудноизвлекаемыми ресурсами и подготовить рекомендации

по выбору главных перспективных направлений наращивания провинций.
минерально-сырьевой базы углеводородов исследуемых

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112100082-4

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ СЛОЖНЫХ ПЛАСТОВ И БУРЕНИЯ СКВАЖИН С БОЛЬШИМ ОТХОДОМ ОТ ВЕРТИКАЛИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Проект направлен на организацию высокотехнологичного импортозамещающего производства роторных управляемых систем (РУС) для технологий вскрытия сложных пластов и бурения скважин с большим отходом от вертикали в

сложных геологических условиях и Арктике. Реализация проекта будет способствовать развитию нефтедобывающих технологий, направленных на широкомасштабное освоение трудноизвлекаемых запасов углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ «ЛУЧ»

№ 122070700027-2

СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Инновационные электромагнитные технологии, заключающиеся в воздействии электромагнитных полей различной частоты (в основном радиочастотного и микроволнового диапазонов) на рабочие среды, находят все большее практическое применение и уже доказали свою эффективность для интенсификации технологических процессов в различных областях промышленности (нефтегазовой, химической, пищевой), а также успешно используются в биологии и медицине.

Большое число теоретических и экспериментальных исследований, проведенных учеными из разных стран мира, показали эффективность использования электромагнитных полей при добыче и транспортировке тяжелых нефтей, переработке нефтяных шламов и эмульсий. Однако на сегодняшний день известны лишь единичные случаи применения электромагнитных технологий некоторыми нефтяными компаниями и, несмотря на их положительный результат, данные технологии еще не внедрялись в промышленных масштабах.

По мнению авторов проекта, одной из причин этого является недостаточная изученность физических процессов, протекающих при фильтрации углеводородных жидкостей при воздействии электромагнитного поля, а также отсутствие комплексного подхода при разработке методов электромагнитного воздействия (проведение лабораторных исследований, определение параметров для математического моделирования, выполнение адекватных прогнозных численных расчетов, оценка энергетических затрат).

В рамках предлагаемого проекта планируется провести поисковые научные исследования, направленные на экспериментально-теоретическое изучение основных механизмов взаимодействия электромагнитных полей с реологическими (в том числе углеводородными) жидкостями при фильтрации в пористых средах с различными параметрами.

В ходе выполнения проекта с использованием современных экспериментальных методов будут детально исследованы физические процессы, протекающие при взаимодействии электромагнитных полей на фильтрационные процессы в пористых средах, а также особенности поведения нефтематеринских пород, содержащих кероген, в электромагнитных полях.

Будут построены математические модели, учитывающие перекрестные явления переноса и адсорбционно-десорбционные процессы, для адекватного описания экспериментальных данных, разработаны высокопроизводительные компьютерные коды и проведено численное моделирование фильтрационных процессов под воздействием электромагнитного излучения.

Актуальность и практическая значимость предлагаемого проекта связана с необходимостью решения одной из

проблем, остро вставшей перед российской нефтяной отраслью и связанной с существенным увеличением доли трудноизвлекаемых запасов в общей структуре запасов нефти.

Вовлечение в разработку этих запасов усложняется тем, что эффективная разработка таких месторождений не может быть обеспечена существующими технологиями.

Возникает необходимость разработки и внедрения нетрадиционных методов добычи и новых технологий, которые повысят эффективность разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти и сделают такую разработку экономически целесообразной даже при невысоких ценах на нефть.

Метод нагрева призабойной зоны пласта с использованием энергии электромагнитного поля представляется в этой связи чрезвычайно эффективным и перспективным. Основная цель использования электромагнитного поля, как и традиционных термических методов, – нагрев пласта для снижения вязкости нефти. Нагрев нефтематеринских пород до температур 250-350°C и выдерживание их при данных температурах в течение определенного периода времени приводит к процессу пиролиза керогена и выделению из него нефти и газа. Температура среды повышается за счет трения осциллирующих в переменном электромагнитном поле молекул с дипольными моментами.

Для электромагнитного нагрева пласта можно использовать широкий спектр частот от 300 кГц до 300 МГц. Предварительные исследования диэлектрических свойств нефтематеринских пород в диапазоне 1-100 МГц показали, что эти значения на порядок выше, чем для терригенных горных пород, что дает хорошие предпосылки для дальнейших исследований возможности использования электромагнитного поля в процессах разработки нефтематеринских пород. Оптимальная частота воздействия должна выбираться для каждого месторождения на основе результатов экспериментального и численного моделирования, исходя из физико-химических свойств пласта и насыщающей его среды. Основной целью настоящего проекта является создание физических основ, математическое описание и экспериментальное обоснование основных механизмов взаимодействия электромагнитных полей с насыщенными пористыми средами (модельными системами и с образцами нефтематеринских пород). Это позволит понять фундаментальные механизмы протекающих физических процессов, прогнозировать результат электромагнитного воздействия на нефтеносный пласт и контролировать эффективность такого воздействия.

Научная новизна проекта состоит в детальном экспериментальном и численном изучении сложных физических процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного поля с насыщенными пористыми средами.

Новизна экспериментальных методов будет заключаться в использовании микро- и макромоделей

пористой среды, позволяющих визуализировать исследуемые процессы, выявить механизмы воздействия электромагнитных полей на исследуемые объекты, а также в учете выявленных закономерностей в математических моделях. Новые математические модели, описывающие процесс неизотермической многофазной фильтрации углеводородной жидкости в пористой среде под действием электромагнитного поля, будут построены на основе методов современной термодинамики необратимых процессов с учетом перекрестных явлений переноса и адсорбционно-десорбционных процессов, влияющих на полноту извлечения тяжелой нефти из пласта. Ожидается, что результаты экспериментальных исследований и

численного моделирования, полученные в ходе выполнения проекта, будут в дальнейшем использованы для создания новой технологии воздействия на пласты нетрадиционных углеводородов, которые предполагают использование электромагнитного излучения. Руководитель проекта и члены научного коллектива (большинство из которых – это молодые кандидаты наук) имеют солидный научный задел по теме проекта в виде публикаций в высокорейтинговых российских и зарубежных научных журналах, патентов РФ, зарегистрированных программ для ЭВМ, и обладают достаточным уровнем компетенций для достижения заявленных целей проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122111600036-5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ ВОДОГАЗОВОЙ СМЕСИ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО ГАЗА НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В настоящее время в мире при разработке нефтяных месторождений значительная доля добываемых запасов приходится на трудноизвлекаемые запасы. Это означает, что необходимо непрерывно совершенствовать существующие методы добычи и технологии воздействия на залежи нефти. Другой недостаточно исследованной проблемой является нерациональное использование, а именно сжигание попутного нефтяного газа в факелах месторождений, что наносит существенный ущерб окружающей среде. Одной из наиболее перспективных является технология водогазового воздействия. Данная технология совмещает достоинства классического заводнения и газовых методов воздействия

на нефтяной пласт. Существует несколько принципиально различных модификаций технологии ВГВ, и, анализируя накопленный опыт внедрения технологии (её различных модификаций) на промыслах России и за рубежом, можно сделать вывод, что наиболее перспективной является форма ВГВ, которая реализуется путём закачки в пласт смеси воды и газа. Но на данный момент из-за ряда технических сложностей данная технология не получила широкого распространения. Важной проблемой, требующей всестороннего изучения, является разработка технологии получения стабильной смеси воды и газа, устойчивой к влиянию комплекса различных внешних факторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

№ 122041800101-8

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СУПЕР-ЭВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, АКТИВНОМУ МОНИТОРИНГУ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Моделирование волновых полей для реалистичных скоростных моделей сейсмоопасных и вулканических зон, земной коры и Земли в целом является актуальной задачей, решение которой для различных пространственно-временных масштабов представляет значительные трудности из-за необходимости выполнения большого объема вычислений. В рамках проекта будут разработаны новые и адаптированы уже существующие методы и алгоритмы расчета сейсмических волновых полей на супер-ЭВМ для верификации скоростных моделей земли в сейсмоопасных районах России и задач вибросейсмического мониторинга сейсмоопасных зон. Разработка и усовершенствование вычислительных методов, нацеленных на обработку больших объемов данных, является актуальной научно-практической задачей вычислительной сейсмомоноиторазведки, решение которой позволит более эффективно проводить расчёты с использованием современных супер-ЭВМ, объединяющих тысячи процессоров. Математическое моделирование физического эксперимента требует гораздо меньше времени, есть возможность воспроизведения нескольких сценариев одновременно. Поэтому все более широкое применение получают технологии компьютерного моделирования физического эксперимента, основанные на «цифровом керне». Под цифровым керном имеют в виду заданную цифровую геометрию порового пространства (томография), дополненную минералогическим составом (электронная микроскопия). С виртуальным цифровым образцом можно проводить всевозможные «математические» манипуляции, имитирующие физический эксперимент, не боясь при этом изменения физических свойств или разрушения. Преимущество этого подхода в том, что математическое

моделирование физического эксперимента требует гораздо меньше времени, есть возможность воспроизведения нескольких сценариев одновременно. Это существенно облегчает задачу оценки и прогнозирования свойств пород-коллекторов там, где количество и качество образцов ограничено (породы с хрупкой структурой, поврежденные образцы и так далее).

С помощью расчетов можно определить такие важные макроскопических свойства породы, как проницаемость, пористость, электропроводность, модули упругости и другие. Волны цунами представляют одну из основных угроз для значительных участков побережья Мирового океана. Ущерб, наносимый цунами, усиливается их полной внезапностью, быстротечностью, тяжелыми разрушениями и высокой вероятностью фатальных исходов среди людей, оказавшихся в зоне их воздействия. В Российской Федерации угрозе цунами подвержено в первую очередь Дальневосточное побережье, однако цунамиподобные явления известны на Черном, Каспийском, Балтийском и Белом морях, а также на крупных внутренних водоемах (Байкал, Ладога и др.). Две главные научно-практические задачи, связанные с проблемой цунами - это оперативный прогноз и предварительного цунамирайонирования побережья. Главной проблемой оперативного прогноза, осуществляющегося действующей с 1958 года на Дальневосточном побережье РФ Службой предупреждения о цунами, является высокий процент ложных тревог (до 80%).

Здесь требуется совершенствование критериев прогнозирования. Однако нормативные карты цунамиопасности для побережья России вплоть до настоящего времени отсутствуют. В 2014 году Правительством РФ

поставлена задача приоритетного развития Дальневосточных регионов РФ (распоряжение Правительства №308 от 15.04.2014г.), экономика которых в значительной мере ориентирована на эксплуатацию морских ресурсов и добычу углеводородов на шельфе. В свою очередь это требует

развития инфраструктуры береговой зоны, значительная часть которой подвержена воздействию цунами. Все это делает задачу оценки цунамиопасности побережий России весьма срочной и актуальной.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062200053-1

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ ГАЗА. ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ПРОЕКТОВ ПО ОСВОЕНИЮ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ ГАЗА

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ состояния изучения и освоения нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа в РФ; обоснование критериев выделения и определения нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа, включая экономические; актуализация оценки сырьевой базы нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа с детализацией по видам, регионам; анализ технологического развития в РФ с дифференциацией по этапам жизненного цикла, месторождений и скоплений нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа; анализ рынка сервисных услуг в РФ, используемых при освоении нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа; актуализация анализа нормативно-правовой базы, регулирующей освоение нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа в России; детальный актуализированный анализ состояния реализации проектов по освоению нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа в РФ и ПАО «Газпром»; анализ результатов геолого-разведочных работ на ЛУ ПАО «Газпром» и ДО

на нетрадиционные и трудноизвлекаемые ресурсы газа; идентификация, анализ и характеристика рисков реализации проектов; обоснование с учетом рисков и ранжирования по перспективности, последовательности проведения работ по поиску, разведке и освоению нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа и формирование критериев принятия управленческих решений по развитию проектов. Результат работы – отчет о НИР Разработка критериев выделения и определения нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа. Формирование критериев принятия управленческих решений по развитию проектов по освоению нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти при планировании, организации и контроле мероприятий по освоению трудноизвлекаемых и нетрадиционных ресурсов газа в РФ.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123060500109-7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЕЭМУЛЬСАЦИИ И УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ

Стартап проект «Разработка технологии деэмульсации и увеличения нефтеотдачи пласта при добыче трудноизвлекаемой нефти» предназначен для поиска инвесторов с целью совместного открытия научно-производственного центра по внедрению технологии волнового воздействия с целью увеличения нефтеотдачи пласта на трудноизвлекаемых месторождениях. Предлагаемая технология использования ультразвукового воздействия на пласт, позволит очистить призабойную зону пласта и в целом

увеличить проницаемость, повысить давление, снизить вязкость нефти и обводненность. В процессах добычи нефти и газа на трудноизвлекаемых месторождениях возникает ряд проблем, такие как, снижение давления, снижения проницаемости, обводненность, повышение вязкости. Для того чтобы найти оптимальное решение этих проблем, необходимо разработать технологию искусственного воздействия на призабойную зону пласта для увеличения нефтеотдачи на трудноизвлекаемых месторождениях.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «НЕФТЕГАЗОВЫЕ ИННОВАЦИИ»

2023

№ 123101600277-2

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ НЕДР

В рамках стратегического проекта «Цифровые технологии освоения недр» ведется работа по следующим основным направлениям: разработка отечественной интеллектуальной системы управления траекторией ствола скважин при разработке трудноизвлекаемых запасов углеводородов; разработка отечественного программного продукта для динамического моделирования процессов добычи, сбора, транспортировки и подготовки углеводородов «Цифровой двойник»; разработка цифровой мультифункциональной интегрированной платформы «Виртуальные исследования скважин и пластов»; разработка технологии повышения безопасности и эффективности подземной разработки

месторождений твердых полезных ископаемых за счет комплексного анализа и мониторинга геомеханического и геофизического состояния недр; разработка цифровой платформы горнодобывающего предприятия, обеспечивающей безопасность и снижение финансовых затрат на технологический процесс добычи полезных ископаемых подземным способом. Направления исследований и полученные результаты позволяют решать широкий спектр задач, что в полной мере соответствует концепциям цифровизации добывающей отрасли, импортозамещению и импортоопережению с целью обеспечения суверенитета России.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123112400131-5

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ИННОВАЦИОННЫХ НЕФТЕРАСТВОРИМЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ МЕТОДОМ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ГОРЕНИЯ: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СТРУКТУРОЙ ЛИГАНДА И РЕАКЦИЯМИ ОКИСЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

В данном исследовании рассматривается разработка эффективных нефтерастворимых катализаторов для поддержки процесса внутрипластового горения (ВПГ) в высоковязких нефтях. Эти катализаторы увеличивают скорость окисления нефти, снижают энергию активации реакций и стабилизируют фронт горения. Проект фокусируется на изучении влияния структуры лигандов и металлов в катализаторах на процесс ВПГ. Цель исследования является выявлением основных факторов влияния катализаторов

на основе растительных масел на процесс ВПГ и окисление высоковязких нефтей с использованием физико-химического анализа и вычислительных методов. Проект стремится создать экономически и экологически эффективные системы для увеличения нефтеотдачи в труднодоступных месторождениях. Результаты исследования могут способствовать увеличению коэффициента извлечения нефти из высоковязких нефтей, что имеет большое значение для регионов с такими месторождениями.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062300005-8

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БИОСУРФАКТАНТОВ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ПОТЕНЦИАЛА В КАЧЕСТВЕ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ДОБЫЧИ НЕФТЕЙ

Проект направлен на разработку дешевой биотехнологии по изготовлению биосурфактантов из органических отходов. Применение биосурфактантов ограничено стоимостью, снижение которой возможно благодаря использованию в качестве сырья органических отходов (одновременная утилизация которых также является одним из преимуществ проекта). Из отходов будут выделены наиболее эффективные микроорганизмы, способные к производству биосурфактантов с наибольшим выходом, и сырье, позволяющее использовать его в качестве питательной среды для роста микроорганизмов. Для каждого типа сырья будут подобраны оптимальные методики наращивания, выделения и очистки биосурфактантов. Полученные биосурфактанты будут оцениваться с точки зрения эффективности для

применения в области нефтедобычи – в качестве биоПАВ для усиления третичной добычи нефти. Будет проведена оценка возможности применения полученных биосурфактантов для биоремедиации нефтяного загрязнения в местах аварийных разливов углеводородов. Будут проанализированы механизмы воздействия биосурфактантов на систему пор кернов нефтесодержащих коллекторов в процессе усиления нефтедобычи, и оценено воздействие биосурфактантов на нефтезагрязненные почвы. Работа представляет актуальность ввиду повышения спроса на энергосберегающие технологии получения средне- и малотоннажной химии, а также необходимостью извлечения нефти, относящейся к категории трудноизвлекаемых запасов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123101900005-8

РАЗВИТИЕ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В КЕРНЕ ПРИ ПОМОЩИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на развитие исследовательских методик, алгоритмов и программного обеспечения для использования синхротронного излучения (СИ) на станциях нового поколения СКИФ с целью решения актуальных задач в области определения микроструктуры керна и физико-химических процессов на микромасштабе. Современные методы томографической съемки с использованием СИ

позволят более детально изучать процессы породах на микроуровне и валидировать математические модели, например, многофазное течение в пористой среде. Это позволит повысить точность прогнозных моделей разработки месторождений углеводородов, что будет особенно актуально для эффективной разработки трудноизвлекаемых запасов из нетрадиционных коллекторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

1.3 ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ БУРЕНИЕМ, СБОРА СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЕЕ ОБРАБОТКИ2021

№ 121111900205-3

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН, ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И АВАРИЙ ПРИ БУРЕНИИ И КРЕПЛЕНИИ СКВАЖИН

При выполнении работы проводятся следующие исследования: систематизация исходной информации для оценки соответствия проектных и фактических технико-технологических решений фактическим геолого-технологическим условиям проводки скважин; анализ соответствия фактических долотных программ проектным решениям; анализ соответствия применявшихся буровых растворов и программ промывки скважин проектным решениям; анализ соответствия программ крепления скважин

и гидравлических программ цементирования проектным решениям; систематизация исходной информации для исследования причин осложнений, инцидентов и аварий в процессе проводки скважин; анализ причин возникновения поглощений, газонефтеводопроявлений, осипей и обвалов, сужений ствола скважин, прихватов в процессе проводки скважин; разработка предложений и рекомендаций по предотвращению осложнений, инцидентов и аварий в процессе проводки скважин; проведение систематизации

исходной информации о ходе строительства скважин для оценки показателей его качества; анализ показателей качества крепления скважин; разработка предложений и рекомендаций по улучшению показателей качества строительства скважин ПАО «Газпром». Результаты работы – отчет о НИР «Технико-технологический анализ показателей проводки скважин в первом квартале 2021 года и разработка рекомендаций по их совершенствованию»; отчет о НИР «Технико-технологический анализ показателей проводки скважин во втором квартале 2021 года и разработка рекомендаций по их совершенствованию»; отчет о НИР «Технико-технологический анализ показателей проводки

скважин в третьем квартале 2021 года и разработка рекомендаций по их совершенствованию»; отчет о НИР «Технико-технологический анализ показателей проводки скважин в четвертом квартале 2021 года и разработка рекомендаций по их совершенствованию». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по принятию решений и управлению эффективностью проектирования и качеством строительства скважин.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ АААА-А21-121011390015-2

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Химические реагенты для нефтегазовой промышленности – специальные вещества (смеси веществ), которые используются для воздействия на те или иные свойства нефти/нефтепродуктов/газов при их добыче, транспортировке и процессе переработки. В основном это индивидуальные водорастворимые коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ) разных классов, иногда с добавлением растворителей и электролитов. Химические реагенты и добавки используются на каждом этапе производства: бурении скважин, добычи нефти, транспортировки сырья

на перерабатывающие предприятия. В целом применение химических реагентов с начальных стадий разработки повышает эффективность нефтеотдачи больше чем на 15%. Химические реагенты необходимы для уменьшения вязкости жидкости, повышения эффективности продуктивных пластов, растворения отложившихся в скважинах солей, парафинов, продуктов коррозии. Для добычи черного золота применяются деэмульгаторы, обессоливатели, ингибиторы коррозии, солеотложений и гидратообразования, а также бактерициды и депрессорные присадки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121110800211-8

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПО УСТЬЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ И ОЦЕНКА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПЛОТНОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА С УЧЕТОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ВО ВРЕМЯ БУРЕНИЯ

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка программы стендовых исследований депрессии-репрессии и восстановления гидростатического давления при имитации спускоподъемных операций в скважине; анализ и обобщение полученных результатов с целью выделения общих закономерностей и характерных интервалов, позволяющих диагностировать процессы, происходящие в скважине и контролировать восстановление давления при технологических операциях; разработка метода определения пластового давления по устьевой информации и оценки эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора с учетом развития гидродинамических явлений.

Результат работы – отчет о НИР «Метод определения пластового давления по устьевой информации и оценка эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора с учетом гидродинамических нагрузок при проведении технологических операций во время бурения скважин». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по исследованиям гидродинамических явлений в стволе скважины при проведении технологических операций.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121021500096-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ПРИ ВСКРЫТИИ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ, НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Повышение эффективности добычи углеводородов напрямую зависит от корректного выбора технологии первичного вскрытия продуктивного пласта в данных условиях (на репрессии, равновесии или депрессии), параметров и свойств промывочной жидкости. Правильно подобранный буровой раствор позволит снизить вероятность возникновения осложнений и аварий, увеличить скорость бурения и сократить время на строительство скважины в целом. В настоящее время протяженность скважин по стволу постоянно увеличивается, если еще десять лет назад длина горизонтального участка скважины в среднем была 1-2 км, то в последние годы бурятся скважины с отходом 5 и более километров, в том числе и в продуктивном пласте. Помимо этого, все чаще пласты - коллекторы сопряжены с зонами аномально высоких пластовых давлений и температур.

В связи с этим более остро стоит вопрос обоснования и выбора составов буровых растворов повышенной плотности, способствующих повышению качества вскрытия и проходки по продуктивному пласту. Для этого необходимо использовать такие буровые растворы, которые не будут вступать в реакцию с разбуриваемыми горными породами и создавать минимальный скин-эффект. Как известно, вскрытие продуктивного пласта раствором на водной основе приводит к его загрязнению и снижению дебитов нефти. В основном загрязнение обусловлено проникновением в поровое пространство частиц твердой фазы и фильтрата раствора. Существует два противоположных мнения ученых о том, какие утяжелители лучше применять для утяжеления раствора. По мнению одних целесообразно использовать в качестве утяжеляющих материалов измельченные

карбонатные реагенты. Другие считают, что из-за низкой утяжеляющей способности этих материалов их расходуется очень большое количество, и требуются большие объемы химических реагентов. По их мнению, более целесообразно и при небольших требуемых плотностях утяжеленного раствора вводить малое количество высокосортного баритового утяжелителя, чем использовать низкосортные низкой плотности материалы в большом количестве. Для решения данной проблемы необходимо провести исследования в данном направлении. Твердая фаза, добавляемая в буровой раствор, помимо утяжеляющей функции, также в большинстве случаев, является и колюматрирующей

добавкой снижающей проницаемость и пористость горных пород. В большинстве работ, посвященных изучению влияния утяжелителей-колюматантов основной акцент сделан на изменение показателя фильтрации бурового раствора. В данном исследовании планируется помимо определения фильтрационных характеристик растворов изучить реологические параметры и степень влияния на них утяжеляющих и колюматрирующих добавок. Исследование направлено на решение проблемы повышения эффективности добычи углеводородного сырья за счет предотвращения негативных последствий вскрытия продуктивного пласта буровым раствором.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122070700085-2

РАЗРАБОТКА ПОРЯДКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО УСТЬЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПЛОТНОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка требований к техническим средствам и оборудованию для замеров устьевого давления в стволе скважины; разработка мероприятий и порядка по подготовке и проведению замеров изменения давления на устье скважины при проведении технологических операций; разработка метода интерпретации кривых изменения устьевых давлений и определение пластовых давлений по устьевой информации; разработка метода оценки релаксационных (вязкоупругих) свойств бурового раствора; разработка мероприятий по недопущению развития неблагоприятных гидродинамических явлений в стволе скважины; разработка

требований по охране труда и промышленной безопасности при проведении работ. Результат работы – Технологический регламент определения пластового давления и контроля гидродинамических процессов по устьевой информации для оценки эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора при бурении скважин. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по определению пластового давления на основе устьевой информации.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122020200104-0

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В процессе работы проводятся следующие исследования: определение участков Чаяндинского НГКМ для оценки потенциала изменения типовой конструкции скважин; обоснование применения облегченной конструкции скважин на хамакинском горизонте; обоснование выбора скважин для проведения ОПР по строительству скважин по конструкции «Fishbone»; оценка эффективности возможного увеличения длины горизонтального участка проектных скважин талахского и хамакинского горизонтов Чаяндинского НГКМ; оценка эффективности бурения высокотехнологических скважин на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского

НГКМ; оценка технических решений по предлагаемым конструкциям ООО «Газпромнефть-Заполярье» с расчетом технологических показателей работы скважин. Результат работы – отчет о НИР «Предложения по оптимизации конструкции проектных скважин месторождения». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по проектированию разработки и обустройства Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122051100071-0

РАЗРАБОТКА АЛЬБОМА КОНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН АСТРАХАНСКОГО ГКМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН В ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, АНАЛОГИЧНЫХ АСТРАХАНСКОМУ ГКМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ особенностей состава добываемой продукции на Астраханском ГКМ, термобарических условий месторождения, условий бурения и эксплуатации скважин, потенциально влияющих на выбор обсадных и лифтовых труб; комплексный анализ отечественного и зарубежного опыта строительства скважин в горно-геологических условиях, аналогичных Астраханского ГКМ; анализ технико-технологических решений по строительству скважин, включая анализ применяемых конструкций скважин с учетом требований Проекта разработки Астраханского ГКМ к пространственному профилированию

ствола; обоснование применения оптимальных вариантов конструкций эксплуатационных скважин Астраханского ГКМ; разработка альбома конструкций эксплуатационных скважин Астраханского ГКМ. Результат работы – Альбом конструкций эксплуатационных скважин Астраханского ГКМ. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122060200072-8

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ (СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ, ГЕОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКОЙ, ТЕРМОТОМОГРАФИЧЕСКОЙ) МОДЕЛИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА АСТРАХАНСКОГО СВОДА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ И ПОДГОТОВКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЛИЦЕНЗИРОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ В ПРЕДЕЛАХ КУМО-МАНЫЧСКОГО ПРОГИБА

При выполнении работы проводятся следующие исследования: обоснование ведущих факторов и механизма формирования геофлюидодинамической неоднородности, реконструкция на этой основе поля пластовых давлений в подсолевом этаже Астраханского свода; реконструкция поля пластовых давлений в подсолевом комплексе Астраханского свода (с посткунгурского времени) и прогноз пластовых давлений на глубинах, неохваченных бурением; анализ и переинтерпретация каркасов региональных профилей МОГТ и материалов гравимагниторазведки с учетом результатов бурения скважин, супервизия результатов; оценка генерационного потенциала и определение размеров будущих лицензионных участков; обоснование цены приобретения участков на аукционах, а также геолого-экономическое

обоснование размеров и стоимости будущих объектов лицензирования; подготовка предложения по включению новых объектов в программы лицензирования по субъектам Федерации Приволжского и Южного федеральных округов в пределах нераспределенного фонда недр. Результат работы - Геофлюидодинамическая модель перспективных объектов подсолевого комплекса Астраханского свода и подготовка предложений по лицензированию объектов в пределах Кумо-Маньчского прогиба. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании геологоразведочных работ в пределах Предкавказско-Прикаспийского региона.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122072500076-6

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: анализ существующей практики и методов выбора конструкции скважины для газовых и газоконденсатных месторождений; разработка требований и критериев выбора оптимальных конструкций скважин; разработка математической модели и алгоритма выбора оптимальной конструкции скважины для газовых и газоконденсатных месторождений. Результаты работы – отчет о НИР

«Математическая модель и критерии выбора оптимальной конструкции при строительстве скважин». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по проектированию и строительству скважин на месторождениях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122053100080-6

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БУФЕРНЫХ И ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА СЕНОМАНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ КРУЗЕНШТЕРНСКОГО ГКМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ применения буферных материалов и технологий их применения при цементировании скважин в условиях месторождений с аналогичными горно-геологическими условиями; анализ применения тампонажных материалов и технологий их применения при цементировании скважин в условиях месторождений с аналогичными горно-геологическими условиями; анализ данных геофизических исследований обсадных колонн, зацементированных в условиях месторождений с аналогичными горно-геологическими условиями; разработка предложений к составам и технологическим характеристикам буферных и

тампонажных материалов. Результат работы – отчет о НИР «Технико-технологические решения по использованию буферных и тампонажных материалов для крепления эксплуатационных скважин на сеноманские отложения Крузенштернского ГКМ». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123080400056-3

СОЗДАНИЕ ОХРАНОСПОСОБНОГО ОБЪЕКТА ПАТЕНТНЫХ ПРАВ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПОСОБ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В процессе работы проводятся следующие исследования: создание заявки на изобретение «Тампонажная смесь для низкотемпературных скважин». Результат работы – Изобретение «Тампонажная смесь для низкотемпературных скважин». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой

корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

2022

№ 122060900044-8

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: обоснование выделения эксплуатационных объектов; обоснование вариантов разработки; прогнозный расчет вариантов освоения и технологических показателей разработки за весь период разработки месторождения (с поквартальной разбивкой на первые 5 лет эксплуатации); разработка основных технических решений по освоению Ковыктинского ГKM; разработка рекомендаций, направленных на повышение эффективности освоения месторождения и минимизацию рисков реализации рекомендуемого варианта освоения; прогноз объемов добычи углеводородов и попутных компонентов; прогноз объемов добычи пластовой воды; разработка мероприятий по реализации рекомендуемого варианта, включающие ввод и реконструкцию производственных мощностей; пространственное профилирование стволов скважин; разработка рекомендаций по конструкции и креплению скважин; разработка требований к технологии бурения скважин и буровым растворам; подготовка перечня рекомендаций к программе геофизических и геолого-технологических исследований в процессе бурения скважин; обоснование методов вскрытия продуктивных пластов; обоснование способов и режимов эксплуатации скважин и применяемого внутрискважинного оборудования; подготовка перечня мероприятий по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин; разработка требований и рекомендаций по системе сбора, промысловой подготовки и внутрипромысловому транспорту газа и конденсата; анализ возможных осложнений при эксплуатации системы газосбора и разработка перечня

мероприятий по борьбе с ними; разработка решений по компримированию газа, расчет оптимальных режимов компримирования; расчет потребности в электроэнергии при подготовке товарной продукции; расчет материального баланса системы подготовки, отражающей объема выхода товарной продукции, безвозвратной потери метанола, потребления газа на собственные нужды; расчет капитальных вложений по годам в разрезе объемов обустройства; расчет эксплуатационных затрат в динамике по годам разработки в разрезе элементов затрат; расчет капитальных затрат в динамике в расширение магистрального газопровода «Сила Сибири» и Амурского ГПЗ по рекомендуемому варианту действующего проектного документа с указанием технологических параметров; расчет текущих затрат в динамике в расширение магистрального газопровода «Сила Сибири» и Амурского ГПЗ по рекомендуемому варианту действующего проектного документа; расчет технико-экономических показателей вариантов разработки; обоснование выбора рекомендуемого варианта на основе сравнительного анализа эффективности и рисков. Результат работы – Технико-экономическая оценка варианта освоения и основные технические решения по разработке Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Результат работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки Ковыктинского месторождения углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122072500021-6

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВЫБОРА СПОСОБОВ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: анализ существующих методик и практики заканчивания скважин; требования к программному комплексу для выбора способов заканчивания скважин, включая систему хранения информации в виде Базы данных «Способы заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений»; требования к структуре БД и формам представления выходных параметров; требования по интеграции БД «Способы заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений» с существующими геолого-технологическими моделями; алгоритм и методика формирования массивов исходных данных для БД «Способы заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений»; техническое задание на создание программного комплекса и БД для выбора

способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; технико-экономическая оценка разработки программного комплекса выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; программа и методика выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений. Результаты работы – отчет о НИР «Технико-технологические требования к программному комплексу для выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по проектированию и строительству скважин на месторождениях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122072500050-6

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: анализ существующих математических моделей заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; требования и критерии выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; математическая модель заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений;

Результаты работы – отчет о НИР «Математическая модель заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по проектированию и

строительству скважин на месторождениях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122060100074-3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПРИТОКА В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МИКРОБИОМНОГО АНАЛИЗА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДАМИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПРИТОКА В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ МИКРОБИОМНОГО АНАЛИЗА НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Проект направлен на поиск и развитие методов секвенирования ДНК нового поколения в применении к исследованиям нефтегазовых месторождений. Разрабатываемая технология позволит проводить операции по определению профиля притока, не влияя на процесс эксплуатации скважины. Сбор образцов выбуренной породы происходит в процессе бурения скважины, что освобождает от необходимости использовать специальные каротажные приборы на этапах эксплуатации скважины. Инновационность подхода заключается в том, что технология

основана на использовании данных микробиома пластов. В рамках создания технологии определяются характерные бактериальные представители каждого исследуемого участка пласта, а также флюидов. В качестве инструментов анализа используются биоинформатические и статистические программы, которые определяют кластеризацию бактериальных сообществ образцов нефти и выбуренной породы. Разрабатываемая технология будет использоваться как нефтесервисная услуга компаниями нефтегазовой отрасли.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОНОМ»

№ 122072100024-1

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО КРЕПЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН АСТРАХАНСКОГО ГКМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ ежегодно реализуемой программы внедрения опытно-промышленных мероприятий по повышению качества крепления эксплуатационных скважин Астраханского ГКМ; анализ применяемых при строительстве эксплуатационных скважин тампонажных материалов, химических реагентов, жидкостей затворения и буферных жидкостей; анализ геолого-технических условий крепления скважин; разработка требований к составам и технологическим характеристикам тампонажных растворов, буферных жидкостей, к технологии цементирования обсадных колонн; разработка мероприятий

по предупреждению возникновения межколонных давлений и межпластовых перетоков. Результат работы – Технологический регламент крепления эксплуатационных скважин Астраханского ГКМ. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122071100001-5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА СЕНОМАНСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ КРУЗЕНШТЕРНСКОГО ГКМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ инженерно- геологических характеристик условий бурения и крепления скважин в условиях Крузенштернского ГКМ; анализ осложнений, инцидентов и аварий при строительстве и эксплуатации скважин на месторождениях с аналогичными горно-геологическими условиями; корректировка компонентных составов буферных и тампонажных материалов для условий Крузенштернского ГКМ; лабораторные исследования буферных и тампонажных материалов для условий Крузенштернского ГКМ с определением их технологических свойств растворов и физико-механических параметров тампонажных камней; разработка методов управления технологическими

свойствами буферных растворов и тампонажных растворов-камней для условий Крузенштернского ГКМ; разработка предложений к технологии цементирования обсадных колонн в условиях Крузенштернского ГКМ. Результат работы – Технологический регламент крепления эксплуатационных скважин на сеноманские отложения Крузенштернского ГКМ. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122072000080-8

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ГЛУШЕНИЮ И ОСВОЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН АСТРАХАНСКОГО ГКМ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ методов и технологий освоения эксплуатационных скважин; анализ опыта освоения скважин Астраханского ГКМ с горизонтальным окончанием ствола; анализ отечественного и зарубежного опыта проведения технологий

интенсификаций притока на скважинах различного профиля; анализ опыта применения технологических жидкостей для глушения скважин в условиях агрессивных сред и высоких температур; разработка технико-технологических решений по освоению и глушению эксплуатационных скважин

Астраханского ГКМ. Результат работы – Технологический регламент по освоению, глушению эксплуатационных скважин Астраханского ГКМ. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром»

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122111600038-9

РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Химические реагенты для нефтегазовой промышленности – специальные вещества (смеси веществ), которые используются для воздействия на те или иные свойства нефти/нефтепродуктов/газов при их добыче, транспортировке и процессе переработки. В основном это индивидуальные вододисперсионные коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ) разных классов, иногда с добавлением

в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

растворителей и электролитов. Химические реагенты и добавки используются на каждом этапе производства: бурении скважин, добычи нефти, транспортировки сырья, при переработке сырья. Химические реагенты необходимы для улучшения физико-химических и эксплуатационных свойств нефтепродуктов. Для этих целей используются химические реагенты-присадки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122072500009-4

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПХГ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: программный комплекс для выбора конструкций скважин газовых и газоконденсатных месторождений и ПХГ; программа и методика лабораторного тестирования программного комплекса для выбора конструкций скважин газовых и газоконденсатных месторождений и ПХГ; программа и методика приемосдаточных испытаний программного комплекса для выбора конструкций скважин газовых и газоконденсатных месторождений и ПХГ; приемосдаточные испытания программного комплекса для выбора конструкций скважин газовых и газоконденсатных месторождений и ПХГ; комплект

технической документации программного комплекса для выбора конструкций скважин газовых и газоконденсатных месторождений и ПХГ; Результаты работы – Программный комплекс для выбора конструкции скважин газовых и газоконденсатных месторождений и ПХГ. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по проектированию и строительству скважин на месторождениях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123080400042-6

СОЗДАНИЕ ОХРАНОСПОСОБНОГО ОБЪЕКТА ПАТЕНТНЫХ ПРАВ ПО КРЕПЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

В процессе работы проводятся следующие исследования: создание заявки на изобретение «Способ устранения заклонных перетоков и грифонов при цементировании направлений в условиях распространения многолетнемерзлых пород»; создание заявки на изобретение «Поризованный расширяющийся тампонажный материал». Результат работы – Изобретение «Способ устранения заклонных перетоков и грифонов при цементировании направлений в условиях распространения многолетнемерзлых пород». Изобретение

«Поризованный расширяющийся тампонажный материал». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования и строительства скважин ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123061300074-7

СОПРОВОЖДЕНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПО МАКСИМИЗАЦИИ ПРОХОДКИ ПО КОЛЛЕКТОРУ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: расчет и сопоставление дебитов скважин и накопленной добычи с проектной проводкой скважин на принятой в рамках текущего проектного документа гидродинамической модели и с предложенной проводкой горизонтального ствола скважины; анализ необходимости корректировки проводки ствола проектных скважин; оценка экономической эффективности мероприятий по изменению проводки горизонтального ствола скважины; обобщение результатов выполненных работ по сопровождению строительства новых эксплуатационных скважин, в том числе: заключений по вопросам интерпретации ГИС, ГТИ,

геолого-технологических параметров бурения и геолого-геофизического сопровождения строительства скважин, результатов интерпретации ГИС открытого ствола, программы ГДИ, ПГИ, ГКИ скважин, результатов ГДИ и при необходимости переинтерпретации результатов ГДИ, результатов ГКИ, интерпретации и заключений по ПГИ скважин, построения геологических разрезов вдоль проектных и фактических профилей скважин; построение структурных карт по кровле пласта с нанесенными проектными и фактическими профилями скважин; корреляции разрезов по соседним скважинам (разведочные, эксплуатационные и пилотные стволы). Результат работы – отчет о НИР «Комплексная

оценка результатов работ по максимизации проходки для обоснования технико-технологических решений по эксплуатационному бурению скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения». Результат работы предназначен для использования Департаментом,

отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по разработке Ковыктинского ГКМ и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

2023

№ 123042400014-1

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН, ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА, ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА И ОСВОЕНИЮ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: комплексный анализ отечественного и зарубежного опыта разработки метаноугольных месторождений, в том числе строительства скважин для добычи метана из угольных пластов, включая опыт применения различных способов бурения, применяемых конструкций скважин, технико-технологических решений по заканчиванию и добыче пластового флюида; анализ опыта строительства ООО «Газпром добыча Кузнецк» демонстрационных систем скважин с оценкой эффективности данных работ; оценка эффективности добычи пластового флюида из вертикальных, горизонтальных и многозабойных скважин на метаноугольных площадях с учетом горно-геологических условий, включающих: литолого-стратиграфическую характеристику разреза, физико-механические свойства горных пород по разрезу, газоносность, водоносность, градиенты давлений; разработка предложений и рекомендаций по улучшению технико-экономических показателей строительства и эксплуатации скважин на основе передового мирового опыта, в том числе применения технологий ударно-вращательного бурения; разработка рекомендаций по основным техническим решениям строительства скважин и методам повышения газоотдачи с учетом горно-геологических

условий; рассмотрение вариантности конструкций скважин с учетом систем разработки метаноугольных месторождений Кузбасса с различными фильтрационно-емкостными свойствами; разработка предложений по типовым геолого-технологическим мероприятиям (ГТМ) по интенсификации притока метана из угольных пластов на Нарыкско-Осташкинском и Талдинском месторождениях; разработка рекомендаций к техническим средствам проводки скважин; оценка степени автоматизации процесса освоения; укрупненный сметный расчет на строительство скважин, технико-экономическое сравнение строительства скважин по предложенным конструкциям. Результат работы - отчет о НИР «Рекомендации по совершенствованию конструкций скважин, технологий строительства, ремонта, интенсификации притока и освоению». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования, строительства, ремонта и эксплуатации скважин в сложных геолого-технических условиях метаноугольных месторождений.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123102700026-2

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕМОНТА, ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА И ОСВОЕНИЯ МЕТАНОУГОЛЬНЫХ СКВАЖИН

При выполнении работы проводятся следующие исследования: сопровождение выполняемых работ по ремонту, строительству, интенсификации притока и освоению метаноугольных скважин; оперативный расчет технологических режимов освоения скважин с применением цифровых гидродинамических моделей; научно-техническое сопровождение реализуемых ГТМ на фонде разведочных скважин Нарыкско-Осташкинского месторождения; оперативная корректировка технических решений по строительству скважин в процессе выполнения работ; формирование подходов к созданию цифрового двойника скважины; непосредственный контроль работ на месторождении. Результат работы - отчет о

НИР «Результаты научно-технического сопровождения промысловых испытаний технико-технологических решений строительства, ремонта, интенсификации притока и освоения метаноугольных скважин». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по управлению эффективностью и качеством проектирования, строительства, ремонта и эксплуатации скважин в сложных геолого-технических условиях метаноугольных месторождений.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123050300054-3

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИН, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ИХ МАКСИМАЛЬНУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: разработка требований к автоматизированной системе для выбора конструкций скважин, обеспечивающих их максимальную производительность; разработка требования к пользовательскому интерфейсу; разработка требования к защите информации от несанкционированного доступа; разработка программы и методики тестирования автоматизированной системы для выбора конструкций

скважин, обеспечивающих их максимальную производительность; разработка программы и методики приемо-сдаточных испытаний автоматизированной системы для выбора конструкций скважин, обеспечивающих их максимальную производительность; проведение приемо-сдаточные испытания автоматизированной системы для выбора конструкций скважин, обеспечивающих их максимальную производительность; разработка комплект

технической документации автоматизированной системы для выбора конструкций скважин, обеспечивающих их максимальную производительность. Результаты работы – Автоматизированная система для выбора конструкций скважин, обеспечивающих их максимальную производительность. Результаты работы предназначены для

использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по строительству скважин на площадях, месторождениях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123062000020-4

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ И ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТИ ВО ВРЕМЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА НА РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ОТРАЖЕНИЯ СИГНАЛА, РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ АНАЛИЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ В СКВАЖИНЕ, ЕГО КАЛИБРОВКА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДАВЛЕНИЯ

Современный тренд на удешевление и упрощение операций на нефтегазовых скважинах хорошо известен. При этом задачи определения позиционирования оборудования или результатов работ на скважине требуют спуска оборудования для контроля. Это требует времени, влечет износ оборудования и часто является дорогой операцией. Нужно сказать, что регламент зачастую требует проведения таких работ по определению позиционирования и избежать

их нельзя. Разрабатываемый метод и программное обеспечение, созданное на его основе, позволяет на высокочастотной записи давления на поверхности, используя эффект гидроудара вычислять положение оборудования на забое скважины. Преимуществом этого альтернативного, традиционным метода может быть общее снижение времени на всю операцию, снижение износа оборудования и снижение финансовых затрат.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ СМАРТ АЛГОРИТМС

1.4 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ, СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕ- И ГАЗОДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ

2021

№ 121122300316-8

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫВАЮЩИХ ФОНДОМ СКВАЖИНА НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Цель проекта: создание отечественного программного и технического решения по управлению силовыми насосными установками различной номенклатуры и компоновки в нефтедобывающих скважинах с возможностью автономной работы. Проект направлен на: 1) сохранение конкурентоспособности РФ на международном рынке топливно-энергетического комплекса за счет создания высокоэффективного серийного производства станций управления нового поколения; 2) совершенствование технологий производства цифровой продукции для нефтегазовой отрасли, разработка передовых подходов к процессам бережливого производства. 3) обеспечение работы технологических систем в режиме реального времени, обработка больших объемов данных; 4) развитие исследовательской и технологической базы университетской среды, разработка новых и качественно усовершенствованных образовательных программ и профессиональная подготовка специалистов в области эффективного управления производством и испытаниями станций управления перед внедрением на производстве; 5) формирование для предприятия единой интегрированной методологической, информационной, технологической и технической среды обеспечения автоматизации процессов управления; централизация и унификация процессов управления новыми технологическими участками в

соответствии с отраслевыми стандартам; стандартизация и унификация процессов сбора и анализа информации на основе единых методологических подходов и выработка наилучших отраслевых решений; 6) создание и внедрение цифровых двойников производственных процессов в сфере добычи углеводородов в рамках реализации исследовательских программ и проектов по перспективным научным направлениям Пермского НОЦ «Рациональное недропользование». Научной задачей проекта является исследование и разработка моделей киберфизической системы управления технологическим процессом добычи углеводородного сырья в энергосберегающем режиме на основе математического моделирования и предиктивной аналитики большого объема информации с удаленных технологических объектов и реализация решений в виде распределенных станций управления добывающим фондом скважин. В ходе выполнения комплексного проекта необходимо создать современное высокотехнологичное производство станций управления нового поколения, основой которого является высокотехнологичная распределенная автоматизированная система управления добывающим фондом нефтегазодобывающего общества, представляющая собой интегрированную информационно-аналитическую, технологическую и техническую среду управления процессами добычи углеводородного сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122070700062-3

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫВАЮЩИХ ФОНДОМ СКВАЖИНА НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Цель проекта: создание отечественного программного и технического решения по управлению силовыми насосными установками различной номенклатуры и компоновки в нефтедобывающих скважинах с возможностью автономной работы. Проект направлен на: 1) сохранение конкурентоспособности РФ на международном рынке топливно-энергетического комплекса за счет создания высокоэффективного серийного производства станций управления нового поколения; 2) совершенствование технологий производства цифровой продукции для нефтегазовой отрасли, разработка передовых подходов к процессам бережливого производства. 3) обеспечение работы технологических систем в режиме реального времени, обработка больших объемов данных; 4) развитие исследовательской и технологической базы университетской среды, разработка новых и качественно усовершенствованных образовательных программ и профессиональная подготовка специалистов в области эффективного управления производством и испытаниями станций управления перед внедрением на производстве; 5) формирование для предприятия единой интегрированной методологической, информационной, технологической и технической среды обеспечения автоматизации процессов управления; централизация и унификация процессов управления новыми технологическими участками в

соответствии с отраслевыми стандартами; стандартизация и унификация процессов сбора и анализа информации на основе единых методологических подходов и выработка наилучших отраслевых решений; 6) создание и внедрение цифровых двойников производственных процессов в сфере добычи углеводородов в рамках реализации исследовательских программ и проектов по перспективным научным направлениям Пермского НОЦ «Рациональное недропользование». Научной задачей проекта является исследование и разработка моделей киберфизической системы управления технологическим процессом добычи углеводородного сырья в энергосберегающем режиме на основе математического моделирования и предиктивной аналитики большого объема информации с удаленных технологических объектов и реализация решений в виде распределенных станций управления добывающим фондом скважин. В ходе выполнения комплексного проекта необходимо создать современное высокотехнологичное производство станций управления нового поколения, основой которого является высокотехнологичная распределенная автоматизированная система управления добывающим фондом нефтегазодобывающего общества, представляющая собой интегрированную информационно-аналитическую, технологическую и техническую среду управления процессами добычи углеводородного сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122041800114-8

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОЛГОСРОЧНОЙ СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОВИНЦИЙ СИБИРИ И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА, ДИВЕРСИФИКАЦИИ МИРОВЫХ РЫНКОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ, ГЛОБАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Большими вызовами для отечественной геологической и экономической наук являются глобальные изменения мировых сырьевых рынков энергоносителей. Усиливается конкуренция между ископаемыми и не ископаемыми источниками энергии (вытеснение углеводородов из топливно-энергетического баланса многих стран, связанное с решением экологических проблем), а также между странами, обладающими технологическими преимуществами разработки трудноизвлекаемых запасов углеводородов (замещение и препятствие росту российских поставок нефти и газа на Европейский и Азиатско-Тихоокеанский рынки). Поэтому на первом этапе будут выполнены исследования условий трансформации мирового рынка, оказывающие принципиальное влияние на сценарии освоения сырьевой базы углеводородов Сибири и Арктической зоны – главных центров прироста запасов в ближайшей и долгосрочной перспективе. Дальнейшее исследование особенностей структуры сырьевой базы этих территорий с применением геолого-экономических методов оценки, позволит определить сырьевые, технологические, инфраструктурные и инвестиционные потребности нефтегазовой отрасли для реализации стратегии эффективного освоения. Важной научной задачей станет совершенствование методического инструментария для разработки цифровых моделей. Будет сформирован прогноз прироста запасов и добычи углеводородов Сибири и Арктической зоны с учётом

возможности вовлечения трудноизвлекаемых запасов баженовской и тюменской свит Западной Сибири, карбонатных отложений, куонамской свиты, рефея и венда Восточной Сибири, осадочных бассейнов шельфа морей восточной Арктики. Детальная количественная и экономическая оценка природного потенциала позволит обосновать эффективное пространственное развитие территории Сибири и Арктической зоны, разработать схему размещения новой трубопроводной, портовой и перерабатывающей инфраструктуры. Отдельное внимание будет уделено прогнозу обеспечения внутренних потребностей в нефтепродуктах и газе регионов, удаленных от магистральной инфраструктуры, но испытывающих острую необходимость в энергообеспечении и газификации. Таким образом комплексный междисциплинарный подход позволит научно обосновать стратегию эффективного освоения нефтегазовых провинций Сибири и Арктической зоны России. Релевантность полученных результатов будет подтверждена оценкой мультипликативного влияния освоения этих территорий на инновационное развитие экономики регионов и страны в целом, выполнение международных обязательств и расширение присутствия на мировых энергетических рынках. Важным практическим результатом станут предложения органам государственной власти и недропользователям механизмов поддержки и стимулирования развития территорий Сибири и Арктической зоны России.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112400089-0

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Актуальность исследований обусловлена решением проблем импортозамещения, стоящих перед отечественной промышленностью, где огромную роль играет применение передовых технологий и разработка инноваций. Проводимые исследования объединяют совместными задачами науку, технику, производство, потребление, применение интеллектуальных ресурсов, создание высокотехнологичных производств, финансовую систему и приоритеты экономики. Фронтальные инженерные задачи в интересах высокотехнологичной нефтегазовой промышленности с обеспечением импортозамещения: 1. Создание новых материалов для сложных климатических условий зон Крайнего севера и Арктики (комплекс материалов и технологий рентабельной добычи). Разработка групп мероприятий для создания технологического суверенитета, замещение хладостойких сталей, в том числе нержавеющей с применением композиционных материалов. 2. Создание решений фронтальных задач (передовые цифровые и производственные технологии, новые материалы) в области развития строительной инфраструктуры в районах многолетних мерзлых грунтов, в том числе с применением композиционных материалов. 3. Проработка новой нормативной технической документации для внедрения и применения разработанных продуктов и решений. 4. Развитие кросс-отраслевого применения материалов в рамках решения задач по импортозамещению. 5. Разработка интеллектуальных систем предиктивной аналитики разрушения оборудования, работающего на объектах нефтегазовой инфраструктуры в экстремальных регионах. 6. Создание технологий, конструкций и материалов для обустройства нефтегазовой инфраструктуры в районах многолетних мерзлых грунтов. 7. Создание современных цифровых моделей эксплуатационных процессов (коррозионных, металлургических, трибологических и так далее) для оценки применимости материалов в рамках фронтальных задач. 8. Разработка и испытания перспективных импортозамещающих материалов для очистки и осушки газов. В проекте будут разработаны новые перспективные подходы к созданию полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе позволяющие оценить их применимость в нефтегазовой отрасли, оценить текущее качество отечественной продукции из композиционных материалов; сформировать базу данных о поведении композиционных материалов в различных агрессивных воздействиях (коррозия, низкие температуры, эрозионное воздействие); ускорить процедуру исследований и выбрать минимальный и достаточный объем испытаний; регламентировать / сформировать процедуру механических испытаний. Большинство новых месторождений газа (93%) и нефти (70%) располагаются на Крайнем Севере и в зоне многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Обустройство месторождений отличается высокими капитальными (CAPEX),

операционными затратами (ОРЕХ) и высокой совокупной стоимостью владения (ТСО). Отрасли требуются легкие, коррозионностойкие решения из ПКМ, но на данный момент минимальный опыт эксплуатации и отсутствие экспериментальной базы ограничивает применение изделий из ПКМ. Разработка методик в проекте позволит оценить стойкость композиционных материалов в широком диапазоне температур, давлений и агрессивных сред (растворы солей, газонасыщение сероводородом, углекислым газом и проч.) Результаты, которые будут получены при испытании материалов, позволят составить объемную испытательную базу и могут быть применимы в других технических отраслях. Выполненный комплекс исследований по методикам позволит сформировать систему стандартизации для нефтегазовых компаний, объединяющую в себе информацию из отечественных и зарубежных стандартов, дополненную практическими данными лабораторных испытаний.

Результаты проекта:

1.1 Разработана методика испытаний ПКМ, включающая в себя комплексное исследование материалов, состоящее из автоклавных испытаний, климатических испытаний, оценки механических воздействий на композиты, а также исследований в агрессивных средах, имитирующих эксплуатационное воздействие и гидроабразивных испытаний.

1.2 Разработаны новые расчетно-экспериментальные методики создания высокоэффективных ПКМ.

1.3 Разработаны подходы к оценке циклической прочности композиционных конструкций сложной формы, в том числе для исследования механического поведения крупногабаритных изделий из ПКМ.

1.4 Созданы опытные образцы конструкций (композитные сваи, модульное оборудование, трубопроводы, запорная арматура, крепежи для элементов, емкости под давлением) для обустройства нефтегазового месторождения на Крайнем Севере.

1.5 Методика утилизации и переработки полимерных ПКМ.

2.1 Проведен анализ ПКМ и анализ их преимуществ по отношению к металлическим материалам; проведен анализ химически стойких и огнестойких покрытий. Проведен анализ работоспособности конструкций из ПКМ в условиях Крайнего Севера (работоспособность при экстремально отрицательных температурах, переходах через 0 градусов и влагопоглощения). Выполнен патентный поиск национальных и зарубежных технологий создания конструкций из ПКМ; предложен ряд предпроектных проектов строительных конструкций из ПКМ (п. 1.4). Проанализированы международный и национальный рынки в части производителей элементов строительных конструкций из полимерных композиционных материалов, а также исходных компонентов ПКМ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

2023

№ 123111500027-3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОНДЕНСАТА В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При проектировании разработки газоконденсатных залежей закладываются PVT свойства пластового флюида, которые определяются по результатам проведения комплексных исследований на стадии опытно-промышленной разработки месторождения. Проявление различных факторов на поведение газоконденсатных систем, таких как величина пластового давления, неравномерность ввода залежи в разработку, изменчивость свойств по площади и разрезу,

неизотропность фильтрационных процессов в призабойной зоне пласта, влияние остаточной нефтенасыщенности и нефтяной оторочки, наличие конденсационной и пластовых вод, в явном виде отмечается уже в ходе полноценного ввода месторождения в разработку. Корректировка PVT свойств в данном случае имеет одну из первостепенных целей, так как прогнозируемые коэффициенты извлечения будут влиять на рассматриваемые программы ГТМ, направленные

на повышение извлечения конденсата, а также на оценку технологической эффективности, связанную с подготовкой и транспортом добываемой смеси.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123050300055-0

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫБОРА СПОСОБА ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: разработка программного комплекса для выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; разработка программы и методики лабораторного тестирования программного комплекса для выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; разработка программы и методики приемо-сдаточных испытаний программного комплекса для выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений; проведение приемо-сдаточных испытаний программного комплекса для выбора способов заканчивания скважин

газовых и газоконденсатных месторождений; разработка комплекса технической документации к программному комплексу для выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений. Результаты работы – Программный комплекс для выбора способов заканчивания скважин газовых и газоконденсатных месторождений. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по строительству скважин на площадях, месторождениях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123051500092-0

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

В настоящее время углеводороды играют одну из ключевых ролей в энергетике. Одним из вызовов для нефтегазодобывающей промышленности является ухудшение коллекторских свойств пласта, приводящее к повышению стоимости добычи. В частности, уже сейчас две трети запасов на территории Российской Федерации приходится на трудноизвлекаемую нефть. По оценкам агентства энергетической информации США наибольшие объемы мировой трудноизвлекаемой нефти (22%) также находятся на территории России. Согласно ожиданиям Министерства энергетики РФ, через 15 лет до 17% российской нефтедобычи будет приходиться на трудноизвлекаемые запасы. В последние годы в разработку вводятся всё больше объектов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами с применением методов и технологий, требующих повышенных затрат. Особый интерес представляет Баженовская свита, содержащая более 100 миллиардов тонн трудноизвлекаемой нефти. Эти объемы превышает потребности отрасли на ближайшие 200 лет при сохранении существующих темпов добычи. Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами требует постоянного совершенствования цифровых и горнодобывающих технологий. В частности, при разбуривании таких месторождений преимущественно используют горизонтальные скважины с проведением гидроразрыва пласта (ГРП). Технология многостадийного ГРП, в рамках которой на одной скважине инициируется несколько трещин ГРП, является одним из наиболее эффективных методов стимуляции пласта и интенсификации нефтедобычи. Данная технология постоянно совершенствуется: увеличивается количество стадий гидроразрыва, разрабатываются новые

жидкости ГРП, новые проппанты (расклинивающие агенты), используемые для недопущения смыкания трещины), оптимизируются режимы закачки. Технологии хранения углеводородов также постоянно усложняются. В частности, одним из перспективных направлений является создание подземных хранилищ газа, позволяющих создавать стратегические запасы и обеспечивать бесперебойное снабжение газом. Развитие данных технологий приводит к появлению большого количества новых задач механики и физики. Проект посвящен разработке математических, компьютерных и цифровых моделей процессов, возникающих при добыче и хранении трудноизвлекаемых запасов углеводородов. При этом будут использоваться как традиционные подходы механики деформируемого твердого тела, так и перспективные подходы, основанные на использовании искусственного интеллекта и машинного обучения. Результаты проекта: 1. Гидродинамические модели для определенного месторождения углеводородов месторождений, разрабатываемых ПАО «Газпром нефть» 2. Модели пластовой флюидальной системы; 3. Автоматизированные процессы подготовки и работы с геофизическими, геологическими и промысловыми данными с месторождений углеводородов 4. Алгоритмы по поиску скважин-кандидатов и их оптимизация 5. Результаты оптимизации проектных скважин на месторождениях углеводородов перед их бурением 6. Результаты оптимизации системы разработки, объемов закачки, соотношения добывающих и нагнетательных скважин месторождений углеводородов

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123022200057-2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАПАСОВ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Проект направлен на повышение эффективности добычи углеводородов за счет перехода на качественно новые цифровые технологии изучения, моделирования и проектирования разработки и эксплуатации месторождений углеводородов. Целью исследования является создание

научных основ перехода нефтегазодобывающей отрасли на качественно новые цифровые технологии для повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых нефтяных запасов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

1.5 ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ТЕПЛОВЫЕ, ХИМИЧЕСКИЕ И ДР., ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ**2021**

№ 121081300034-1

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И СОЗДАНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ДВУХФАЗНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ В КОЛЛЕКТОРАХ ТРЕЩИНОВАТО-ПОРОВОГО ТИПА

В нефтегазовой промышленности при разработке любого объекта, несмотря на различие по своим размерам и геолого-физическим свойствам месторождений, основными задачами для геологов и разработчиков являются выделение пластов и залежей, подсчет запасов, проектирование системы разработки месторождения, моделирование различных геолого-технологических мероприятий и мероприятий повышения нефтеотдачи пластов. Точность и качество выполнения перечисленных выше целей напрямую зависит от степени изученности рассматриваемого объекта. При проектировании разработки месторождения немаловажным является знание об интенсивности распространения фильтрационных особенностях системы каналов и трещин в пласте. Особенно актуальным данный вопрос остается для карбонатных коллекторов, в которых наличие трещиноватости приурочено к естественному геологическому процессу формирования залежи. Наличие трещин значительно усложняет разработку месторождения. Трещиновато-пористые коллектора характеризуются интенсивным обменным потоком жидкости между трещинами и пористыми блоками, что вносит определенные коррективы в известные методы определения фильтрационных параметров. Поэтому, для того, чтобы идентифицировать описанные фильтрационные потоки, необходимы такие численные модели, которые бы учитывали также и трещинную составляющую коллектора. Проект направлен на развитие новых математических моделей процесса массопереноса в коллекторе трещиновато-порового типа, разработку эффективных вычислительных алгоритмов и комплексов программ для моделирования с помощью высокопроизводительных вычислительных систем. Целью проекта является развитие

вычислительных основ, комплексов программ для полномасштабного компьютерного моделирования с помощью высокопроизводительной вычислительной техники процессов двухфазного массообмена и других диссипативных процессов в трещиновато-пористых средах. Основными методами исследования являются методы вычислительной математики, механика жидкости в трещиновато-пористых средах, методы объектно-ориентированного и обобщенного программирования, и вычислительный эксперимент с опорой на данные промысловых измерений. В рамках реализации проекта будет разработана и реализована четырехблочная математическая модель, описывающая многокомпонентное течение в трещиновато-пористой среде с расщеплением по физическим процессам. Модель включает в себя два блока с системой гиперболических уравнений относительно водонасыщенности на фоне фиксированных скоростей фильтрации, и блоки, содержащие уравнения пьезопроводности для определения давлений в трещиновато-поровом коллекторе. Использование такой модели повысит скорость сходимости итерационного процесса, и позволит, сравнительно с вариантом непосредственного решения полной системы, проводить расчеты с существенно более крупным шагом по времени, что сделает реалистичным организацию больших серий многопараметрических численных исследований. В результате выполнения проекта будут созданы новые математические модели флюидодинамики в среде с двойной пористостью, численные схемы их анализа на нерегулярных сетках и комплексы программ для решения конкретных фундаментальных и прикладных задач.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121060200133-7

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ САМОУСТРАНЯЮЩИХСЯ (РАСТВОРИМЫХ) ЗАПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МУФТЫ ГРП ИЗ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДОМ И МЕТАЛЛАМИ ПЕРЕХОДНОЙ ГРУППЫ

Настоящий Проект направлен на разработку технологии получения новых материалов с контролируемой реакционной способностью (МКРС), предназначенных для получения самоустраняющихся (растворимых) элементов оснастки нефтегазодобывающего оборудования. Благодаря специальным функциональным и высоким физико-механическим свойствам МКРС их использование в нефтегазодобывающей и машиностроительной отрасли обеспечит стратегическое преимущество при разработке существующих и освоении новых труднодоступных

месторождений нефти и газа, в том числе на арктическом шельфе, за счет увеличения нефтеотдачи, сокращения технологических рисков и снижения трудоемкости процесса многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) в целом. Разработка и внедрение разрабатываемых МКРС также позволит сократить импортозависимость одной из ключевых отраслей РФ, которая на сегодняшний день критически зависима от внешнеэкономической обстановки, обострившейся на фоне санкций.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ МКРС»

№ 121041600124-0

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАПАСОВ С ПОМОЩЬЮ «УМНЫХ» ТРАССЕРОВ

Разрабатываемая технология направлена на определение текущей нефтенасыщенности в межскважинном пространстве, обозначении не выработанных извлекаемых запасов нефти и оценки потенциала методов повышения нефтеотдачи на участках исследования. Реализуемая технология количественно обозначает коэффициент текущей нефтенасыщенности на линии нагнетательная – добывающая скважина, что позволяет проводить специализированные

ГТМ на участках, где экономический эффект, за счет дополнительной добычи нефти, будет на 25% выше, чем на участках, выбранных с помощью базовых методов. Принцип технологии основан на хроматографической задержке между активным и пассивным трассером, которые двигаются либо в водной, либо в нефтяной фазе. Параметр разницы времени прихода каждого из типа трассеров коррелируется с коэффициентом текущей нефтенасыщенности в

межскважинном пространстве. На данном принципе происходит интерпретация данных, результатом которой является значение обозначенного коэффициента. В рамках данной темы планируется расширенное изучение принципов оценки межскважинных интервалов с использованием активных и пассивных маркеров, изучение параметров хроматографической задержки на керновых моделях, проведение физико-химических лабораторных испытаний, выбор и изучение подходящих для технологии химических

составов, разработка химического композита, создание алгоритмов обработки и интерпретации полученных по результатам исследования данных, а также разработка общей технологии оценки текущей нефтенасыщенности методом трассеров, включающей в себя все этапы реализации метода «под ключ» силами ПАО «Татнефть» при проекции метода на действующий фонд скважин без привлечения сторонних исполнителей.

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

№ 121122800053-7

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО МАРКИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МАРКЕРНОГО МОНИТОРИНГА ОФШОРНЫХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В ретроспективе последнего десятилетия основным методом разработки нефтяных и газовых месторождений в мире является бурение горизонтальных скважин. Горизонтальное бурение позволяет кратно увеличить добычу углеводородов, однако требует значительно больших капитальных и эксплуатационных затрат. Оценку эффективности работы пробуренных горизонтальных скважин производят с помощью исследований, осуществляемых путем спуска специализированных приборов на глубину нескольких километров. В настоящее время интерпретация данных и оптимизация повсеместно проводятся инженерным составом добывающих компаний вручную. Влияние человеческого фактора вкупе с техническими несовершенствами скважинных инструментов ведет к небольшому объему

полезных данных о работе интервалов скважины и низкому качеству их интерпретации. Данные обстоятельства не позволяют проводить эффективную оптимизацию работы скважины с целью получения максимальной нефтеотдачи. Основным направлением продвижения технологии до 2021 года был сегмент континентальных месторождений, для размещения в которых компанией Геосплит были созданы несколько видов маркированного материала. Для масштабирования деятельности на рынках стран, где разрабатывается значительный объем офшорных (морских) месторождений, необходима доработка маркерного материала для приведения в соответствие требованиям заказчиков и условиям эксплуатации, которые отличаются от континентальных скважин.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОСПЛИТ»

№ 121120800189-9

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РАДИАЛЬНОГО БУРЕНИЯ

В данном проекте будет разработана технология интеллектуального радиального вскрытия пласта для увеличения нефтеотдачи, отличающаяся от основных аналогов: возможностью осуществления контроля текущего положения ствола и гидромониторной насадки в режиме реального

времени; возможностью адресного подбора разрушающего агента; адресным воздействием на пласт, на удаленные и изолированные зоны, и, как следствие, высокоэффективным повышением коэффициента нефтеотдачи и добычи нефти и рациональным подходом к использованию недр.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОЛАЙН»

№ 121091400202-2

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОЭМУЛЬСИЙ И НАНОЧАСТИЦ

Нефтегазовая индустрия является одной из важнейших отраслей экономики России. Для её устойчивого развития имеет существенное значение разработка новых и увеличение эффективности уже существующих подходов воздействия на нефтяной пласт с целью увеличения нефтеотдачи. В связи с чем в проекте предлагается инновационный подход на основе комбинации современных методов увеличения нефтеотдачи (МУН), включающих микроэмульсионное заводнение и нанотехнологии.

Микроэмульсии с поверхностно-активными веществами (ПАВ) позволяют значительно снизить роль капиллярных эффектов, и тем самым мобилизовать остаточную нефть.

Добавление определенных наночастиц (НЧ) в растворы микроэмульсий, используемые в качестве вытесняющих агентов, может значительно увеличить нефтеотдачу пласта за счет вариации смачиваемости, изменение свойств флюидов, улучшение подвижности захваченной нефти, усиление консолидации песков и снижение межфазного натяжения.

Наноматериалы представляют собой новые альтернативные методы, которые могут применяться в качестве новых методов повышения нефтеотдачи пластов и решать проблемы остаточной нефти в коллекторах тяжелой и полутяжелой нефти.

Основной целью проекта является выявление эффективности включения наночастиц в составе

микроэмульсий для извлечения остаточной нефти в однородных и трещиноватых коллекторах, а также коллекторах с ловушками.

Проведенные исследования внесут существенный вклад в изучение применимости наночастиц в нефтяной отрасли.

Для объяснения механизмов применения предлагаемого МУН актуально проведение детального исследования микро- и макромасштабных характеристик течения многофазных жидкостей в различных моделях пористой среды.

Предлагаемый в проекте подход включает в себя вычислительные и экспериментальные методы.

В основе численного подхода лежит как применение метода граничных элементов для решения задач на микроуровне, ускорение которого произведено за счет быстрого метода мультиполей, реализованного на гетерогенных вычислительных архитектурах (многоядерные CPU и графические процессоры), так и использование пакета OpenFOAM для решения задач на мезоуровне.

Экспериментальная база основывается на современных методах с использованием высокоскоростных камер, методов оптической (в том числе флуоресцентной) и атомно-силовой микроскопии, технологии производства интегрированных микроустановок на основе микрожидкостных устройств, созданных при помощи технологии «lab-on-a-chip» и

кernового материала, а также насыпных сред.

Таким образом, в рамках настоящего проекта на базе апробированных высокоэффективных численных и современных экспериментальных методов исследования будут выполнены практически значимые фундаментальные исследования мобилизации остаточной нефти в микроканалах с ловушками, в сетях микроканалов, в насыпных моделях из

стеклошариков и kernового материала.

Представленный проект включает в себя продолжение текущих и начало новых исследований в Центре «Микро- и наномасштабной динамики дисперсных систем», основанном в Башкирском государственном университете в 2010 году в рамках программы «мегагрантов» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062600069-7

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СЛОЕВ

Устойчивые эмульсии образуются в промежуточных слоях между нефтью и водой.

В таких эмульсиях межфазные границы стабилизированы помимо смолисто-асфальтеновых веществ, содержащихся в большом количестве в добываемой высоковязкой нефти, различными механическими примесями, сульфидом железа и различными поверхностно-активными веществами, полимерами другими химическими реагентами для интенсификации процесса добычи и увеличения нефтеотдачи. Разрушение таких эмульсий требует дополнительного воздействия. Поэтому весьма перспективным направлением

совершенствования технологии подготовки нефти является внедрение в процесс оборудования, воздействующего на водонефтяную систему полями различной физической природы с целью ее разрушения, ускорения процесса коалесценции и эффективного разделения на водную и нефтяную фазы. В рамках данной работы предполагается создание мобильной установки разрушения устойчивых эмульсий в динамическом режиме с помощью их волновой обработки (ультразвуковой, магнитной и/или электромагнитной).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТИ»

2022

№ 122062400082-9

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «СКВАЖИНА-ПЛАСТ»

На сегодняшний день большинство нефтяных месторождений находятся на поздних стадиях разработки. Эта стадия сопровождается рядом осложнений при добыче пластовой продукции, в том числе образованием органических отложений в системе «призабойная зона пласта-скважина».

Многолетний опыт разработки и эксплуатации нефтяных месторождений показывает, что асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) образуются в скважинном оборудовании и в призабойной зоне пласта (ПЗП) в основном на месторождениях, нефти которых отличаются повышенным содержанием парафинов и асфальтенов, например, на нефтяных месторождениях Волго-Уральского региона в терригенных толщах девонских отложений.

Проблема образования АСПО особо актуальна для месторождений этого региона (например, нефтяных месторождений Республик Татарстан и Башкортостан), находящихся на завершающей стадии разработки, для которых характерно ухудшение термобарических пластовых условий (снижение пластовой температуры), утяжеление нефти, высокая обводненность (более 80-90 %).

Основной объем исследований по изучению состава, механизма и условий формирования, методов удаления

органических отложений был выполнен в 60-х годах прошлого века. С этого времени изменились термодинамическое состояние и особенности геолого-физических характеристик углеводородных залежей, уменьшились дебиты скважин, увеличилась обводненность добываемой продукции, в нефтепромысловой практике стали широко использоваться методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти, произошло расширение зоны формирования органических отложений, изменились их состав и структура.

С учетом этого возник вопрос о необходимости системного подхода к изучению данной проблемы с учетом влияния различных факторов, а также существенных изменений в условиях функционирования нефтедобывающей системы.

Несмотря на большое число исследований, посвященных разработке технологий удаления органических отложений в нефтепромысловом оборудовании (в основном в них решались отдельные задачи по удалению или предупреждению АСПО в скважинах), мало проведено исследований по созданию комплексной технологии удаления и предупреждения органических отложений в скважинах, предупреждающей физико-химическое воздействие на единую гидродинамическую систему «скважина-ПЗП».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122041100038-4

СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕВЫРАБОТАННЫХ ЗОН НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ И ПОДСЧЕТА ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, АНАЛИЗА РАЗРАБОТКИ С ИССЛЕДОВАНИЯМИ СКВАЖИН И ПЛАСТОВ

Целью исследований является разработка методики выявления невыработанных зон на нефтяных месторождениях и подсчета остаточных запасов нефти на основе комплексирования математического моделирования, анализа разработки с исследованиями скважин и пластов.

Для этого необходимо развитие математических моделей и методов реконструкции геологического строения нефтяных

пластов и выявления невыработанных участков.

Следует разработать методику гидродинамического мониторинга продуктивного пласта в межскважинном пространстве на нефтяном месторождении по данным комплексирования математического моделирования и гидродинамических исследований скважин.

Необходимо создать технологию контроля, анализа и регулирования разработки невыработанных участков

нефтяных месторождений. Конечной целью исследования является создание математических моделей и методов,

способствующих вовлечению в разработку целиков остаточной нефти и повышению нефтеотдачи пласта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122022800503-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЧ-ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЕРОГЕНСОДЕРЖАЩИЕ (ДОМАНИКОВЫЕ) ОТЛОЖЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Разработка технологии генерации жидких углеводородов и увеличения коэффициента нефтеизвлечения до уровня 10% на основе СВЧ- воздействия в широком диапазоне частот от 100кГц и до 2,4ГГц обеспечивает нагрев нерастворимого органического вещества кремнисто-карбонатных пород до температур в диапазоне 200-450°C, при которых происходит пиролиз керогена и генерация подвижных углеводородов.

Из-за неоднородности минеральных составляющих керогеносодержащих пород, имеющих различные диэлектрические параметры, происходит неравномерный нагрев и развитие в породе термоупругих напряжений, трещиноватости, разупрочнения и разрушения скелета, что дополнительно приводит к улучшению ФЕС.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122040800042-7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕИЗВЛЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОПУТНОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАО «ТАТНЕФТЬ»

В мировой практике уже достаточно давно для разработки нефтяных залежей применяется закачка углеводородных (метан, обогащенный, попутный, сжиженный газ) газов, а также их смесей с водой. Область применения газовых методов разработки по сравнению с другими МУН достаточно широка. Возможно применение в низкопроницаемых коллекторах, высокообводненных пластах, глубокозалегающих пластах, подгазовых зонах (технология закачки газа в газовую шапку), для вязкой нефти (закачка пен). К осложняющим геологическим факторам, наличие которых на конкретном объекте требует от исследователя проведения дополнительного анализа, относятся: наличие трещин, наличие свободного газа, содержание в нефти асфальто-смолистых веществ, возможность выпадения солей. Специфические свойства газовых агентов и достигаемые вследствие них преимущества, обуславливают одновременно технические и технологические сложности и ограничения при внедрении процесса водогазового заводнения. К главным из них относятся: - наличие экономически оправданных источников газоснабжения с требуемым

составом и свойствами газовых агентов; - необходимость использования в технологической линии специального насосного оборудования высокого давления и компрессоров, а также специального вспомогательного оборудования; - большие единовременные капитальные затраты. Технологии с использованием попутного нефтяного газа (ПНГ) являются как сопутствующим процессом, который решает вопросы утилизации попутного нефтяного газа в большей степени для малых нефтяных месторождений (отсутствием магистральных газопроводов), так и основной технологией повышения нефтеотдачи пластов. Учитывая значительную изученность физико-химических свойств и состава углеводородов на месторождениях Татарстана, следует отметить, что состав ПНГ может сильно отличаться для различных объектов и изменение состава газа с отдельных горизонтов (существенное различие в количестве жирного газа и углеводородных растворителей (пропан, бутан, этан и C5+), влияет на снижение динамической вязкости нефти и повышение коэффициента вытеснения нефти.

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

№ 122041500094-6

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ИЗ ПОРИСТЫХ СРЕД ПРИ НАЛИЧИИ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ГОРЕНИЯ И ДРУГИХ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ФАЗАМИ

В мире активно развиваются инновационные методы разработки месторождений трудноизвлекаемых углеводородов. В условиях «нефтегазовой» экономики ключевая стратегическая проблема — это разработка отечественных технологий разведки и добычи нефти и газа, обеспечивающих минимально возможную стоимость единицы продукции. В процессе разработки различных стратегий повышения коэффициента извлечения нефти важную роль может играть предсказательное моделирование подземной гидродинамики с учетом внешних активных воздействий на пласт: механических, термических, химических и комбинированных. Данный проект направлен

на разработку новых математических моделей, численных алгоритмов и программных пакетов для моделирования процесса неустойчивого вытеснения нефти из пористого пласта с учётом термохимических методов увеличения нефтеотдачи, которые характеризуются закачкой в пласт нагретого вытесняющего агента (например, смесь газа и воды). Нагретый кислород вступает в реакцию с углеводородом, в результате чего происходит его окисление с выделением тепла; образуются углекислый газ и водяной пар. В результате экзотермической химической реакции температура флюида повышается, а вязкость падает, в результате чего ускоряется процесс вытеснения нефти из пласта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 122020100310-6

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАПАСОВ С ПОМОЩЬЮ «УМНЫХ» ТРАССЕРОВ

Планируется разработка композиции химических трассеров для исследования нефтенасыщенности пласта. Данная технология по имеющейся информации будет впервые

применена в России. Разработка композиции сопряжена с разработкой методики детектирования и скрининг теста на стабильность (термическая, биологическая,

химическая) при пластовых условиях для месторождений Татарстана. Полученные результаты планируется внедрить

для последующих тестов и анализа эффективности методов увеличения нефтеотдачи.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122031400278-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МЕДИЦИНЫ

В настоящее время множество осуществляемых исследований в области органической фотовольтаики, сенсорики, транзисторной и светодиодной техники нацелено на разработку функциональных материалов с заданными свойствами. Благодаря комплексу специфических свойств, присущих только этому классу полимеров, интерес к изучению полисопряженных систем стабильно высок. Среди них выделяются полианилин (ПАНИ) и его производные, которые демонстрируют устойчивый интерес для нанoeлектроники, биоаналитических систем и, что немаловажно, в качестве антикоррозионных покрытий металлов. Как главное достоинство этих высокомолекулярных соединений следует отметить электропроводность, которую можно регулировать допированием – введением в структуру электронодонорных или электроноакцепторных добавок. При этом возможно увеличение электропроводности на несколько порядков. Не менее ценное свойство ПАНИ – способность защищать металлы от коррозии. В проекте планируется осуществить синтез новых растворимых производных полианилина на основе орто-(цикло)алкенилариламинов, а также изучение возможности проведения ряда полимераналогичных превращений с получением новых электропроводящих материалов. Перспективна разработка донорноакцепторных материалов с привлечением селективного метатезиса олефинов, рассматривающегося как один из самых мощных

синтетических инструментов в органической химии. Метатезис олефинов, в котором участвуют модифицированный ПАНИ и функционализированные фуллерены, являет собой пример неизвестных в литературе полимераналогичных превращений, имеющих высокую научную значимость. Осуществление многокомпонентных реакций с участием тритерпеноидов является новым перспективным направлением синтеза биологически активных соединений. Соединения, полученные таким способом относятся к концепции «про-лекарства». Целью настоящего исследования является создание новых пи-сопряженных донорно-акцепторных материалов полифункционального действия на основе модифицированных полианилинов и фуллеренов для применения в молекулярной и полимерной нанoeлектронике и для мультисенсорного анализа. Выявление корреляции между строением сопряженных донорно-акцепторных материалов их физическими и физико-химическими свойствами: электропроводимостью, антикоррозионное действие и др. Разработка новых потенциальных лекарственных средств полифункционального действия на основе азот- и кислородсодержащих соединений, новых эффективных деэмульгаторов для разделения водонефтяных эмульсий, ингибиторов коррозии, модифицированных лигносульфонатных реагентов для буровых промывочных жидкостей и реагентов для повышения нефтеотдачи пласта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122040800136-3

РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ. ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГЕЛИКОИДНОГО ПЕРФОРАТОРА

Изобретение относится к нефтяной промышленности и может быть использовано для повышения нефтеотдачи посредством наиболее полной выработки пластов в осложненных горно-геологических условиях, позволяющая получить больший приток нефти по сравнению с традиционной

технологией щелевой резки пластов. Разработанная технология позволит при том же наземном оборудовании достигнуть скин-фактора до -2,0-2,5 ед., что увеличит приток нефти в скважину до 40%

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПЕРСИСТЕМ»

№ 122091300059-2

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИНДИКАТОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНОЙ НЕФТЕНАСЫЩЕННОСТИ ПЛАСТА

Проект посвящен поиску и подбору молекулярных индикаторов и разработке методик их качественного и количественного определения для измерения нефтенасыщенности коллектора на промысловых объектах месторождений нефти с высокой точностью при низких затратах. Инновационный продукт позволит нефтедобывающим компаниям решать такие актуальные на сегодняшний день задачи как повышение коэффициента

извлечения нефти (КИН) за счет возможности выбора лучших методов увеличения нефтеотдачи (МУН) для третичной нефтедобычи, контроль качества услуг подрядчиков, выполняющих работы по повышению нефтеотдачи пласта (ПНП), оценка запасов нефти по залежи для контроля разработки месторождения, а также для принятия решений о выборе методов ПНП и/или об инвестициях в промысловые проекты.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122080300089-3

3Д ПЕЧАТЬ КЕРНА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ

Целью проекта является разработка методических подходов для создания высокоточных синтетических моделей образцов горных пород с воспроизведением коллекторских свойств. Проект направлен на решение таких фундаментальных проблем, как выявление литолого-петрографических критериев для создания синтетических копий образцов

горных пород, выбор материалов и технологий для создания пород и воссоздание фильтрационно-емкостных свойств на синтетических образцах керна. Результаты проекта позволят на качественно новом уровне подходить к изучению свойств горных пород, проектированию разработки месторождений нефти и газа и выбору технологий по интенсификации

притока нефти и увеличению нефтеотдачи. Ожидаемым результатом научного проекта станет разработанный научный

подход по созданию высокоточной модели горной породы с воспроизведением коллекторских свойств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122103100005-1

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЛЕЖИ НЕФТИ РАЗОГРЕВАЮЩИМ СОСТАВОМ КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

С каждым годом доля трудно извлекаемых запасов (ТИЗ) увеличивается и в настоящее время составляет порядка 60% в общем объеме запасов нефти. В сфере особого внимания находятся высоковязкие нефти и природные битумы, добыча которых невозможна традиционными методами. Мировой опыт свидетельствует об отсутствии универсальных технологий и способов системного воздействия на залежи высоковязкой и сверхвязкой нефти. Разработанная технология термохимического воздействия разогревающим составом (ТХВ РС), позволяющаякратно увеличить объемы добычи тяжелой нефти, не заводняя продуктивный пласт,

предусматривающая термохимическую обработку пласта, основана на закачке в нефтяной пласт требуемого объема реагента органического кислородосодержащего соединения и инициатора реакции. Использование технологии ТХВ РС ведущими нефтедобывающими компаниями, как Роснефть, Лукойл, Газпромнефть, Татнефть, Сургутнефтегаз позволит повысить эффективность воздействия на нефтегазовый пласт, увеличить добычу нефти икратно снизить экономическую, экологическую составляющие, исключить до минимума углеродный след.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПЛАТУМ»

№ 122041400322-1

СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ И РАЗВИТИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ, ИЗ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Современные технологии добычи углеводородов существенно задействуют современный аппарат математического моделирования для проектирования и разработки месторождений. Развитие возможностей вычислительной техники, подходов к математическому и экспериментальному моделированию, дает возможность для совершенствования существующих и создания новых технологий. Такая работа во многом требует развития фундаментальных подходов в области математического моделирования гетерогенных сред, механики разрушений, численных методов. Важной прикладной компонентой этой деятельности является обеспечение технологической

безопасности РФ. Институт гидродинамики обладает существенным опытом решения фундаментальных и прикладных задач в области моделирования процессов при применении технологий увеличения нефтеотдачи, бурении скважин, интерпретации данных каротажа. Предполагается развивать эту тематику путем совершенствования математических моделей, а также развития экспериментальной базы для описания процессов гидроразрыва пласта, создания цифровых и интеллектуальных систем разработки нетрадиционных ресурсов, исследования реологии сложных неньютоновских жидкостей и механики разрушения неоднородных материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГИДРОДИНАМИКИ ИМ. М.А. ЛАВРЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122101100057-6

СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ НА ПРИНЦИПАХ «ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030». Целью проекта является создание на принципах «зеленой химии» с использованием глубоких эвтектических растворителей (ГЭР) наноструктурированных щелочных нефтewытесняющих композиций ПАВ с регулируемыми физико-химическими и поверхностно-активными свойствами для увеличения нефтеотдачи пластов, применимых в широком диапазоне климатических условий, включая северные регионы и Арктику. Для решения проблем увеличения нефтеотдачи на принципах «зеленой химии» с применением глубоких эвтектических растворителей (ГЭР) будут созданы наноструктурированные щелочные нефтewытесняющие композиции с регулируемыми физико-химическими и поверхностно-активными свойствами на основе

поверхностно- активных веществ (ПАВ) и компонентов ГЭР: холина хлорида, полиолов, карбамида и щелочных буферных систем, применимые в широком диапазоне климатических условий, включая северные регионы и Арктику. На основе исследования фазовых диаграмм бинарных и тройных систем будут определены состав и соотношение компонентов в эвтектических точках ГЭР, изучены их физико-химические и реологические характеристики. Будет исследовано влияние ПАВ и соотношения компонентов ГЭР на межфазное натяжение, pH и буферную емкость нефтewытесняющих композиций. Исследование фильтрационных характеристик и нефтewытесняющей способности композиций позволит оценить их эффективность применительно к условиям типичных месторождений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123080800037-8

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ УДАРНЫХ ВОЛН В НЕФТЯНЫХ ПЛАСТАХ

Работа направлена на интенсификацию добычи нефти и увеличение нефтеотдачи пластов, путем применения ударно-волновой долговременной обработки участков продуктивных пластов. Целью работы является снижение

затрат при проведении площадного волнового воздействия за счет разработки новых ударно-волновых генераторов. Предполагается разработать устройства двух типов. Одно из них будет создано на основе стандартного штангового насоса.

Второе устройство – глубинный импульсный электролизер, принцип работы которого основан на разложении воды с

помощью электролиза на кислород и водород с последующим воспламенением газовой смеси.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123091200022-6

СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НЕФТЕВЫТЕСНЯЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ДЕЙСТВИЕМ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С КОНТРОЛИРУЕМЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Несмотря на создание альтернативных возобновляемых источников энергии, потребности мировой экономики в углеводородах неуклонно растут. Запасы традиционных легкодоступных углеводородов постепенно уменьшаются, что связывают с тем, что за последние 20 лет добыча традиционной нефти опережает прирост ее запасов. Согласно прогнозным оценкам, пополнение сырьевой базы в основном будет осуществляться за счет освоения и разработки нетрадиционных ресурсов, таких как битумы, высоковязкие и тяжелые нефти, залегающие в сложных геолого-геофизических условиях. Особый интерес для изучения представляют карбонатные коллекторы высоковязкой нефти, разработка которых традиционными методами во всем мире характеризуется невысокими средними значениями коэффициента добычи нефти. Карбонатные коллекторы представляют около половины запасов нефти в мире, а в России – порядка десятой части. Низкий уровень добычи углеводородного сырья из данных коллекторов обусловлен сложным строением порового пространства, неоднородностью емкостных и фильтрационных свойств, минералогическим разнообразием пород. Одним из наиболее актуальных направлений по освоению запасов карбонатных коллекторов и интенсификации добычи углеводородов является использование химических методов увеличения нефтеотдачи (МУН). Применение данной технологии улучшает прирост углеводородов из нефтяных месторождений в завершающей стадии промышленной разработки. Таким образом, использование данных методов, как правило, уже обеспечено инфраструктурой и производственными мощностями. Стоит отметить, что до сих пор нет экономически оптимальной и технологически эффективной химической композиции для использования в целях интенсификации добычи карбонатных коллекторов. Прежде всего это связано с высокой стоимостью закупаемых реагентов, которая ограничивает их применение в масштабах месторождения. Кроме того, за счет физико-химических взаимодействий между молекулами реагентов с пластовыми

флюидами и минералами происходят их высокие потери, что ухудшает их прохождение вглубь пласта, и, как результат, снижается рентабельность эксплуатации месторождения. Данная проблема может быть решена с помощью создания наноструктурированных нефтевытесняющих композиций с пролонгируемым действием, которые в результате химической эволюции при движении в пласте высвобождают ПАВ. Факторы, которые вызывают химическую эволюцию, являются термобарические условия в пласте. Таким образом, научная новизна данной работы заключается в комбинировании методов инкапсуляции активных веществ, широко применяемых в медицине, фармакологии и биологии, с методами комплексного исследования физико-химических свойств химических реагентов для применения в нефтевытеснении. Идея заключается в использовании технологий адресной доставки медицинских препаратов для целей адресной доставки химического агента в пласт-коллектор. В адресной доставке используются наночастицы – носители, размер которых не должен быть более одного микрона (тысячи нанометров). Однако учитывая тот факт, что поровые каналы типичного нефтяного коллектора обладают широким распределением пор по размерам (от нм до $\mu\text{м}$), размеры получаемых агрегатов не должны превышать 200-300 нм, чтобы не заблокировать приток нефти к добывающей скважине. Системы доставки могут быть созданы по аналогии с медицинскими лекарствами, а именно путем помещения ПАВ либо в наносферу, в которой он находится в полости, окруженной проницаемой мембраной, либо в высокопористую наночастицу, в которой ПАВ был бы диспергирован по всему объему. Существенным преимуществом таких систем является защита ПАВ от преждевременной и непродуктивной адсорбции на поверхности пласта-коллектора с последующим их высвобождением в более глубоких слоях, что позволит увеличить охват заводнения. Кроме того, при создании композиций планируется использование доступных на рынке Российской Федерации отечественных экологически безопасных продуктов промышленного производства.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123100900002-0

РАЗРАБОТКА НЕФТЕВЫТЕСНЯЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ СИСТЕМ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ «ЧЕТЫРЕХАТОМНЫЙ СПИРТ-КАРБАМИД-СОЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНОГО АММОНИЕВОГО ОСНОВАНИЯ» И ПАВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ И АРКТИКИ

Для эффективного освоения месторождений с трудно извлекаемыми запасами и дальнейшего увеличения их добычи необходимо создание новых комплексных технологий увеличения нефтеотдачи. Для решения проблемы разработки нефтяных месторождений Арктики в рамках проекта на принципах «зеленой химии» будут разработаны новые нефтевытесняющие композиции для методов увеличения нефтеотдачи на основе перспективного класса химических соединений – ГЭР (глубокие эвтектические растворители). Основой композиций будут новые двойные и тройные систем ГЭР, в их состав входят четырех атомный спирт, карбамид, соль четвертичного аммониевого основания, в которых за счет донорно-акцепторного взаимодействия

образуются комплексные системы с уникальными свойствами - более низкой температурой застывания, чем у отдельных компонентов, лучшей растворяющей способностью и др. На практике возможности использования ГЭР для увеличения нефтеотдачи в промышленном масштабе ни в мире, ни в России пока еще не реализованы. Создание новых низкотемпературных композиций, имеющих низкую температуру замерзания и высокую нефтевытесняющую способность, откроет широкие возможности для их использования в условиях северных регионов Арктики за счет высокой нефтевытесняющей способности, невысоких энергозатрат на приготовление композиций, высокой экологической безопасности и стабильности при транспортировке и хранении.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ НЕФТИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123121100010-8

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧЕЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СТВОЛА СКВАЖИНЫ

Целью проекта является разработка программного комплекса интеллектуального заканчивания скважин для мониторинга и управления добычей в реальном времени горизонтального ствола скважины на базе разрабатываемой методики и вычислительных алгоритмов решения обратных задач согласованного проектирования разномасштабных методов воздействия на нефтяной пласт – методов повышения нефтеотдачи пласта с учетом управления устройствами контроля притока к отдельным горизонтальным скважинам и условий исполнения режимов поддержания пластового давления.

Предлагаемые подходы будут основаны на быстродействующих алгоритмах численного моделирования фильтрационных процессов и течения флюида в элементах конструкции скважин. Актуальность проекта заключается в развитии существующих концепций систем интеллектуального месторождения и их импортозамещении аналогом с качественным повышением функциональности в условиях выхода с российского рынка зарубежных поставщиков в отсутствие российских вариантов замены. В данном проекте предлагается новый многомасштабный подход, согласно которому расчет сложных методов повышения нефтеотдачи пласта происходит с помощью модели фильтрации в двумерных трубках тока на сетках высокого разрешения, не имеющей ни отечественных, ни зарубежных аналогов по сочетанию быстродействия и степени детальности численного решения.

В отличие от традиционного подхода, когда для моделирования любого процесса в нефтяных пластах применяются классические трехмерные модели, все разрабатываемые в рамках настоящего проекта математические модели будут являться объектно-ориентированными моделями пониженной размерности, отражая ключевые эффекты, за счет чего достигается возможность численного моделирования высокого разрешения с одновременным сокращением вычислительных

затрат. Кратное ускорение построения цифровых двойников позволит ставить и решать обратные задачи оптимального проектирования разработки нефтяного месторождения.

Новая технология устройств контроля притока и закачки на горизонтальных скважинах (ICD) помогает поддерживать одинаковые скорости соответственно притока и нагнетания по всей длине вскрытых интервалов скважины. Однако методика автоматизированного управления такими устройствами существует на рынке как дополнительная дорогостоящая услуга при закупке импортного оборудования изолированно от внешней системы поддержания пластового давления (ППД).

В рамках проекта будет разработана методика управления притоком, интегрированная в модель проектирования методов повышения нефтеотдачи согласованно с системой ППД. Корректность и применимость разрабатываемых методик будет достигнута при условии междисциплинарного подхода: 1) постановка решаемых проблем управления системой заводнения и повышения нефтеотдачи пласта, набор ограничений и условий реализации методов воздействия на нефтяной пласт, в том числе с учетом допустимых режимов работы наземного оборудования в условиях управления системой заводнения, будут выполнены специалистами в области проектирования разработки нефтяных месторождений; 2) математическая постановка прямых и обратных задач, формулировка моделей, построение эффективных вычислительных схем и алгоритмов будут выполнены специалистами в области математического и численного моделирования нефтяных месторождений, гидродинамики вязкой жидкости и вычислительной гидродинамики; 3) апробация разработанных методик и анализ их применимости для проектирования сложных методов воздействия на пласт будут выполнены специалистами в области проектирования и реализации режимов ППД и методов повышения нефтеотдачи пласта, имеющих доступ к данным реальных месторождений.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИМПЕЛ СОФТ»

№ 123021700046-4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ, РАЗРУШЕНИЯ И МАССОПЕРЕНОСА В ГЕОСРЕДАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГОРНЫМ ПОРОДАМ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЛЕДЯНЫМ ПОКРОВАМ В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ НАУЧНЫХ ОСНОВ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ, СНИЖЕНИЯ РИСКОВ АВАРИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

Исследования факторов и механизмов, определяющих влияние напряженно-деформированного состояния в трещиновато-пористых пластах нефтегазовых месторождений (в том числе анизотропных) на процессы разрушения горных пород и фильтрации в них, а также разработка новых методов и подходов к повышению эффективности добычи углеводородов, а также снижения риска возникновения негативных последствий при проводке и эксплуатации скважин, являются важнейшими фундаментальными научными проблемами.

Для расчета напряжений и деформаций, возникающих в призабойной зоне пласта при различных режимах работы скважины, и разработки технико-технологических рекомендаций необходимо иметь геомеханическую модель явления.

Геомеханические исследования изменений напряженно-деформированного состояния в призабойной зоне пласта, проводимые с целью прогнозной оценки рисков ее неуправляемого разрушения и разработки мер по их предотвращению, предусматривают проведение комплексных исследований, которые включают в себя экспериментальные исследования структурно-литологических, деформационно-прочностных и фильтрационных характеристик пород-

коллекторов и непроницаемых пропластков, математическое и физическое моделирование процессов деформирования и разрушения, происходящих в массиве горных пород при бурении и разработке месторождения.

Проведение указанных исследований необходимо для создания новых основанных на геомеханическом подходе способов увеличения нефтеотдачи пластов и увеличения продуктивности скважин.

Кроме того, использование результатов работы позволит разрабатывать прогнозные рекомендации по обеспечению целостности породы в призабойной зоне пласта на протяжении эксплуатации месторождения, максимальным допустимым депрессиям, а также обеспечить их корректировку в процессе разработки месторождения.

В настоящее время большую опасность представляют разливы нефти и продуктов ее переработки, объем аварийных сбросов которых непрерывно растет и достигает критических значений в техногенных катастрофах (аварии на нефтепромыслах, разрывы трубопроводов).

Лабораторное и аналитическое моделирование процессов растекания нефти по поверхностям различных сред: пресной и соленой воды, льда, земли, действия сорбентов позволит определить способы локализации, ликвидации разливов

нефтепродуктов и разработки дополнительного комплекса мероприятий по сбору и утилизации углеводородов, попавших во внешнюю среду.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ ИМ. А.Ю. ИШЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123032900025-3

РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ CO₂

Сухой риформинг метана (СРМ) с получением синтез-газа является одной из наиболее важных химических реакций, используемых для промышленного производства водорода, и приводит к синтезу углеводородов (жидкого топлива) и других ценных продуктов. Объекты исследования. В данной работе изучены катализаторы сухого риформинга метана на основе Ni, Co и Ni-Co-модифицированного карбида вольфрама (WC), полученных электродуговым методом. Различные количества никеля, кобальта и их смесей были нанесены на карбид вольфрама методом осаждения-осаждения с помощью NaOH (DP) и пропитки начальной влажностью (IWI) методы. Методы исследования. Полученные материалы характеризовались N₂ адсорбция-десорбция, просвечивающая электронная микроскопия, энергодисперсионная спектроскопия, рентгеновская дифракция и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, и их эффективность оценивались в СРМ. Целью работы является демонстрация одного из нестандартных способов

получения катализаторов сухого риформинга на основе карбида вольфрама (WC), синтезированных безвоздушным электродуговым методом и модифицированных различными количествами никеля, кобальта и их смесей. Полученные результаты. Состав и способ приготовления катализаторов предопределили их структурные, текстурные и электронные свойства, сыграв решающую роль в их активности для СРМ. Полученный методом DP 20%Ni / WC материал оставался устойчивым к окислению, как активного металла (никеля), так и карбида вольфрама, а также к коксованию вовремя СРМ. Этот образец оказался наиболее активным и стабильным среди всех исследованных материалов. Возможно, устойчивость к окислению и коксованию была обусловлена более эффективной реализацией цикла окисления/(ре) карбонизации на поверхности этого катализатора. Также проведена оценка способа утилизации CO₂ путем закачки в отработанные месторождения, методы повышения нефтеотдачи пластов с использованием растворов CO₂.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

2021

№ 121111800142-2

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ФОНДА СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В процессе работы проводятся следующие исследования: рекомендации по борьбе с гидратообразованием; разработка адресных предложений по обеспечению стабильной работы фонда скважин Чаяндинского НГКМ (Ботубинская залежь); анализ бурения и освоения не вышедших на проектный режим 31 эксплуатационной скважины Чаяндинского НГКМ; план мероприятий по восстановлению продуктивности эксплуатационных газовых скважин Чаяндинского НГКМ; обоснование для выработки решений и формирования плана мероприятий по интенсификации скважин методом ГРП; разработка предложений по порядку проведения работ в скважинах № 3064 КГМ 54, 1001 КГС 56 и 3062 КГС 65, в которых возможно присутствие отложений на внутренних стенках НКТ; анализ и определение перечня скважин-кандидатов для выполнения ГРП с расчетом прогнозного дебита на гидродинамической модели; разработка рекомендаций по срокам отработки нагнетательных скважин Чаяндинского НГКМ в качестве добывающих; разработка предложений к программе промысловых исследований для скважин зоны УКПГ-3 Чаяндинского НГКМ по отбору устьевых проб газа и определению условий образования гидратов в 2020 году; разработка замечаний и предложений к Программе опытно-

промышленных работ по обработке призабойной зоны пласта с применением термогенерирующего активатора глубокого проникновения на безводной основе в скважинах Чаяндинского НГКМ с использованием технологической жидкости «СП-1ПС» (базовый); определение первоочередных работ по актуализированному плану мероприятий по восстановлению продуктивности эксплуатационных скважин Чаяндинского НГКМ с учетом ранжирования применяемых технологий; ретроспективный анализ сходимости посуточных расчётных и фактических объемов добычи газа в зависимости от температуры окружающей среды на Чаяндинском НГКМ; ретроспективный анализ результатов разновременных ГДИ, выполненных на эксплуатационных скважинах Чаяндинского НГКМ. Результат работы – отчет о НИР «Предложения по обеспечению стабильной работы фонда скважин месторождения». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по проектированию разработки и обустройства Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121101800096-9

СОЗДАНИЕ 3D МАКРО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МГРП И РАЗРАБОТКИ ХАМАКИНСКОГО И ТАЛАХСКОГО ГОРИЗОНТОВ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: анализ геологической модели и результатов обработки сейсмических данных (AVO-инверсии); проверка соответствия геологической сетки и перемасштабирование свойств; оценка качества структурных построений, картирование разломов и трещин; сравнительный анализ

РИГИС со свойствами из одномерных геомеханических моделей; оценка качества результатов обработки сейсмических данных и их пригодность для распространения упруго-прочностных параметров в межскважинное пространство; оценка результатов сейсмических исследований, бурения и адаптивного заканчивания скважин для учета выявленных

локальных особенностей геологического строения в 3D геомеханической модели Чаяндинского НГКМ; построение трехмерной (3D) геомеханической макромодели общего участка УКПГ-3 и УППГ-4 на крупной сетке; дифференциация общего участка УКПГ-3 и УППГ-4 по зонам с учетом геолого-геомеханических особенностей; определение полигонов для секторного моделирования (площадь покрытия каждого сектора не менее 10 х 10 км); построение секторных трехмерных (3D) геомеханических моделей; картирование рисков и благоприятных зон для ГРП/МГРП. Результаты работы – трехмерная геомеханическая макромодель общего участка УКПГ-3 и УППГ-4 Чаяндинского НГКМ, трехмерные

геомеханические секторные модели УКПГ-3 Чаяндинского НГКМ, трехмерные геомеханические секторные модели УППГ-4 Чаяндинского НГКМ, отчет о НИР «Создание 3D макро-геомеханической модели и секторных моделей для задач МГРП и разработки хамакинского и талахского горизонтов». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по проектированию объектов обустройства месторождений Восточной Сибири (Чаяндинское НГКМ, Ковыктинское ГКМ и др.).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121072300020-2

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН СИНХРОННОГО ГИДРОРАЗРЫВА В УСЛОВИЯХ НЕЗАВИСИМОГО ТРЕХОСНОГО НАГРУЖЕНИЯ

Проект направлен на решение задачи повышения безопасности подземной разработки твердых полезных ископаемых и предусматривает проведение численных экспериментов и лабораторных исследований процесса формирования и распространения трещин гидроразрыва, одновременно создаваемых в нескольких близкорасположенных скважинах. Научная значимость ожидаемых результатов проекта заключается в их новизне. Для выполнения математического моделирования будет использоваться программный комплекс Abaqus, в котором реализован один из наиболее современных и перспективных способов моделирования развития трещины без перестроения расчетных сеток – расширенный метод конечных элементов (XFEM). Физическое моделирование

процесса гидроразрыва будет выполняться на уникальной установке, в которой осуществляется независимое трехосное сжатие крупногабаритного образца кубической формы с длиной ребра 400 мм, моделирующее сложные горно-технологические условия разработки твердых полезных ископаемых. Результаты научных исследований могут быть применены для решения актуальных задач горного дела, связанных с повышением эффективности шахтного ГРП и безопасности подземных работ, например, интенсификации дегазации угленосного массива, защиты горных выработок от выхода в них естественных и искусственных трещин, разгрузки горного давления, борьбы с зависаниями труднообрушаемой кровли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА ИМ. Н.А. ЧИНАКАЛА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121101800083-9

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СКВАЖИН С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: аудит исходной геолого-геофизической информации; экспертиза существующих геомеханических моделей в зоне УКПГ-3 по результатам анализа ГРП/МГРП по скважинам ретроспективного анализа; разработка программы геомеханического доизучения в зоне УКПГ-3 Чаяндинского НГКМ, включая разработку рекомендаций по комплексам ГИС, пластовым испытаниям, керновым и другим специальным исследованиям; анализ проведенных ранее работ по гидроразрыву пласта (ГРП) и тестовых закачек Чаяндинского НГКМ; разработка программы ОНР-1 по обоснованию выбора технологий восстановления продуктивности скважин с учетом геологических особенностей Чаяндинского НГКМ в зоне УКПГ-3; разработка рекомендаций по выполнению последующих этапов работы и дополнительных исследований, необходимых

для выполнения геомеханического моделирования. Результаты работы – отчет о НИР «Комплексный анализ исходной геолого-геофизической и промысловой информации для геомеханического моделирования и построения дизайна трещин ГРП в зоне УКПГ-3 Чаяндинского НГКМ», отчет о НИР «Программа по обоснованию выбора технологий восстановления продуктивности скважин с учетом геологических особенностей Чаяндинского НГКМ». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по проектированию объектов обустройства месторождений Восточной Сибири (Чаяндинское НГКМ, Ковыктинское ГКМ и др.).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121052600328-8

РАЗРАБОТКА РАЗЪЕДИНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С ФУНКЦИЕЙ ГЕРМЕТИЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Предназначен для установки и разъединения, подвижного герметичного соединения колонны НКТ с оставляемым автономно в эксплуатационной колонне (ЭК) пакерно-якорным оборудованием, а также для его извлечения. Оборудование разрабатывается как альтернатива устройству М-2 и позволяет без извлечения пакера заменить оборудование,

находящееся выше пакера. Возможность использования при ОРЭ и при операциях ГРП. Использование разъединительного устройства с функцией герметичного соединения (далее – устройство) должно позволить сократить: - 30 % сократить продолжительность технологических операций при ПРС и снизить эксплуатационные затраты НГДУ.

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

№ 121121600294-9

ГИДРОДИНАМИКА СКВАЖИН И ПРИСКВАЖИННЫХ ЗОН В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ РЕОЛОГИИ ЖИДКОСТЕЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПОРОДЫ

Цель – математическое моделирование многомасштабных течений реологически сложных жидкостей в скважине и в прискважинной зоне с учетом возможных деформаций породы, гидроразрывов, разрушений, межфазной динамики, транспорта частиц и капиллярных эффектов. В данном проекте самый крупный масштаб связан с размерами фронтов, которые возникают при движении жидкости в пористых и трещиновато-пористых породах. Примерами служат вытеснение нефти водой, заполнение трещины гидроразрыва проппантом, внедрение фильтрата бурового раствора, вынос песка на этапе нефтедобычи и т.п. Жидкость гидроразрыва, буровой раствор относятся к неньютоновским жидкостям. Причем такие жидкости не деформируются при малых сдвиговых напряжениях. Наличие частиц проппанта и их микровращения – это причина специфики определяющих уравнений. Будет развита теория вязкопластических микрополярных жидкостей, которая учитывает микровращения и микроинерцию. В течениях гранулированных жидкостей наименьший масштаб связан с размерами твердых частиц. В ряде случаев необходимо учитывать сочетание разных масштабов, например, при заполнении проппантом трещины гидроразрыва пласта. Для предотвращения прорыва воды к добывающей скважине

применяются гели, которые с точки зрения реологии являются вязкоупругими жидкостями. Ряд буровых растворов также обладают ярко выраженными вязкоупругими свойствами. Одна из целей проекта – исследование моделей вязкоупругости Максвелла и Кельвина-Фойхта. Планируется изучить эти модели в несжимаемом случае: их зависимость от выбора объективной производной в реологическом уравнении, структуру слабых и сильных разрывов решения, асимптотику решений при больших и малых временах релаксации. Проект включает и такие задачи теории фильтрации, которые связаны с методами увеличения нефтеотдачи (МУН). Будут рассмотрены химические методы, которые подразумевают поддержание пластового давления путем нагнетания в пласт растворов различных химических веществ. Примерами являются заводнения полимерами, поверхностно-активными веществами (ПАВ), щелочью и смесями химреагентов. Полимер увеличивает вязкость воды, при этом вода перестает опережать нефть в более проницаемых участках пласта и фронт вытеснения выравнивается. Растворы ПАВ уменьшают поверхностное натяжение на границе нефть-вода и способствует более легкому вымыванию нефти из пор. Добавление щелочи к химическому раствору уменьшает адсорбцию ПАВ и полимера.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГИДРОДИНАМИКИ ИМ. М.А. ЛАВРЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121121400283-5

РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫМИ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СВОЛАМИ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА

Будет разработано программное обеспечение для моделирования притока к пологим и горизонтальным скважинам вскрывающим нефтяные и газовые пласты. Инновационность разработки заключается в создании моделей притока к скважинам с наклонно-направленной и горизонтальной траекторией ствола по пласту, учитывающих не только фильтрационно-емкостные свойства пласта, физические свойства пластового флюида, длину вскрытия, а дополнительно тип заканчивания и траекторию по пласту таких скважин. Цели и задачи проекта: Разработка программно-информационного обеспечения, для моделирования работы нефтяных и газовых пологих и горизонтальных скважин с различным типом конструкции забоя. Задачи: Разработка математической модели, описывающей приток к пологой нефтяной скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка математической модели, описывающей приток к горизонтальной нефтяной скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка математической модели, описывающей приток к пологой газовой скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка математической модели, описывающей приток к горизонтальной газовой скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка программного продукта, на основе математических моделей

и алгоритмов, полученных для нефтяных и газовых скважин с системой трещин ГРП Краткое описание проблематики, на преодоление которой направлен проект: Необходимо научное обоснование технологического назначения и режима работы отдельных скважин с учетом неоднородности продуктивных пластов и особенностей залежи, так как уже на стадии разбуривания месторождения единая (по проекту) система разработки представляет собой совокупность скважин, эксплуатация которых не соответствует проектным технико-экономическим показателям. Эффективным считается применение скважин с системой трещин не только для выработки не охваченных воздействием зон на уже заводненных или истощенных месторождениях, но и включение их в систему разработки при проектировании начальных стадий разработки месторождений. Прогнозировать эффективность эксплуатации скважин можно только на основе всестороннего обследования ранее построенных скважин, включая геофизические измерения, что позволит использовать зависимости, полученные Ю.И. Стяжаниным и А.П. Телковым и модернизированные в ходе предполагаемого научного исследования под скважины с различным типом заканчивания и системой трещин многостадийного гидроразрыва.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 12112900095-7

«МЯГКИЕ» КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОГЕЛЕЙ И МИЦЕЛЛЯРНЫХ ПАВ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Проект направлен на получение и исследование свойств «мягких» нанокомпозитных материалов на основе гелей, способных контролируемым образом формироваться и разрушаться при внешнем физико-химическом воздействии. Такие материалы в первую очередь интересны для нужд нефтедобывающей промышленности, имеющей первостепенное значение для экономики нашей страны.

Так, предложенные в проекте «мягкие» нанокомпозитные материалы на основе супрамолекулярных сетчатых структур, формируемых за счет гидрофобных взаимодействий, способные разрушаться в присутствии углеводов (нефти), перспективны для создания среды с высокой проницаемостью по отношению к нефти, используемой в технологии гидроразрыва пласта. Макрогели, обратимо

формирующиеся из микрогелей, перспективны для создания селективных систем для блокирования водопритоков в

нефтедобывающих скважинах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 121071400133-1

ТЕОРИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Актуальность проекта обусловлена тем, что волновые методы являются одним из главных способов диагностики состояния технических систем, а также технологических процессов. В данном проекте предполагается создание и развитие теоретических основ: определения состояния призабойных зон скважин, качества гидроразрыва пласта (ГРП); разведки газогидратных месторождений, основанных на изучении особенностей распространения продольных, поперечных волн и волн Стоунли в гидратосодержащих песчаных породах; исследования герметичности и нарушения пропускной способности трубопроводов (например, связанных с отложением газогидратов). На основе математического моделирования и численного анализа теоретических построений будут рассмотрены следующие способы зондирования: 1. Метод эхолокации, основанный на эволюции импульсных сигналов при распространении в скважинах и трубопроводах, при отражениях от призабойных зон, а также, от поврежденных участков трубопроводов в виде нарушений герметичности, и за счет отражения от гидратных и парафиновых отложений. 2. Метод локального акустического зондирования, основанного на распространении импульсного сигнала во флюиде в кольцевом зазоре между корпусом зонда и проницаемой стенкой в призабойной зоне скважины на участке с продольными или поперечными ГРП трещинами (акустический «телевизор»). 3. Метод акустической спектроскопии, который предполагает возбуждение собственных колебаний столба жидкости в скважине. При этом, частота колебаний и коэффициент затухания давления в разных местах внутренней стенки скважины даёт информацию о состоянии призабойной зоны скважины (о проницаемости пластов, качестве перфорации, гидроразрыва пластов). 4. Метод опрессовки предполагает определение состояния призабойных зон пластов, нарушение герметичности трубопроводов и емкостей для хранения по темпам релаксации давления после опрессовки. Для

повышения характерных времен релаксации, более удобным с точки зрения практической реализации, предлагается провести опрессовку введением газовых оторочек. 5. Метод возбуждения фильтрационных волн в нефтяном пласте с вертикальной или горизонтальной трещиной гидроразрыва при переменных законах изменения давления в забое скважины или дебита скважины (циклические режимы отбора или нагнетания флюидов, разные временные протяженности этих циклов). Фильтрационные потоки в пластах, подверженных ГРП, представляют собой многомерные и многомасштабные течения, определяемые конфигурацией пластов и систем трещин, образованных при ГРП. При функционировании скважин, даже в режиме постоянного дебита или постоянного перепада давления между забойным и пластовым значениями до выхода на «крейсерский» режим фильтрационные потоки проходят ряд переходных этапов. Совместный анализ законов изменений давления и дебита скважины может дать информацию о коллекторских характеристиках пласта, обусловленных конфигурацией и геометрическими параметрами ГРП трещин. 6. Наличие газогидратов в песчаных породах значительно меняет их волновые свойства (скорость продольных и поперечных волн, закономерности отражения и преломления на границах с другими породами, например) по сравнению с водонасыщенными породами. Следовательно, геологическая разведка газогидратных месторождений акустическими методами обуславливает развитие теории волновой динамики гидратосодержащих пластов. Данный проект существенно позволит развить теоретические основы новых технологий для диагностики систем добычи, георазведки газогидратных месторождений, транспортировки и хранения углеводородного сырья, основанных на наиболее ярко выраженных акустических явлениях, встречающихся в этих системах или искусственно созданных, что и определяет научную новизну проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121080400173-9

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЙ КОМПЛЕКСИРОВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ В ПРОЦЕССЕ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ 1D/3D ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИЗАЙНА ГРП, ПРОГНОЗА ТРЕЩИНОВАТОСТИ СРЕДЫ

Объектом исследования является программная реализация математических и программно-архитектурных методов обмена данными (импорта и экспорта данных) между блоками комплексной программной системы для 1D и 3D геомеханического моделирования, прототипе программы для дизайна ГРП, прототипе программы прогноза трещиноватости среды. Целью создания опытного образца программного обеспечения является разработка принципиально нового отечественного программно-архитектурного решения

для построения, редактирования и одновременной визуализацией 1D и 3D геомеханических моделей путем интеграции имеющейся геолого-геофизической, лабораторно-аналитической, промыслово-технической информации в едином информационном пространстве базы данных. Образец программного обеспечения предполагает выполнение высокопроизводительных численных расчетов в многопоточном кроссплатформенном приложении на основе использования новейших информационных технологий.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ИННОПОЛИС»

№ 121113000093-9

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОПЕРАЦИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Целью проекта является разработка прототипа аппаратно-программного комплекса для мониторинга процесса гидроразрыва пласта (ГРП) в режиме реального времени. Гидроразрыв пласта — один из самых эффективных методов нефтеотдачи и интенсификации притока жидкости и газа к

скважинам. Метод заключается в создании высокопроводимой трещины в целевом пласте для обеспечения притока добываемого флюида к забою скважины. Актуальной задачей является мониторинг проведения операции ГРП. В данное время большинство исследователей проводят мониторинг

процесса ГРП и выдают информацию в течении от одной недели – до двух месяцев после завершения процедуры ГРП. Разрабатываемый прототип позволит в режиме

реального времени регистрировать сейсмические события, обусловленные развитием трещины ГРП.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОЛТЕХ»

№ 121102600040-1

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА НАСОСА ПЛУНЖЕРНО-ЛОПАСТНОГО ПОДАЧИ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Цель Разработки опытного образца насоса плунжерно-лопастного малогабаритного подачи пластичной смазки с автоматизированной системой управления Задачи - Комбинирование в одном насосном агрегате двух систем подачи пластичной смазки: лопастной и плунжерной при сохранении малых массогабаритных параметров - Автоматизация систем контроля и управления рабочими параметрами при возможности их изменения - Создание возможности механического и программного интегрирования насоса в систему смазки трех- (TWS) и пяти- (QWS) плунжерных насосов постоянного высокого давления - основного оборудования. Актуальность для проведения гидравлического разрыва пласта (ГРП) при операциях по повышению нефтеотдачи пласта используются дорогостоящие трех- (TWS) и пяти- (QWS) плунжерные насосы постоянного высокого давления импортного производства. Одной из основных причин выхода из строя указанных насосов является техническая недоработка конструктива системы смазки

плунжеров в гидравлической части, доказанным техническим решением чего является замена смазки плунжеров с жидкой на пластичную, для чего необходимо дооборудование указанных насосов неким малогабаритным насосом подачи пластичной смазки с рабочим давлением от 0 МПа до 34,4 МПа. В линейке продукции отечественных производителей насосного оборудования подобных насосов нет Результат Создание эскизной конструкторской документации, алгоритмов работы программы, описания программы, эскизной эксплуатационной документации и опытного образца насоса плунжерно-лопастного малогабаритного подачи пластичной смазки с автоматизированной системой управления Области применения Нефтегазовая отрасль - эксплуатационное нефтепромысловое оборудование (ГРП) Потребители Нефтяные и нефтесервисные организации, использующие трех- (TWS) и пяти- (QWS) плунжерные насосы постоянного высокого давления

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СЕТАГОР»

№ 122022200188-4

ПРОТОТИП МОДУЛЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИЗАЙНА ПРОПАНТНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В КАРБОНАТНЫХ И ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

Проект связан с разработкой цифрового модуля для расчета дизайна гидравлического разрыва пласта, с целью оптимизации проведения геолого-технических мероприятий по гидравлическому разрыву пласта в нефтегазодобывающих скважинах и включает в себя: обзор мирового опыта к моделированию гидравлического разрыва пласта; сравнение современных моделей проектирования гидравлического разрыва пласта; исследование применимости моделей остаточной проводимости трещины для задач моделирования гидравлического разрыва пласта; выбор оптимальных моделей для проектирования гидравлического разрыва пласта; разработку математической модели образования и роста трещины гидроразрыва слоисто-неоднородного карбонатного пласта, учитывающую фильтрационно-емкостные свойства и литологию породы, вертикальный

профиль напряжений; разработку математической модели процесса закачки стадий активных и неактивных жидкостей в вертикальную скважину и слоисто-неоднородный пласт, в рамках псевдостационарной однофазной модели течения в трещине; разработку методики расчета продуктивности трещины, общего скин-фактора скважины до и после обработки; создание технического проекта на разработку информационной системы; численную реализацию разработанных математических моделей и алгоритмов; разработка программной оболочки информационной системы; проведение тестирования разработанного расчетного ядра прототипа модуля гидравлического разрыва пласта на искусственных данных; апробация разработанного расчетного ядра прототипа модуля гидравлического разрыва пласта на реальных данных геолого-технических мероприятий

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122072200002-8

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КЕРНОВОМ МАТЕРИАЛЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОРИСТУЮ СРЕДУ В ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ

В процессе работы проводятся следующие исследования: выбор объекта исследования; проведение стандартных петрофизических исследований образцов диаметром 30 мм; создание рекомбинированных проб флюидов, моделирующих пластовые углеводородные системы; проведение измерений фазовых проницаемостей и коэффициентов вытеснения в системах «нефть-вода», «нефть-газ», «газ-вода»; проведение исследований кернового материала с целью измерения деформаций (упругих модулей) керна; оценка изменений механических свойств, проницаемости и сжимаемости образцов керна при контакте с вводимыми в пласт жидкостями в пластовых условиях; оценка эффективности парагазового воздействия по вытеснению вязкой нефти из модели пласта; проведение исследований проводимости пропантовой упаковки при гидроразрыве пласта. Результат работы -

отчет о НИР «Результаты комплексных экспериментальных исследований на керновом материале при моделировании фильтрационных процессов и методов воздействия на пористую среду в термобарических условиях залегания пласта на универсальной автоматизированной установке». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по специальным исследованиям керна, моделированию фильтрационных процессов и методов воздействия на пористую среду в термобарических условиях

залегающих пласта.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 121051300037-5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УДАЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ (ПРОППАНТНЫХ) ПРОБОК ИЗ СКВАЖИН

На сегодняшний день большинство скважин в ПАО «Татнефть» вступили в позднюю стадию разработки, которая характеризуется низкими устьевыми параметрами и поступлением на забой скважины пластовой воды. Применение традиционных способов разбуривания уплотненной пробки (песчаной, проппантной) с использованием роторов или забойных двигателей для вращения колонны НКТ или БТ подразумевает длительный процесс проведения спускоподъемных операций колонн НКТ или БТ. Поэтому разработка технологии и технических средств для удаления песчаных, проппантных пробок без забойных гидравлических двигателей является актуальной задачей. Технические средства для удаления уплотненной пробки (песчаной, проппантной) в скважине содержат оборудование, состоящее из соединенных между собой породоразрушающего инструмента (снизу) и гидромониторного инструмента с возможностью обратной промывки (сверху). Преимущество предлагаемой технологии

и технических средств для её реализации состоит в том, что технические средства, предназначенные для удаления уплотненной пробки в скважине позволяют производить рыхление за счёт механического воздействия на уплотнённую песчаную или проппантную пробку породоразрушающим инструментом и размывание разрыхлённой уплотнённой песчаной или проппантной пробки подачей жидкости по колонне НКТ через сопла гидромониторного инструмента, а затем вымывание размытой песчаной или проппантной пробки через отверстие для обратной промывки, выполненное в гидромониторном инструменте. Реализация технологии позволяет удалить уплотненную песчаную пробку, полученную на забое скважины по причине выноса песка из пласта или проппантную пробку, образовавшуюся при проведении гидравлического разрыва пласта, при этом из компоновки технических средств исключен забойный двигатель. Все это сокращает материальные и временные затраты на ремонт.

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

№ 121112500078-4

РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫМИ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СВОЛАМИ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА

Будет разработано программное обеспечение для моделирования притока к пологим и горизонтальным скважинам вскрывающим нефтяные и газовые пласты. Инновационность разработки заключается в создании моделей притока к скважинам с наклонно-направленной и горизонтальной траекторией ствола по пласту, учитывающих не только фильтрационно-емкостные свойства пласта, физические свойства пластового флюида, длину вскрытия, а дополнительно тип заканчивания и траекторию по пласту таких скважин. Цели и задачи проекта: Разработка программно-информационного обеспечения, для моделирования работы нефтяных и газовых пологих и горизонтальных скважин с различным типом конструкции забоя. Задачи: Разработка математической модели, описывающей приток к пологой нефтяной скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка математической модели, описывающей приток к горизонтальной нефтяной скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка математической модели, описывающей приток к пологой газовой скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка математической модели, описывающей приток к горизонтальной газовой скважине с учетом конструкции забоя и системы трещин ГРП Разработка программного продукта, на основе математических моделей

и алгоритмов, полученных для нефтяных и газовых скважин с системой трещин ГРП Краткое описание проблематики, на преодоление которой направлен проект: Необходимо научное обоснование технологического назначения и режима работы отдельных скважин с учетом неоднородности продуктивных пластов и особенностей залежи, так как уже на стадии разбуривания месторождения единая (по проекту) система разработки представляет собой совокупность скважин, эксплуатация которых не соответствует проектным технико-экономическим показателям. Эффективным считается применение скважин с системой трещин не только для выработки не охваченных воздействием зон на уже заводненных или истощенных месторождениях, но и включение их в систему разработки при проектировании начальных стадий разработки месторождений. Прогнозировать эффективность эксплуатации скважин можно только на основе всестороннего обследования ранее построенных скважин, включая геофизические измерения, что позволит использовать зависимости, полученные Ю.И. Стыляным и А.П. Телковым и модернизированные в ходе предполагаемого научного исследования под скважины с различным типом заканчивания и системой трещин многостадийного гидроразрыва

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121121400408-2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА К ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ СКВАЖИНАМ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА ВСКРывАЮЩИМ УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫЕ КОЛЛЕКТОРА

Будет научно обоснованы аналитические зависимости остаточной нефтенасыщенности и коэффициента вытеснения нефти водой от начальной нефтенасыщенности для ультранизкопроницаемых коллекторов нефтяных месторождений Западной Сибири. 2. Будут установлены эмпирические зависимости начального дебита жидкости горизонтальных скважин с многостадийными гидроразрывами и наклоннонаправленных скважин с большеобъемными

гидроразрывами низкопроницаемых пластов от комплекса геолого-технологических параметров. Проведение аналитических расчетов и трёхмерного моделирования будет обосновано направление активизации выработки запасов ультранизкопроницаемых объектов горизонтальными скважинами с многостадийными гидроразрывами. Оптимизация сочетания длины горизонтальной части ствола в пласте и его азимутального расположения с количеством

стадий гидроразрыва и параметрами создаваемых трещин

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123071400030-1

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ГАЗА НА ТАС-ЮРЯХСКОМ И ВЕРХНЕВИЛЮЧАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В процессе работы планируется обосновать применение различных технологий интенсификации добычи газа, разработать методику подбора скважин-кандидатов, а также провести моделирование дизайна гидроразрыва пласта для типовых скважин. Результатом работы является отчет о НИР «Обоснование применения технологий интенсификации добычи газа на основе результатов лабораторных исследований кернового материала Тас-Юряхского и

Верхневилучанского месторождений». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти при обосновании выбора технологий интенсификации добычи газа на добывающих скважинах Тас-Юряхского и Верхневилучанского месторождений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

2022

№ 122020300141-4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЗАПОЛНЕНИЯ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ

Гидравлический разрыв пласта является основным методом интенсификации добычи углеводородов, причем его роль возрастает по мере перехода к разработке трудноизвлекаемых запасов, месторождений в сланцевых породах, баженской и доманиковской свитах. Усложнение технологии проведения гидроразрыва предъявляет требования к усложнению расчетных моделей, используемых при планировании и проведении работ. Проверка справедливости предположений, используемых в теоретических моделях, возможна только путем проведения контролируемых экспериментов в лабораторных условиях. В этих экспериментах важным является использование методов измерения, не оказывающих влияния на изучаемый процесс, с одной стороны, и позволяющих получить максимальную информацию, с другой стороны. Коллектив проекта несколько лет проводит экспериментальное изучение гидроразрыва на оригинальной установке, позволяющей работать в условиях трёхосного нагружения на образцах цилиндрической формы

достаточно большого диаметра (430 мм) и высотой 70 мм. В последних экспериментах нами было использование ультразвуковое просвечивание образцов в ходе образования гидроразрыва и заполнения его жидкостью. Были получены интересные результаты, требующие развития этого метода и его тестирования в специальных экспериментах с контролируемой апертурой раскрытия трещин гидроразрыва, контролируемым заполнением его жидкостью, контролируемой площадью контактов между берегами трещины при неполном ее смыкании. Будет изучено влияние вышеперечисленных факторов на параметры проходящих через трещину ультразвуковых импульсов. Предлагаемый метод позволит также определить возможность образования «мостиков» неразрушенной породы, которые могут возникать при образовании трехмерной трещины. Наряду с экспериментами предполагается проведение расчетов прохождения упругих волн через трещины с неполным разрушением материала и разным заполнением жидкостью.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ ГЕОСФЕР ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.А. САДОВСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122040400015-5

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДИНАМИКА НЕДР ЗЕМЛИ - КОРЫ, ВЕРХНЕЙ МАНТИИ И ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Использование ресурсов недр (добыча полезных ископаемых, в том числе углеводородов, закачка жидких отходов, освоение геотермальных источников энергии и т.д.) сопровождается воздействием на подземные флюидные системы. Изменение порового давления в результате такого воздействия приводит к изменению напряженно-деформированного состояния породного массива, что проявляется в виде деформаций поверхности и сейсмических событий, от микроколебаний до ощутимых на поверхности землетрясений. Сейсмические события, с одной стороны, являются негативным следствием воздействия на недра, с другой стороны, они позволяют оценить геомеханические свойства пород, анизотропию свойств, оценить проницаемость пород и изменение проницаемости в пространстве и времени в ходе разработки месторождений. Особую актуальность прогнозирование реакции подземных флюидных систем на воздействие приобретает в связи с начавшимся во всем мире широким введением в эксплуатацию сланцевых месторождений газа и реализацией проектов по строительству геотермальных электростанций. И в одном, и в другом случае предполагается проведение массовых гидравлических разрывов пластов (для повышения дебитов углеводородов,

для увеличения приемистости закачивающих скважин). Регистрация микросейсмических событий при проведении гидроразрыва пласта является в настоящее время основным методом получения информации о положении и геометрии создаваемой трещины. Исключительно важной является информация о существующих в коллекторах системах трещин различного ранга. Практически единственную возможность определения положения и ориентации естественных трещин в разрабатываемых массивах дает регистрация сейсмических событий, связанных с подвижками по естественным трещинам, инициированным воздействием на подземные флюидные системы. В настоящее время ощущается нехватка фундаментальной проработки многих вопросов микросейсмического мониторинга. Сложность условий реального массива горных пород, включающего флюидные системы, многофакторность решаемых задач, неопределенность параметров, необходимых для описания изучаемых явлений, делают необходимым построение и анализ физических моделей, их изучение в лабораторных и

численных экспериментах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ ГЕОСФЕР ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.А. САДОВСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122041800038-7

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА СКВАЖИНЫ С БОКОВЫМ ОТВЕТВЛЕНИЕМ В НЕОДНОРОДНОМ ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Проект направлен на повышение безопасности подземной разработки твердых полезных ископаемых и предусматривает проведение численных экспериментов и лабораторных исследований процесса формирования и распространения трещин гидроразрыва, создаваемых в одной или нескольких близкорасположенных скважинах, имеющих боковое ответвление. В рамках проекта запланировано решение следующих задач: – разработка математической модели распространения трещины ГРП, создаваемой в одной или нескольких скважинах, которые имеют боковое ответвление; – верификация математической модели по результатам лабораторных испытаний ГРП в кубических образцах, проведенных на двух различных

стендах (образцы из твердеющего состава и оргстекла 200 мм, независимое трехосное сжатие; образцы из твердеющего состава 420 мм, независимое трехосное сжатие); – разработка технологические рекомендации по выполнению ГРП в шахтных условиях с целью создания в пласте протяженных разрывов заданной направленности. Результаты выполнения проекта могут быть применены для решения актуальных задач горного дела, связанных с повышением эффективности шахтного ГРП и безопасности подземных работ, например, интенсификации дегазации углепородного массива, разгрузки горного давления, защиты горных выработок от выхода в них естественных и искусственных трещин, контролируемой посадки труднообрушаемой кровли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА ИМ. Н.А.ЧИНАКАЛА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122060900001-1

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: обоснование граничных условий по выбытию скважин, предельной депрессии на пласт; обоснование продуктивности проектных скважин; обоснование критериев по выбору диаметров лифтовых колонн и архитектуры заканчивания скважин; оценка эффективности реализации решений по освоению скважин с первичной интенсификацией притока методом гидроразрыва пласта; ранжирование месторождения на геолого-геомеханические зоны по ориентации главных напряжений; многовариантные расчеты дизайнов ГРП для горизонтальных скважин с учетом интервала проводки ствола скважин, положения портов ГРП и объема закачки; разработка рекомендаций на основе реализованных операций ГРП по оптимальному числу стадии ГРП и объему закачки с учетом геолого-геомеханических параметров пласта и выработка рекомендаций по выбору тоннажа; разработка цифровой модели трещины гидроразрыва пласта проектных скважин Ковыктинского ГКМ; разработка цифровой технологической модели различных вариантов комбинирования системы сбора и подготовки скважинной продукции; разработка интегрированной модели Ковыктинского ГКМ; обоснование удельных капитальных вложений в разрезе объектов обустройства месторождения; анализ налогового окружения проекта; создание финансово-экономической модели разработки

Ковыктинского газоконденсатного месторождения; разработка вероятностной геологической модели Ковыктинского ГКМ; оценка влияния неопределенности структурного фактора на подсчетные параметры; анализ положения межфлюидных контактов и его воздействия на величину запасов углеводородов; обоснование пределов варьирования подсчетных параметров, характеризующих ФЕС; анализ распределения возможных оценок величины запасов углеводородов. Результаты работы – Цифровая модель трещины гидроразрыва пласта проектных скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения; Цифровая технологическая модель системы сбора и подготовки скважинной продукции Ковыктинского газоконденсатного месторождения; Интегрированная модель Ковыктинского газоконденсатного месторождения; Финансово-экономическая модель разработки Ковыктинского газоконденсатного месторождения; Цифровая вероятностная геологическая модель Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки Ковыктинского месторождения углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122062400037-9

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НАЗЕМНОГО СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА

ООО «СИГМА», на основании отечественного и зарубежного опыта проведения наземных площадных сейсмометрических исследований и наземного микросейсмического мониторинга, разработала свой уникальный методологический подход, алгоритмы, программные средства и оборудование с целью контроля проведения операций гидроразрыва пласта (ГРП). В процессе реализации проекта по созданию системы мониторинга процесса проведения гидроразрыва пласта определяются следующие, важные для Заказчика характеристики: Геометрические характеристики

возникающей трещиноватости: Определение азимутов; Определение протяженности; Определение характера развития зон трещинообразования; Оценка зон вероятного проникновения проппанта в пласте. Целью работы является создание отечественного интеллектуального программно-методического комплекса для контроля процессов гидроразрыва пласта (ГРП) углеводородных залежей и подземных хранилищ газа (ПХГ), что позволит создать технологию контроля и мониторинга ГРП, получать оперативную и достоверную информацию о

развитии трещины ГРП на основе машинного обучения и автоматического принятия решений. Цифровизация и интеллектуализация геолого-технологических процессов на основе данных наземного сейсмометрического мониторинга контроля за процессом ГРП в нефтегазовой залежи, позволит управлять процессом разработки месторождений УВ и ПХГ, проектировать направление стволов горизонтальных скважин, получать информацию о напряженно-деформируемом состоянии продуктивного пласта. Новизна разработки заключается в создании интеллектуального программно-методического комплекса для контроля

процессов проведения ГРП углеводородных залежей и подземных хранилищ газа (ПХГ) с применением наземного сейсмометрического мониторинга на основе машинного обучения и реализации автоматизированного принятия решений. Будет создана система инструментального замера текущего состояния трещины ГРП, на основе наземного сейсмометрического мониторинга с возможностью выявления азимута, длины, высоты зон трещинообразования и возможного зон проникновения пропанта. Высокая точность и глубинность применяемой системы контроля ГРП, позволят осуществлять наблюдение по всему геологическому разрезу.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СИГМА»

№ 122072500030-8

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРП И МГРП ДЛЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ХАМАКИНСКОМ И ТАЛАХСКОМ ГОРИЗОНТАХ ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: научно-техническое сопровождение операций ГРП на скважинах ОПР-1 в части согласования и подготовки оптимальной программы тестовых закачек, дизайна, редизайна, моделирования геометрии трещин ГРП и последующей калибровки трёхмерной (3D) секторной геомеханической модели; анализ выполненных МГРП в зоне УКПГ-3 в рамках программы ОПР-1 по восстановлению продуктивности скважин, не вышедших из освоения, разработка рекомендации по технологии ГРП, закачиванию горизонтальных стволов под МГРП и дизайнам ГРП для скважин зоны УКПГ-3; комплексирование результатов работ по адаптивному заканчиванию скважин (выработка рекомендаций по проводке субгоризонтальных стволов на основе локального уточнения геологической модели с помощью локаций микросейсмических событий) и результатов геомеханического моделирования в процессе эксплуатационного бурения скважин для выработки комплексных рекомендаций по азимутальному направлению и профилю проектных скважин для последующего проведения МГРП; разработка программы опытно-

промышленных работ (ОПР-2) для наклонно-направленных скважин (ННС) по определению оптимальных технологий ГРП на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ; разработка программы опытно-промышленных работ (ОПР-3) по определению оптимальной технологии многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ для скважин с субгоризонтальным окончанием ствола. Результаты работы – отчёт о НИР «Обоснование выбора оптимальных технологий ГРП для наклонно-направленных скважин на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ»; отчет о НИР «Обоснование выбора оптимальных технологий МГРП для горизонтальных скважин на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по проектированию объектов обустройства месторождений Восточной Сибири (Чаяндинское НГКМ, Ковыктинское ГКМ и др.).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122080200023-8

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ЭЛЕКТРОКЛАПАНА

Для повышения нефтегазоотдачи применяется гидроразрыв пласта (далее - ГРП). Давление при ГРП на месторождениях сегодня достигает 1000 атм. (новые месторождения более глубокие, давление пласта выше, чем у открытых ранее). Для уменьшения нагрузки (перепада давления) на насосно-компрессорную трубу (НКТ) в затрубное пространство (между НКТ и обсадной колонной) закачивается тяжелый раствор, который необходимо вымыть перед началом эксплуатации скважины. В рамках всего проекта будет разработан программно-аппаратный комплекс «Циркуляционный электроклапан для нефтегазовых скважин», предназначенный для промывки НКТ и пространства между насосно-компрессорной трубой (НКТ) и обсадной колонной от тяжелого раствора, а также позволяющий дистанционно контролировать давление и температуру нефтегазового пласта. Уникальная особенность - проходной для флюида осесимметричный электродвигатель, имеющий большой проходной канал (70 мм, для прокачки флюида сквозь себя и позволяющий пройти через клапан геофизическим приборам) при внешних габаритах не более 152 мм (для безопасного размещения внутри типовой обсадной колонны с внешним диаметром 178 мм и толщиной стенки 10 мм). Осесимметричность механических деталей резко снижает себестоимость их изготовления (в 5-10 раз). Данный электроклапан позволит добывающим компаниям удаленно (из офиса) осуществлять промывку НКТ и затрубного пространства и контролировать разработку пласта с помощью датчиков давления и температуры без дополнительных

затрат на бригаду комплексного ремонта скважин, которую сейчас необходимо привлекать для открытия и закрытия механических клапанов. Это позволит сэкономить около 20 миллионов рублей при каждом открытии - закрытии клапана (по информации от заказчиков (например, ПАО «Новатэк») - примерно 1 раз в 2 года клапан будет открываться и закрываться для каждой скважины для кислотной обработки пласта), а также уменьшить простой скважины на 3-5 дней (уменьшить потери добычи, которые составляют около 1 млн кубов газа в сутки). Внедрение конечного продукта «Циркуляционный электроклапан» позволит значительно повысить энергоэффективность нефтегазодобывающих скважин за счет экономии затрат (связанных с выездом бригады на скважину для открытия и закрытия клапана), минимизации ручного труда, числа задействованного персонала и объема используемого оборудования, а также сокращения потерь добычи углеводородов из-за простоя скважины. Планируется пройти процедуру подтверждения производства промышленной продукции на территории Российской Федерации и включить программно-аппаратный комплекс «Циркуляционный электроклапан» в Реестр российской промышленной продукции, поскольку конечный продукт относится к технологиям импортозамещения. В рамках первого этапа НИОКР (1 год) будет создан и испытан в лаборатории макет циркуляционного электроклапана. Функции, выполнение которых должен обеспечивать разрабатываемый научно-технический продукт: - прокачка через электроклапан жидкости промыва скважины (воды), -

мониторинг давления и температуры нефтегазового пласта, смеси.
- прокачка сквазь электроклапан добываемой нефтегазовой

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НЕОВЭЛЛ»

№ 122080300004-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ

Проект направлен на разработку теоретических основ термогазохимического воздействия на нефтегазовые пласты, например с помощью импульсов давления, создаваемых горением пороховых зарядов. Основной проблемой в этом направлении является развитие теории взаимосвязанных тепловых и волновых процессов в скважине и пласте как едином резонаторе. Применимость классической теории для таких процессов ограничена, поскольку уравнение движения, представленное законом Дарси, не учитывает инерционных сил, возникающих за счёт изменения скорости во времени и пространстве. Учет инерционных сил существенно усложняет задачи, описывающие поля давления в реальных коллекторах нефти и газа, и требует развития физических основ теории и дополнительных экспериментальных исследований. Впервые основное внимание в проекте будет уделено теоретическому и экспериментальному исследованию взаимосвязанных фильтрационно-волновых полей давления и температуры, возникающих в слоистых анизотропных пористых пластах при термогазодинамическом воздействии, инициирующем упругие волны и выделение тепла. Основными задачами проекта являются: 1) построение теории взаимосвязанных нестационарных фильтрационно-волновых и температурных процессов, инициированных термогазодинамическим воздействием, в слоисто-неоднородной анизотропной среде с учетом фазовых переходов; 2) развитие математических методов решения задач о температурных и упругих волновых полях в пласте и скважине при термогазодинамическом воздействии; 3) создание конечно-разностных программ и аналитико-численные расчёты температурных и полей давления в реальных коллекторах нефти и газа при термогазодинамическом воздействии на пласт; 3) построение асимптотических решений задач сопряжения, описывающих нестационарные поля давления и температуры в продуктивном пласте и окружающих породах с учетом источников тепла, инициированных горением порохового заряда в интервале перфорации скважины; 4) оценка возможностей возникновения трещин в продуктивном пласте при различных режимах горения порохового заряда в скважине; 5) совершенствование лабораторной установки по изучению полей давления и температуры в пористой среде при импульсно-волновом воздействии. Актуальность обусловлена ситуацией, складывающейся в нефте- и газодобывающей промышленности. Анализ современной практики показывает, что основным методом интенсификации нефтегазоизвлечения является гидроразрыв пласта. С применением этой технологии добывается четверть российской нефти. Разработка теоретических основ, позволивших создать и развить этот метод, была осуществлена советскими учеными (Христианович С.А., Желтов Ю.П.).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122101400017-7

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ И РЕАГЕНТАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: анализ и обобщение информации касательно компаний операторов по ГРП и поставщиков материалов для выполнения работ по ГРП в Иркутском центре газодобычи; анализ и обобщение информации по применяемым буровым растворам для строительства скважин на Ковыктинском ГКМ;

Позже эти разработки получили значительное развитие и воплощение в технологиях и механизмах за рубежом, при финансовой поддержке нефтяных компаний США. Таким образом, нефтегазодобывающая отрасль России поставлена в зависимость от импортных технологий. В сложившихся экономических условиях нефтегазодобывающие компании России заинтересованы в импортозамещении. Одним из наиболее перспективных методов воздействия на продуктивный пласт с целью интенсификации нефтеизвлечения является газодинамический разрыв пласта. В основе данного метода лежит использование механической энергии газов, образовавшихся в результате сгорания специального порохового заряда в интервале перфорации скважины, для трещинообразования в продуктивном пласте. Однако широкое применение указанного метода ограничено отсутствием удовлетворительной теории процессов в скважине и пласте, происходящих при высокоамплитудных температурных и упругих импульсных воздействиях. Следствием этой проблемы является невозможность прогноза результатов воздействия и условий обеспечения целостности обсадной колонны и цементного кольца. Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования нестационарных взаимосвязанных полей давления и температуры в пластах при газодинамическом воздействии представляют новое наукоёмкое направление исследований и представляет ряд актуальных научных проблем, решение которых имеет важное прикладное значение. Научная новизна проекта заключается в том, что: - будет развита теория нестационарных взаимосвязанных фильтрационно-волновых и температурных процессов в пласте и скважине, инициированных термогазодинамическим воздействием. Впервые будет систематически учтён вклад инерционных процессов в волновые поля давления; - впервые будут получены аналитические выражения для волновых полей давления и температуры в слоисто-неоднородной анизотропной среде, которые обеспечат нахождение условий трещинообразования в пласте и оценки размеров трещин; - будут созданы конечно-разностные программы и выполнены аналитико-численные вычислительные эксперименты, на основе которых уточнены представления о физических процессах, происходящих при термогазодинамическом воздействии в реальных скважинных условиях, и на этой основе разработаны рекомендации по совершенствованию технологии воздействия; - будут выполнены уникальные лабораторные исследования импульсных волновых полей в пористой среде и экспериментально проверено наличие предсказанного теоретически эффекта низкочастотного торможения.

лабораторные исследования по определению остаточной проницаемости керна парфеновского горизонта после воздействия на него бурового раствора; исследования на совместимость жидкости разрыва при различных концентрациях деэмульгатора с газовым конденсатом; исследования на определение времени капиллярной

пропитки образцов воды при различных концентрациях стабилизатора глин с керновым материалом; лабораторные тестирования на определение физических свойств проппантов различных поставщиков и фракций требованиям ГОСТ Р 51761-2013 «Проппанты алюмосиликатные. Технические условия»; лабораторные исследования по определению базовой и остаточной проводимости проппантов, планируемых к применению для целей гидроразрыва пласта парфеновского горизонта; лабораторные исследования по определению базовой проницаемости керна парфеновского горизонта; лабораторные исследования по определению остаточной проницаемости керна после деструкции жидкости гидроразрыва; лабораторные исследования на растворение при пластовой температуре шаров ГРП в различных средах используемых для активации муфт ГРП; обобщение накопленного отечественного и мирового опыта по применению низковязких жидкостей разрыва и жидкостей ГРП на пенной основе, оценка применимости данных типов

жидкостей на парфеновском горизонте Ковыктинского ГКМ с последующим составлением программы ОНР; лабораторные исследования по определению стабильности жидкости разрыва при пластовой температуре, по восстановлению вязкости жидкости разрыва после приложения сдвиговых нагрузок, исследования на оседание проппанта в жидкости гидроразрыва. Результат работы – отчет о НИР «Предложения по материалам и реагентам для проведения гидроразрыва пластов в условиях парфеновского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения по результатам выполнения лабораторно-исследовательских работ». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации работ по разработке Ковыктинского ГКМ и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122101400018-4

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: сбор, анализ и обобщение информации касательно мировых практик по проведению ГРП на месторождениях-аналогах; выгрузка необходимых геологических и фильтрационных свойств из геологической модели в интервалах расположения муфт ГРП на фактически пробуренных скважинах, на проектных скважинах выбор интервалов муфт согласно наилучшим фильтрационным свойствам постволускважины; расчет технико-технологических параметров ГРП для первоочередных эксплуатационных скважин и для участка залежи с подстилаемой подошвенной водой парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ в различных вариациях с учетом полученных результатов работ по 1 этапу; определение оптимальных технико-технологических параметров для участков парфеновского горизонта с разными ФЕС для реализуемой сетки размещения скважин; анализ критически напряженных разломов, перемычек и барьеров в целевых пластах, концентраций напряжений, разработка рекомендаций по их учету при планировании эксплуатационного бурения и разработки месторождения; оценка забойных давлений при эксплуатации месторождения в зависимости от геолого-геомеханических

условий для достижения наилучшего охвата и дренирования запасов УВ; разработка на основе 3D геомеханического моделирования предложения по технологиям проведения ГРП/МГРП парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ, а так же по проведению ОНР; разработка предложения по проводке ГС, расположению муфт ГРП и пакеров, азимута ГС для скважин под МГРП; расчет технологических показателей разработки месторождения при оптимальных параметрах ГРП для первоочередных эксплуатационных скважин пускового комплекса, а также участка залежи с подстилаемой подошвенной водой парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ. Результат работы – отчет о НИР «Комплексные предложения по применению технологии многостадийного гидроразрыва пласта на парфеновском горизонте для эксплуатационных скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации работ по разработке Ковыктинского ГКМ и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122101400020-7

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕХАНИКО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ПРЕДБУРОВЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: оценка качества гидродинамической модели, переданной Заказчиком, с точки зрения пригодности для геомеханико-фильтрационного моделирования; перемасштабирование исходной гидродинамической модели к геомеханической модели; анализ изменения пластовых/поровых давлений и геолого-промысловых исследований; интерпретация результатов ГДИС, ПГИ на основе аналитических моделей скважин Ковыктинского ГКМ; построение секторных геомеханико-фильтрационных моделей для задач бурения горизонтальных скважин на Ковыктинском ГКМ; адаптация геомеханико-фильтрационных секторных моделей на параметры трещин ГРП и результаты интерпретации ГДИ; расчет изменений напряженно-деформированного состояния горных пород в процессе разработки месторождения, оценка влияния геомеханических эффектов на разработку

месторождения; оценка вероятности реактивации разломов и трещин в течение разработки месторождения; расчёт максимально-допустимых депрессий для предотвращения выноса твердой фазы, выполнение прогноза изменения состояния призабойной зоны пласта в ходе разработки месторождения с вариантами возможного поступления пластовой воды; расчёт максимально возможных годовых темпов отбора газа и предельно допустимых суточных дебитов скважин на основе комплексного геомеханико-фильтрационного моделирования с учетом ограничений, обусловленных изменением напряженно-деформированного состояния среды; разработка на основании существующей 3D геомеханической модели рекомендаций по азимутальному направлению проектных скважин; построение одномерных предбуровых геомеханических моделей для проектных скважин по результатам выполнения этапа 1. Результаты

работы – Геомеханико-фильтрационные секторные модели Ковыктинского Газоконденсатного месторождения»; «Одномерные (1D) предбуровые геомеханические модели проектных скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию

единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации работ по разработке Ковыктинского ГKM и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122101400026-9

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ (3D) МАКРО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: анализ и оценка качества переданной геологической модели и результатов сейсмической AVO-инверсии для задач последующего 3D геомеханического моделирования, в том числе моделирования свойств в межскважинном пространстве; выбор секторов для последующего 3D макро-геомеханического моделирования полигона; анализ данных бурения эксплуатационных скважин, пробуренных к моменту выполнения работ; построение трехмерной (3D) макро-геомеханической модели в рамках выбранного полигона; построение трехмерных (3D) секторных геомеханических моделей; картирование рисков и благоприятных зон для бурения, ГРП/МГРП на

основе геомеханических атрибутов; верификация трехмерных (3D) геомеханических моделей на данные ГРП и тестовых закачек. Результаты работы – Трехмерная (3D) макро-геомеханическая модель выбранного полигона Ковыктинского газоконденсатного месторождения»; «Трехмерные (3D) геомеханические секторные модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации работ по разработке Ковыктинского ГKM и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122112400088-3

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

В настоящее время углеводороды играют одну из ключевых ролей в энергетике. Одним из вызовов для нефтегазодобывающей промышленности является ухудшение коллекторских свойств пласта, приводящее к повышению стоимости добычи. В частности, уже сейчас две трети запасов на территории Российской Федерации приходится на трудноизвлекаемую нефть. По оценкам агентства энергетической информации США наибольшие объемы мировой трудноизвлекаемой нефти (22%) также находятся на территории России. Согласно ожиданиям Министерства энергетики РФ, через 15 лет до 17% российской нефтедобычи будет приходиться на трудноизвлекаемые запасы. В последние годы в разработку вводится всё больше объектов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами с применением методов и технологий, требующих повышенных затрат. Особый интерес представляет Баженовская свита, содержащая более 100 миллиардов тонн трудноизвлекаемой нефти. Эти объемы превышает потребности отрасли на ближайшие 200 лет при сохранении существующих темпов добычи. Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами требует постоянного совершенствования цифровых и горнодобывающих технологий. В частности, при разбуривании таких месторождений преимущественно используют горизонтальные скважины с проведением гидроразрыва пласта (ГРП). Технология многостадийного ГРП, в рамках которой на одной скважине инициируется несколько трещин ГРП, является одним из наиболее эффективных методов стимуляции пласта и интенсификации нефтедобычи. Данная технология постоянно совершенствуется: увеличивается количество стадий гидроразрыва, разрабатываются новые

жидкости ГРП, новые проппанты (расклинивающие агенты, используемые для недопущения смыкания трещины), оптимизируются режимы закачки. Технологии хранения углеводородов также постоянно усложняются. В частности, одним из перспективных направлений является создание подземных хранилищ газа, позволяющих создавать стратегические запасы и обеспечивать бесперебойное снабжение газом. Развитие данных технологий приводит к появлению большого количества новых задач механики и физики. Проект посвящен разработке математических, компьютерных и цифровых моделей процессов, возникающих при добыче и хранении трудноизвлекаемых запасов углеводородов. При этом будут использоваться как традиционные подходы механики деформируемого твердого тела, так и перспективные подходы, основанные на использовании искусственного интеллекта и машинного обучения. Результаты проекта: 1. Гидродинамические модели для определенного месторождения углеводородов месторождений, разрабатываемых ПАО «Газпром нефть» 2. Модели пластовой флюидальной системы; 3. Автоматизированные процессы подготовки и работы с геофизическими, геологическими и промысловыми данными с месторождений углеводородов 4. Алгоритмы по поиску скважин-кандидатов и их оптимизация 5. Результаты оптимизации проектных скважин на месторождениях углеводородов перед их бурением 6. Результаты оптимизации системы разработки, объемов закачки, соотношения добывающих и нагнетательных скважин месторождений углеводородов

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122121500012-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В СКВАЖИНАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ

В настоящее время наиболее эффективным методом интенсификации притока углеводородов и повышения нефтеотдачи продуктивных пластов в скважинах, в частности, с горизонтальным окончанием, остается технология гидравлического разрыва пласта (ГРП). Во многих регионах, по мнению большинства специалистов, это единственная технология вовлечения в разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, приуроченных к низкопроницаемым, слабодренлируемым, неоднородным и расчлененным коллекторам, позволяющая существенно увеличить добычу углеводородов и сделать скважины экономически рентабельными. Эффективность ГРП значительно увеличивается в скважинах с горизонтальным окончанием. В этом случае длина горизонтального участка должна быть аргументирована соответствующим обоснованием поскольку, как показано многочисленными публикациями, приток пластового флюида в скважину осуществляется не из всего вскрытого интервала. Это является основанием необходимости разработки

технологии и технических средств для многостадийного гидроразрыва пласта (МГПР) как со временем, так и по длине горизонтального участка ствола скважины. Для этого предложена и описана технология МГРП, обеспечивающая возможность проведения закачивания жидкости-разрыва и удерживания избыточного давления в обе стороны от компоновки гидроразрыва, в которой предусмотрена система обратных клапанов створчатого типа. Новизна и новаторство состоит в технологическом решении доставки до целевого интервала и применения легко разрушаемых пробок для гарантированного разобщения открытых интервалов и выполнения селективного ГРП. Потенциально кандидатами могут быть все скважины со спущенными компоновками диаметром 114 мм с муфтами ГРП однократного или многократного действия по открытию-закрытию после выполнения работ по подготовке горизонтальной части скважины (требование «равнопроходного» сечения – с долотом диаметром 95 мм).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080300143-2

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ МЕТОДОМ ЗЕРКАЛЬНОГО ОБРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ

Обеспечение безопасности уже существующих сложных инженерных сооружений, таких как плотины гидроэлектростанций, фундаменты и несущие конструкции высотных зданий, железнодорожные и автомобильные туннели и другие подземные сооружения, в частности трубопроводы различного назначения, шахты и рудники имеет такое же важное значение, как и строительство новых объектов. Поэтому применение и дальнейшее развитие методов дистанционных наблюдений в целях обеспечения неразрушающего контроля постоянно входит в круг наиболее актуальных направлений исследований широкого круга специалистов в области механики, математики и высокопроизводительных вычислений. Настоящий проект посвящён развитию инновационных методов неразрушающего контроля целостности объектов на основе сбора, обработки и интерпретации данных акустической/сейсмической эмиссии (АЭ). Акустическая эмиссия есть процесс, возникающий в результате высвобождения накопленной энергии упругих деформаций при образовании совокупностей микротрещин, каверн и других микронеоднородностей, обусловленных разрывом сплошности среды. Её возникновение, как правило, обусловлено внешним воздействием на объект, что приводит к необходимости изучения условий контакта объекта и окружающей его геологической среды. АЭ неизбежно возникает, когда накопленные напряжения в некоторых локализованных областях превышают предел прочности материала. Следовательно, акустическая эмиссия связана с напряжённо-деформированным состоянием объекта/среды. Реконструкция источников АЭ позволит локализовать области с повышенной вероятностью развития в них нарушений сплошности среды/объекта, дальнейшее развитие которых может привести к катастрофическому разрушению объекта и/или изучаемой области сплошной среды. В ходе выполнения проекта основное внимание предполагается уделить развитию и обоснованию нового подхода к локализации источников акустической/сейсмической эмиссии применительно к неразрушающему контролю/дефектоскопии путём использования метода зеркального обращения времени (в английском языке Time Reversal Mirror, TRM). Эта процедура основана на временной инвариантности процесса распространения акустических/сейсмических волн в сплошной среде, а именно, на том факте, что процессы распространения волн в прямом и обратном

времени описываются одними и теми же уравнениями. В силу единственности решения начально-краевой задачи для гиперболических уравнений, к которым относятся системы уравнений, описывающие распространение акустических и упругих колебаний, возникает возможность «обратить» во времени зарегистрированные данные для конкретного волнового процесса. Идея метода заключается в использовании приёмников, регистрирующих сигналы АЭ в качестве источников, которые излучают зарегистрированное ими волновое поле в обратном времени, то есть от $t=T$ (время окончания регистрации) до начального момента $t=0$. В силу инвариантности волнового процесса во времени и единственности решения соответствующей начально-краевой задачи, волновое поле к начальному моменту времени должно «схлопнуться» в точку источника, его породившего. Однако в силу того, что источник неизвестен, мы должны использовать нулевую правую часть при математическом моделировании процесса. В силу этого решение должно быть регулярным и, следовательно, в источнике будет формироваться некоторая гладкая составляющая, имеющая локальное разрастание и по времени и по пространству. Другими словами, если выполняется такая процедура для одного источника, включающегося в некоторый фиксированный момент времени, то в момент его включения в точку, где он располагался будет наблюдаться локальное разрастание амплитуды. Если имеется скопление таких источников, включающихся в разные моменты времени в разных точках пространства, нам не удастся определить ни времена их включения, ни точки их расположения. Для того, чтобы преодолеть эту проблему необходимо ввести некоторую меру локализации энергии. Мы предлагаем использовать в качестве такой меры упругую энергию, «накопленную» в каждой точке расчётной области вплоть до текущего момента времени. Изучение «моментальных снимков» пространственной и временной локализации упругой энергии позволит достаточно надёжно определить и время включения источников, и их расположение в пространстве. В ходе выполнения проекта нами будут изучены различные способы пространственно-временной локализации источников АЭ и проведён сравнительный анализ их разрешающей способности. Заметим, что разработанный нами программное обеспечение и накопленный опыт моделирования сейсмических волновых полей в неоднородных средах, позволит в короткий срок

применить имеющийся научный задел коллектива для решения задачи построения изображений источников АЭ. Уверенность в успешной реализации проекта придают предварительные результаты, полученные нами в области лабораторных испытаний образцов керн. При нагружении образец керн начинает разрушаться вдоль поверхностей скопления микротрещин, возникших ещё в пластовых условиях. В свою очередь, пространственное распределение таких скоплений тесно связано с геометрией областей концентрации наиболее сильных напряжений в изучаемой геологической формации. Знание таких областей играет существенную роль при решении ряда геомеханических задач, например, при выполнении гидроразрыва пласта. Полученные нами в этом направлении результаты показали эффективность применения метода зеркального обращения времени для восстановления событий АЭ применительно к дефектоскопии образцов керн. Как видно из представленного выше сжатого описания, реализация данного подхода невозможна без наличия методов численного моделирования трёхмерных акустических (сейсмических) волновых полей и соответствующего программного обеспечения. Так как практический интерес вызывает локализация источников акустической эмиссии в трёхмерном пространстве, её успешная реализация невозможна без

привлечения высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой. Учитывая современные тенденции развития таких систем, в ходе выполнения работ по проекту в части выбора конкретной архитектуры вычислительных систем предполагается ориентация на использование многоядерных вычислительных систем на основе использования графических процессоров (GPU – Graphic Processor Unit) и новых возможностей Coarray Fortran. Имеющееся у нас собственное программное обеспечение для моделирования сейсмических волновых полей ориентировано на многопроцессорные системы на основе CPU, поэтому переход на GPU и Coarray Fortran потребует определённых усилий, но сулит несомненные выгоды за счёт более широкого круга пользователей созданного программного обеспечения. Таким образом, в результате выполнения проекта будет создан принципиально новый метод изучения напряжённо деформированного состояния изучаемых инженерных объектов и связанной с ними геологической среды. Одной из целей данного проекта нам представляется проведение полной обработки полученных данных без вмешательства человека, поскольку в настоящее время интерпретация выполняется непосредственно специалистом и не предусматривает пока автоматизированной обработки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122032900167-1

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦИИ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Использование ресурсов недр (добыча полезных ископаемых, в том числе углеводородов, закачка жидких отходов, освоение геотермальных источников энергии и т.д.) сопровождается воздействием на подземные флюидные системы. Изменение порового давления в результате такого воздействия приводит к изменению напряженно-деформированного состояния породного массива, что проявляется в виде деформаций поверхности и сейсмических событий, от микроколебаний до ощутимых на поверхности землетрясений. Сейсмические события, с одной стороны, являются негативным следствием воздействия на недра, с другой стороны, они позволяют оценить геомеханические свойства пород, анизотропию свойств, оценить проницаемость пород и изменение проницаемости в пространстве и времени в ходе разработки месторождений. Особую актуальность прогнозирование реакции подземных флюидных систем на воздействие приобретает в связи с начавшимся во всем мире широким введением в эксплуатацию сланцевых месторождений газа и реализацией проектов по строительству геотермальных электростанций. И в одном, и в другом случае предполагается проведение массовых гидравлических

разрывов пластов (для повышения дебитов углеводородов, для увеличения приемистости закачивающих скважин). Регистрация микросейсмических событий при проведении гидроразрыва пласта является в настоящее время основным методом получения информации о положении и геометрии создаваемой трещины. Исключительно важной является информация о существующих в коллекторах системах трещин различного ранга. Практически единственную возможность определения положения и ориентации естественных трещин в разрабатываемых массивах дает регистрация сейсмических событий, связанных с подвижками по естественным трещинам, инициированным воздействием на подземные флюидные системы. В настоящее время ощущается нехватка фундаментальной проработки многих вопросов микросейсмического мониторинга. Сложность условий реального массива горных пород, включающего флюидные системы, многофакторность решаемых задач, неопределенность параметров, необходимых для описания изучаемых явлений, делают необходимым построение и анализ физических моделей, их изучение в лабораторных и численных экспериментах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ ГЕОСФЕР ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.А. САДОВСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123061300062-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: сбор и анализ результатов освоения скважин после проведения работ по гидравлическому разрыву пластов парфеновского горизонта Ковыктинского месторождения; анализ экономических затрат на проведение работ по ГРП и освоению скважин после ГРП; анализ добычных характеристик скважин после проведения работ по ГРП в скважинах, пробуренных с различной ориентацией относительно максимального и минимального стресса; разработка матрицы технологий ГРП для разных зон ФЕС парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ, с формированием адресной программы опытно-промышленных работ; сбор и анализ результатов ГИС, интерпретации ГДИС с целью распределения парфеновского

горизонта на зоны по фильтрационно-емкостным свойствам, расчет технологических показателей для разных зон ФЕС парфеновского горизонта с использованием секторных гидродинамических моделей Ковыктинского ГКМ; технико-экономическая оценка эффективности применения технологий по использованию низковязких жидкостей ГРП, жидкостей ГРП на пенной основе и на углеводородной основе, жидкостей ГРП, включающих маркеры, технологий контроля роста трещины по высоте в горно-геологических условиях парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ; формирование рекомендаций по использованию жидкостей ГРП для парфеновского горизонта, массы проппанта, фракционный состав проппанта и его тип, программы закачки; разработка рекомендаций по

ориентации ГС в скважинах предусматривающих проведение работ по ГРП относительно максимального и минимального стресса; технико-экономическая оценка эффективности применения разработанных решений по гидроразрыву пласта в горно-геологических условиях парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ; создание единого подхода к использованию рекомендаций проведения ГРП в разных зонах ФЕС парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ. Результат работы – Технологический регламент по проведению

гидравлического разрыва пласта парфеновского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по разработке Ковыктинского ГКМ и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123040700024-3

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: выполнение программ опытно-промышленных работ для наклонно-направленных скважин (ОПР-2) и для горизонтальных скважин (ОПР-3) по определению оптимальной технологии МГРП на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ; проведение анализа эффективности принятых решений с учетом полученных результатов ОПР-2 и ОПР-3; уточнение программы геомеханических керновых исследований на пилотных стволах скважин Чаяндинского НГКМ и разработка рекомендации по интервалам отбора керна в пилотных скважинах кустов (не более 10 скважин); уточнение интервалов отбора керна; актуализация программы исследований керна; контроль качества выполнения работ по программе геомеханических керновых исследований на пилотных стволах скважин Чаяндинского НГКМ; актуализация 1D и секторных 3D геомеханических моделей с учетом результатов бурения кустов и проведенных опытно-промышленных работ (ОПР-1, ОПР-2 и ОПР-3), исследований в скважинах, керновых исследований на петрофизические и геомеханические свойства; актуализация секторных 3D геомеханических моделей по результатам сейсмических исследований, испытаний и освоения скважин, включая участки ОПР; проведение анализа интерпретации по керновым исследованиям на механические свойства и актуализации трёхмерных (3D) геомеханических моделей; разработка рекомендаций по оптимизации технологий ГРП/МГРП для разработки хамакинского и талахского горизонтов Чаяндинского НГКМ на основе трехмерного (3D) геомеханического моделирования, результатов бурения

и освоения скважин кустов, включая результаты опытно-промышленных работ (ОПР-1, ОПР-2 и ОПР-3); разработка рекомендации по заканчиванию ГС, расположению муфт ГРП и пакеров, азимута ГС для скважин под МГРП зон УКПГ-3 и УППГ-4; обобщение рекомендаций по технологии извлечения запасов и разработки Чаяндинского НГКМ на основании выполненного геомеханического моделирования и обоснования адаптивного заканчивания скважин, а также по результатам комплексного геолого-технологического сопровождения бурения и пост-бурового анализа; выполнение расчета прогнозных технологических показателей разработки и ожидаемой технико-экономической эффективности от проведения ГРП. Результаты работы – Актуализированная 3D геомеханическая модель Чаяндинского НГКМ. Отчет о НИР «Рекомендации по актуализации 3D геомеханических моделей ЧНГКМ на основе керновых исследований». Отчет о НИР «Комплексные рекомендации по применению технологии многостадийного гидроразрыва пласта для эксплуатационных газовых скважин Чаяндинского НГКМ на основе трехмерного геомеханического моделирования и результатов опытно-промышленных работ». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по проектированию объектов обустройства месторождений Восточной Сибири (Чаяндинское НГКМ, Ковыктинское ГКМ и др.).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

2023

№ 123051600017-2

ДВИЖЕНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ СТРУЙ, КАПЕЛЬ И ВСПЛЕСКОВ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Проект направлен на исследование процессов движения, разрушения, коалесценции и фазовых/структурных превращений в ньютоновских и сложных жидкостях с упругими и особыми поверхностными свойствами. Добавки специальных примесей способны изменять гидродинамику жидкостей и позволяют управлять гидродинамическими явлениями, целенаправленно меняя физические свойства жидкостей. Исследуемые события важны и протекают в различных сферах новой техники, технологий и природных событий. В частности, это 1) течения, деформации и разрушения муцинозных биологических жидкостей (упруговязких слизей) в живых организмах, в том числе при передаче инфекций воздушно-капельным путем с участием упруговязкой ротовой жидкости; 2) процессы интенсивного деформирования и фрагментации/коалесценции макро-, мезо- и микрообъемов жидкостей (струй, капель, всплесков) и пузырей во всевозможных сценариях метания, нанесения

покрытий, кавитационного разрушения жидкостей, струйной печати (стандартной и 3D), топлив в двигателях, с/х химикатов и противопожарных смесей, а также других жидкостей в специальных метательных устройствах; 3) процедуры формирования волокон (традиционными образом и методом электроспиннинга); 4) функционирование перспективных агрегатов космической энергетики - капельных (струйных) радиаторов для дальних космических перелётов; 5) управление процессами извлечения нефти, в том числе при помощи гидроразрыва пластов; и т.д. В проекте в первую очередь рассматриваются быстрые движения, в которых могут проявиться незаметные в обычных условиях особенности, связанные, например, с упругими свойствами (струи и капли с полимерными микродобавками) и неоднородностью поверхностного натяжения. Вместе с тем, относительно медленные на макроуровне движения также часто несвободны от эффектов модифицирующих добавок,

например, при фильтрации жидкости в технологиях повышения нефтеотдачи пластов. Научная новизна предлагаемого подхода заключается в комплексном (экспериментальном, численном и теоретическом) исследовании влияния активных добавок на ряд гидродинамических конфигураций, отличительной особенностью которых является минимальное число определяющих факторов. В этом случае удаётся однозначно выявить роль того или иного фактора процесса. Так, например, при изучении удара капли о поверхность используется предложенный авторами метод, исключающий вязкое трение между жидкостью и поверхностью путём использования вместо неограниченной плоскости небольшого дискообразного препятствия. Некоторые гидродинамические конфигурации будут рассмотрены впервые. Будут рассмотрены следующие течения: всплески при импульсном вытеснении жидкости из кольцевого зазора, всплески при

столкновении капли с небольшим препятствием и всплески при распаде волн Фарадея, коалесценция капель и пузырей. В качестве добавок будут использованы высокомолекулярные полимеры и быстрые/медленные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Ожидается выявление особенностей метания и разрушение жидкостей в зависимости от типа добавок. Предполагается построение теоретических критериев разрушения (связывающих свойства жидкостей и наблюдаемую картину течения) и их экспериментальная апробация. На основе полученных закономерностей будут предложены новые методы тестирования сложных жидкостей в различных режимах деформирования. Установленные закономерности движения и разрушения сложных жидкостей окажутся базисом для предсказаний течений в реальных процессах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ ИМ. А.Ю. ИШЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123112400086-8

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МИКРО И НАНОФЛЮИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ

Нефтегазовая индустрия является одной из важнейших отраслей экономики России. В нынешних политических и экономических условиях нефтегазовая отрасль России переживает сложные времена. Новые экономические реалии требуют создания отечественных принципиально новых высокоэффективных технологий разработки месторождений углеводородов. Одним из возможных и перспективных способов решения этих задач может стать использование микро и нанотехнологий. В данном проекте будут выполнены систематические исследования возможностей применения микро и нанотехнологий в задачах разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. В рамках проекта будут разработаны новые буровые растворы, жидкости ГРП, жидкости глушения скважин и нефтевытесняющие флюиды, модифицированные наночастицами, новые математические модели для описания многофазных течений при транспорте частиц шлама в скважинах и нефтеотдачи в трехмерных цифровых моделях ядра, а также новые методики лабораторных исследований с помощью микрофлюидных чипов. Использование микро и нанотехнологий в задачах разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений призвано повысить эффективность существующих технологий добычи углеводородного сырья. Фундаментальной научной проблемой является комплексное изучение многофазных сред и потоков в каналах и пористых средах, применительно к задачам разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, а также создание новых методик численного моделирования и методологии лабораторного эксперимента, основанного на микрофлюидных технологиях. Новизна проекта состоит в комплексном экспериментально-теоретическом подходе к систематическому изучению применения нанотехнологий в задачах нефтегазовой индустрии, а также в применении в проводимых исследованиях новых

микрофлюидных технологий (микрочипы и цифровой керн). В проекте будут получены следующие принципиально новые результаты: 1. Будут разработаны новые рецептуры буровых растворов, модифицированных добавлением наночастиц различного размера и состава, включая углеродные нанотрубки, и систематически изучены их свойства. 2. Будут разработаны новые рецептуры жидкостей для гидроразрыва пласта, модифицированных добавлением наночастиц различного размера и состава, включая углеродные нанотрубки, и систематически изучены их свойства. 3. Будут разработаны новые рецептуры жидкостей глушения для глушения скважин, модифицированных добавлением наночастиц различного размера и состава, включая углеродные нанотрубки, и систематически изучены их свойства. 4. Будут разработаны новые рецептуры нефтевытесняющих флюидов на основе ПАВ-полимерных композиций, газожидкостных систем с CO₂, и эмульсионных растворов, модифицированных добавлением наночастиц различного размера и состава, включая углеродные нанотрубки и систематически изучены их свойства. 5. Будут разработаны математические модели и отечественное программное обеспечение для описания многофазного течения при транспорте частиц шлама буровыми растворами в скважине и получены результаты их тестирования. 6. Будут разработаны математические модели и отечественное программное обеспечение для моделирования многофазных потоков в трехмерных цифровых моделях ядра и получены результаты их тестирования. 7. Будет создана коллекция микрофлюидных чипов-моделей горных пород с различной проницаемостью и характеристиками смачиваемости. 8. Будет разработана новая методология лабораторных исследований нефтевытесняющих флюидов, буровых растворов, жидкостей глушения, и гелей ГРП с помощью микрофлюидных чипов-моделей горных пород.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123061300001-3

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗРЫВОМ ПЛАСТА И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗРЫВОМ ПЛАСТА

Нефтегазовые компании в России и мире ежегодно проводят несколько тысяч гидродинамических исследований газовых и нефтяных скважин методом кривой восстановления давления (КВД) с целью последующей интерпретации их результатов и получения важнейшей информации о продуктивных характеристиках - параметрах пластов и скважин, необходимых для анализа показателей разработки

и прогнозирования добычи различных вариантов разработки. Гидродинамические исследования предусматривают спуск в скважину глубинных приборов и регистрацию во времени забойных и устьевых давлений, пластовой и устьевой температуры, дебита газа, нефти. Результаты замеров параметров затем загружаются в специализированные программные пакеты в которых осуществляется их обработка,

интерпретация и получение информации о свойствах пласта (пластовое давление, продуктивность, фильтрационные коэффициенты, гидропроводность, проницаемость, пьезопроводность, скин-фактор и др.). Интерпретация данных гидродинамических исследований в существующих на рынке программных пакетах основана на: • Построении диагностического графика кривой восстановления давления и ее производной в логарифмических координатах. • Выделение на диагностическом графике трех участков: участка влияния ствола скважины, линейного участка, участка постоянной производной. • Определение параметров пласта и скважины по участку постоянной производной методом касательной (метод Миллера, Дайеса, Хетчинсона) или методом Хорнера. Разрабатываемое нами программное обеспечение направлено на решение следующих проблем: Проблема №1. Все существующие в настоящее время программные пакеты позволяют выполнить интерпретацию гидродинамических исследований и определить параметры пласта и скважины только при выделении на диагностическом графике участка постоянной производной, который показывает наступление радиальной фильтрации флюида при нестационарном изменении давления в скважине. Однако достижение радиальной фильтрации флюида требует проведения длительных гидродинамических исследований, во время которых скважина сначала длительное время отработывается на режимах (для газовых скважин сопровождается сжиганием всего добываемого газа), а затем длительное время останавливается на регистрацию кривой восстановления давления (КВД), которая сопровождается потерей добычи газа или нефти. Продолжительность исследования эксплуатационной скважины методом КВД для достижения радиального режима течения и получение в последствии при интерпретации участка постоянной производной на диагностическом графике может достигать от нескольких дней (при проницаемости пласта более 100 мД)

до нескольких лет (при проницаемости пласта менее 1 мД). Например, для получения информации о свойствах пласта с проницаемостью 10 мД потребуются провести гидродинамические исследования длительностью 100 дней во время которых потерянная добыча газа составит 40 млн м³, а стоимость потерянной добычи составит порядка 200 миллионов рублей. Для получения информации о свойствах пласта с проницаемостью 0,1 мД потребуются провести гидродинамические исследования длительностью 850 суток во время которых потерянная добыча газа составит 175 млн м³ или, а стоимость потерянной добычи составит порядка 900 миллионов рублей. Проблема №2. Все существующие в настоящее время программные пакеты позволяют определить параметры только для «простых» вертикальных и горизонтальных скважин. В случае скважин со сложным заканчиванием (многоствольные скважины, горизонтальные скважины с многостадийным гидравлическим разрывом пласта) ни один из существующих в настоящее время программных пакетов для интерпретации результатов гидродинамических исследований не позволяет определить фактические параметры трещин (длина, высота, др.) гидравлического разрыва пласта, и самое главное не позволяет определить какие трещины фактически работают. Разрабатываемое программное обеспечение позволит выполнять интерпретацию данных гидродинамических исследований скважин сложного заканчивания с оценкой характеристик пласта и определением геометрии эффективного стока скважины, применимых в условиях краткосрочных и долгосрочных исследований. Продукт ориентирован на специалистов нефтегазодобывающих компаний. Текущая стадия проекта: НИОКР Наша цель: Достичь интерпретации не менее 10% исследований скважин сложного заканчивания в России с применением разработанного программного обеспечения до конца 2025 года

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЦИФРОВАЯ НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ»

№ 123090500036-3

КОНТИНУАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СО СВЕРХНИЗКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ

Проект посвящен актуальной проблеме разработки эффективных методов добычи углеводородов из нетрадиционных залежей типа баженовской свиты, для которых характерны сверхнизкая проницаемость, нефтематеринский потенциал, аномально высокое пластовое давление (АВПД). Промышленные притоки при их разработке достигаются только при наличии системы связанных трещин. В стандартном методе разработки (горизонтальное бурение и серия последовательных гидроразрывов пласта) добываются формирования зоны вторичных трещин (стимулированный объем, SRV) [1-3]. Надежное предсказание параметров SRV критически важно для успешной добычи. На данный момент параметры SRV являются предметом экспертных оценок или численных расчетов, основанных на ряде априорных предположений [2, 3]. Неопределенность входной информации, множество предположений в основе инженерных моделей, требуют теоретической проработки проблемы образования и роста SRV на основе фундаментальных принципов механики и термодинамики. В настоящем проекте предлагается исследовать эволюцию SRV методами конфигурационной механики, которая выросла из механики упругого тела с включениями [4]. Эти методы универсальны [5, 6] - они применяются при описании фазовых переходов в твердых телах, в механике композитов, в геомеханике [6], в биомеханике растущих биологических тканей [7]. В проекте впервые предлагается применить методы конфигурационной механики и неравновесной термодинамики к описанию роста SRV при нагнетании маловязкой жидкости. SRV моделируется сплошным, насыщенным нагнетаемой жидкостью, растущим включением с энергоемкой границей. Основной целью является поиск условий на скачки физических величин

на границе SRV, выявление закономерностей роста SRV в зависимости от параметров модели, начальных и граничных условий. Другая часть проекта посвящена проблеме фильтрации в трещиновато-пористой повреждаемой среде с АВПД в процессе добычи. Скважины, пробуренные в пластах с АВПД, демонстрируют высокие начальные дебиты. При этом наблюдается вынос песка и обломков, а дебиты при повторном запуске не достигают начальных значений [8]. Эти явления указывают на необратимые процессы разрушения в окрестности скважины, связанные с АВПД. Предпосылки к построению термодинамически согласованной континуальной модели рассматриваемой среды обсуждаются в статье участников проекта [9]. В настоящем проекте будет учтена тензорная природа проницаемости системы трещин, уточнен закон обмена массой между повреждаемой матрицей и трещинами, поставлены и численно решены новые краевые задачи о фильтрации флюида к зоне депрессии. Сформулированные задачи кроме высокого прикладного значения в области разработки нетрадиционных месторождений углеводородов также имеют фундаментальный характер, так как в ходе выполнения проекта будут применяться законы и подходы механики и неравновесной термодинамики сплошных сред, что позволит расширить знание о поведении насыщенных пористых сред с учетом разрушения. Полученные при этом закономерности могут быть применены в других областях знания, например, в биологии. [1] Warpinski, N.R. et. al. J. Can. Pet. Technol., 2009, vol. 48, no. 10, pp. 39–51. [2] Ma, Y. Zee, and Holditch, S. Unconventional oil and gas resources handbook: Evaluation and development. Gulf professional publishing, 2015. [3] Кашапов Д. В. и др. ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти.

– 2019. – №. 3. – С. 62-67. [4] Eshelby, J.D., 1951. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A244, 87–112. [5] Maugin, G. A. (2013). Mechanics Research Communications, 50, 39-49. [6] Мухамедиев Ш.А. Процессы разрушения в литосфере Земли / АН СССР. Ин-т физики Земли им. О.Ю.

Шмидта. - М.:Б. и., 1990. [7] Goda, I. et.al. (2016). International Journal of Solids and Structures, 94, 138-157. [8] Алексеев А. Д. Magazine. – 2013. – Т. 34. [9] Извеков О. Я., Конюхов А. В., Чепрасов И. А. Физика Земли. – 2020. – №. 5.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123112100101-1

ВЕРИФИКАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АЛГОРИТМОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

Проект направлен на решение задачи позиционирования скважинного оборудования или результатов работ на скважине при проведении многостадийного гидравлического разрыва пласта по отраженной акустической волне и

связан с исследованием алгоритмов обработки сигналов, позволяющих выделять эту волну из основного сигнала давления.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ СМАРТ АЛГОРИТМС

1.7 ТЕХНОЛОГИИ УГЛУБЛЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ С ПРОИЗВОДСТВОМ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И МАСЕЛ

2021

№ АААА-А20-120122290008-9

ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССООБМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Массообменные технологические процессы (МТП) широко распространены в таких отраслях промышленности как нефтепереработка и нефтехимия. Данные процессы (ректификация, абсорбция) характеризуются многотоннажностью и высоким потреблением тепловой энергии. По статистике около 50% всех энергозатрат производственных компаний данного профиля приходится на МТП. На каждом нефтеперерабатывающем заводе процесс ректификации нефти (разделение нефти на фракции, например, бензиновую, керосиновую и т.д.) является ключевым в достижении заданных экономических показателей всего предприятия, так как от него зависит производительность других технологических установок. Прогнозирование энерго- и ресурсосберегающего функционирования и развития опасных ситуаций для МТП (например, выход технологических переменных за регламентные значения) является приоритетной задачей для производства. Поэтому разработка новых методов, алгоритмов и комплексов программ для предсказательного моделирования МТП является актуальной темой исследований. В отличие от предыдущих исследований проект направлен на создание методов предсказательного моделирования в условиях неопределенности, т.е. когда точно не известны закономерности фазового равновесия и значения

эффективностей массообмена на ступенях разделения. В результате выполнения проекта будут разработаны: 1) методы построения прогнозирующих моделей качества выходных продуктов МТП в условиях малых обучающих выборок, присутствия параметрической неопределенности в уравнениях равновесия фаз и точно не известных значений эффективностей массообмена ступеней разделения; 2) адаптивные прогнозирующие модели для нестационарных МТП, отличающиеся использованием контура обратной связи для корректировки прогноза выходной переменной; 3) алгоритмы предсказательного моделирования динамики МТП на основе фрактального анализа и вейвлет-анализа; 4) методы определения основной причины при прогнозировании опасных ситуаций (выход за рамки регламентных значений показателей качества выходных продуктов) МТП на основе топологии процесса с использованием анализа причинно-следственных связей между временными рядами измеряемых технологических переменных. Разрабатываемые методы предсказательного моделирования МТП пройдут апробацию на экспериментальных данных и в дальнейшем могут быть использованы в составе современных систем управления и оптимизации технологических процессов нефтегазовых компаний.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121040600099-4

СЕЛЕКТИВНОЕ РЕАКЦИОННОЕ АДсорбЦИОННОЕ ОБЕССЕРИВАНИЕ БЕНЗИНОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА И НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ТРИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ni-Cu-Zn НАНЕСЕННЫХ СИСТЕМАХ

Основной целью проекта является изучение возможности управления селективностью обессеривания на би- и триметаллических адсорбционно-каталитических Ni-Cu-Zn нанесенных системах с помощью регулирования состава и свойств активной фазы и носителя, и их взаимодействия. Применение технологии реактивной адсорбции позволяет получать ультранизкосернистые углеводородные топлива с содержанием серы менее 0,1 ppm без значительных затрат водорода. Однако параллельно с реакциями обессеривания на классических Ni-Zn адсорбционных системах могут протекать реакции гидрирования непредельных соединений, что приводит к снижению октанового числа таких продуктов нефтепереработки, как бензин каталитического крекинга,

гидроочистка которого затруднена по той же причине. Актуальной задачей является разработка селективных адсорбционно-каталитических систем для удаления серы из олефинсодержащих углеводородных фракций. Для этого впервые будет проведено систематическое исследование влияния природы носителя, его текстурных характеристик, а также дисперсности и поверхностной концентрации активной фазы на активность и селективность Ni-Cu-Zn адсорбционно-каталитических систем. Кроме того, планируется установить влияние химического взаимодействия между активной фазой адсорбента и различными типами носителей на его эффективность. Все проводимые исследования будут подкреплены результатами теоретических и квантово-

химических расчетов характеристик адсорбции сернистых и непредельных соединений на получаемых системах, что позволит получить более полное понимание механизма и кинетики протекающих реакций и улучшить современные представления об адсорбции органических молекул на многокомпонентных поверхностях сложной морфологии. Впервые будет оценена возможность применения подобных систем в составе катализаторов каталитического крекинга для *in situ* обессеривания при переработке тяжелого нефтяного сырья. В результате проекта будут разработаны подходы

по управлению селективностью Ni-Cu-Zn адсорбционно-каталитических систем в реакциях обессеривания по отношению к реакциям гидрирования, применение которых позволит создавать адсорбенты с необходимой селективностью при максимальной активности и емкости по сере. Их применение позволит обеспечить высокие экологические стандарты отечественных нефтепродуктов в условиях современных вызовов для нефтепереработки: утяжеления сырья, увеличения глубины переработки нефти и дефицита импортных технологий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 121051100337-8

СОРЕБЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ РАЗЛИЧНОЙ ВЯЗКОСТИ НЕТКАНЫМИ МИКРО- И НАНОВОЛОКНИСТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

В рамках предлагаемого проекта будет проведено систематическое исследование влияния вязкости сорбируемой среды на сорбционную емкость нетканых материалов из ряда полимеров, в т.ч. биоразлагаемых. На первом шаге будет получена зависимость сорбционной емкости материала от вязкости в широком диапазоне за счет использования модельных жидкостей одинакового состава, но существенно различающейся вязкости (не менее

трех порядков величины). Далее аналогичные измерения будут проведены для широко используемых продуктов нефтепереработки: моторных масел и различных видов топлива (бензин, дизель, керосин), а полученные результаты будут сопоставлены с данными для модельных жидкостей. Кроме того, будет изучена эффективность десорбции жидкостей из нетканых материалов для оценки возможности их многократного использования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 121112200110-4

ИНДУЦИРОВАННАЯ НИЗКОВОЛЬТНЫМИ РАЗРЯДАМИ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ ПЕРЕРАБОТКА ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Во всем мире месторождения высококачественной легкой нефти истощаются и стоимость ее добычи возрастает. В будущем использование нефти, вероятно, будет сосредоточено на тяжелой нефти, включая битумные пески, сверхтяжелую нефть и остатки нефтепереработки. От обычной нативной нефти тяжелая нефть отличается низким отношением водорода к углероду, высоким содержанием гетероатомов (азота, кислорода, серы) и металлов, сконцентрированных в асфальтеновой фракции. Поэтому переработка тяжелых нефтей и нефтяных фракций традиционными технологиями часто представляет собой сложную задачу. Фундаментальные и прикладные исследования в области плазмохимического крекинга углеводородов показывают, что этот метод переработки тяжелых нефтепродуктов (мазут, вакуумный газойль, тяжелые остатки каталитического крекинга и др.) является конкурентным процессом традиционным методам переработки тяжелых нефтяных остатков. Механизм процесса плазмохимического крекинга представляет собой совокупность реакций радикально-цепных превращений, инициируемых электрическим разрядом за счет перевода молекул углеводородов в возбужденное (триплетное) состояние и их дальнейших превращений. Такой метод индуцирования химических реакций обеспечивает разрыв связей C-C, C-H, C-S при относительно низких температурах (до 120°C) и давлении (до 1 МПа) в реакторе. При этом происходит образование свободных радикалов, карбенов, ион-радикалов и других частиц, а также протекают реакции дегидрирования, изомеризации, конденсации и др. при взаимодействии промежуточных активных частиц между

собой во время релаксации. Невозбужденные молекулы, оказавшиеся вне зоны плазменного образования, также частично вовлекаются в реакции с активными частицами, диффундирующими из зоны электрического разряда. Цель заявленного проекта заключается в изучении физико-химических закономерностей и формировании теоретических основ плазмохимического крекинга углеводородов при воздействии низковольтных разрядов на углеводороды в жидкой фазе. Задачей проекта является определение параметров процесса плазмохимического крекинга, обеспечивающих наибольший выход светлых фракций, ацетилена, водорода, этилена и уменьшение энергетических затрат на осуществление процесса получения востребованных углеродных материалов. Исследования, выполняемые в проекте, позволят изучить влияние концентрации и типа допирующих добавок и источников водорода; времени пребывания сырья в реакционном пространстве; температуры и давления в реакторе; напряжения и мощности электрических разрядов, а также времени воздействия низкотемпературной неравновесной плазмой на состав получаемых продуктов и удельные энергозатраты при плазмохимическом крекинге тяжелых нефтяных фракций. Ожидаемые результаты заявленного проекта: будут разработаны теоретические основы технологии плазмохимического крекинга тяжелых нефтепродуктов, определены оптимальные условия проведения процесса в зависимости от состава сырья при минимальных энергозатратах, а также выявлен вероятный механизм низкотемпературного плазмокрекинга.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 121031300095-7

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГИИ, А ТАКЖЕ В ДОБЫЧЕ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Известно, что теоретический КПД термодинамических циклов тепловых машин в основном определяется максимальной температурой рабочего тела, увеличение которой требует повышения эффективности систем охлаждения

элементов конструкции и надежного прогнозирования несущей способности ответственных элементов. Актуальной задачей является создание компьютерного кода, основанного на фундаментальных моделях состояния

поврежденной среды для условий усталости, ползучести и их мультипликативного взаимодействия, позволяющего осуществить моделирование, прогнозирование и экономическое обоснование эксплуатации ответственных элементов конструкций на основе принципов допустимой повреждаемости. Актуальность развития теоретических основ активного управления ламинарным и турбулентным потоком для целенаправленного изменения интенсивности процессов турбулентного переноса импульса и теплоты связана с ключевой ролью этих процессов при работе теплообменного оборудования и систем охлаждения элементов тепловых машин, в задачах снижения гидравлического сопротивления проточного тракта энергетического оборудования и при транспортировке энергоносителей. Дополнительно будут выполнены моделирование потоков вязкоупругих сред в каналах, а также проведены исследования, направленные на получение энергии их возобновляемых источников и улучшение экологической безопасности производства энергии. Повышение эффективности технологических процессов, а также более полное использование потенциальных возможностей нефтяного сырья является важной задачей нефтедобычи и нефтепереработки. Продолжительное залегание нефти в пласте в статистических условиях или длительное хранение позволяет ей достичь

сбалансированного стабильного состояния, однако малейшее внешнее воздействие (изменение температуры, давление, смешение с различными компонентами и добавками) нарушает этот баланс. Применение различных технологий интенсификации добычи нефти сопровождается образованием устойчивых водонефтяных эмульсий, негативно влияющих на все дальнейшие процессы транспортировки и подготовки нефти. В связи с этим, необходимо выявление механизмов формирования межфазных слоев водонефтяных эмульсий, особенно для нефтей с повышенным содержанием асфальтенов, смол и гетероатомных компонентов. Дополнительно будут изучены состав и свойства поликонденсированных высокомолекулярных нефтяных компонентов, а также разработаны на их основе новые материалы для увеличения рациональности использования уникального природного нефтяного сырья. В целом проект направлен на решение упомянутых выше конкретных задач, соответствующих направлению «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии» из Стратегии НТР РФ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121040600112-0

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ (ГИДРООБЕССЕРИВАНИЯ, КРЕКИНГА, ПИРОЛИЗА, ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ, МЕТАТЕЗИСА, АЛКИЛИРОВАНИЯ, ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ, ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ДР.): НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Цель исследования. Исследования по теме направлены на: разработку и оптимизацию методов синтеза микро-мезопористых систем с регулируемой кислотностью как перспективных носителей для создания катализаторов конверсии нефтяного и биосырья в ценные продукты; разработку высокоэффективных и стабильных катализаторов на основе цеолитов для процесса конверсии метанола в олефины и получения кумола; разработку новых подходов к синтезу катализаторов и оптимизацию условий проведения аддитивных нефтехимических процессов для создания высокоэффективных процессов получения практически важных олигомерных и полимерных продуктов; исследование методов физического стимулирования химических процессов (микроволновое излучение, адиабатическое сжатие и др.) для активации каталитических систем и изучения механизмов химических реакций; разработка катализаторов функционализации ненасыщенных углеводородов. Актуальность проблемы. Подавляющее большинство современных процессов химической промышленности, включая нефтепереработку и газонефтехимию, являются каталитическими. В связи с этим разработка новых экологически безопасных каталитических систем, отличающихся высокой эффективностью, селективностью и экономичностью, является, безусловно, актуальной. Для решения этих проблем весьма перспективными представляются исследования по созданию новых микро-мезопористых носителей на основе цеолитов для катализаторов и наноразмерных и наноструктурированных каталитических систем, обладающих не только высокой активностью и селективностью в катализе, но и устойчивостью

к коксообразованию. Актуальной проблемой XXI века является и каталитическая переработка альтернативного и возобновляемого сырья, а также вовлечение в переработку побочных продуктов нефтехимических процессов. Так, одной из проблем современной нефтехимии является разработка эффективного экологически безопасного процесса получения многотоннажного продукта – изопропилбензола (ИПБ) – сырья для синтеза фенола. Разрабатываемые в данной теме цеолитные каталитические системы представляются очень перспективными, так как являясь экологически безопасными, позволяют получать ИПБ двумя путями – традиционным алкилированием бензола пропиленом и оригинальным гидроалкилированием бензола ацетоном (побочный продукт при получении фенола). Весьма актуальна и разработка цеолитных каталитических систем для получения олефинов из спиртов (изобутилена – из этанола; этилена и пропилена из метанола). Переработка олефинов - важнейшее направление нефтехимии, и одним из многотоннажных процессов являются полимеризационные процессы. Продукты аддитивных процессов широко востребованы, и разработка новых каталитических систем для получения димеров, олигомеров и полимеров с заданными свойствами является актуальной проблемой нефтехимии. Большой интерес представляет использование физических методов стимулирования химических процессов, таких как СВЧ-воздействие на катализаторы и субстраты, адиабатическое сжатие и др. Эти исследования позволяют как предложить новые методы синтеза и активации каталитических систем, так и установить механизм превращения углеводородов в заданных условиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022600112-5

РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ И ПРИСАДОК К МОТОРНЫМ ТОПЛИВАМ, УЛУЧШАЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОБЕНЗИНОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ ЭНЕРГОРЕСУРСООБЪЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ ТОПЛИВ

Проект направлен на разработку и получение новых компонентов и присадок к моторным топливам. У авторского имеется достаточный научный задел для выполнения поставленной цели (см приложение), использование существующей достаточной приборной базы позволит получить достоверные, воспроизводимые результаты. В результате работы будут получены новые антидетонационные присадки к автомобильным бензинам на базе доступного отечественного сырья. Что очень актуально в условиях остро стоящего вопроса импортозамещения. С целью расширения сырьевой базы, увеличения производства и снижения себестоимости топлива в ходе проведения проекта будут получены компоненты автомобильных бензинов на базе

побочных продуктов нефтепереработки и нефтехимии. Созданные присадки будут приводить к улучшению эксплуатационных и экологических характеристик бензинов, к чему имеются веские теоретические и экспериментальные предпосылки. На основе полученных новых компонентов и присадок будут разработаны энерго-ресурсо-эффективные составы топлив. Вовлечение в базовые компоненты бензинов с четко определяемым октановым числом смешения по предложенному в ходе выполнения проекта расчетному методу позволит получить составы автобензинов с минимальным запасом по качеству, отвечающие самым высоким и жестким экологическим требованиям.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121081200027-4

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Цель работы: Повышение эффективности использования биологического способа обезвреживания отходов нефтешлам и получение вторичного продукта из них.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122031400248-5

КОМПОЗИТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ СО, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ И СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ

Стремительное развитие наногетерогенного катализа способствовало разработке нового класса дисперсных контактов, в частности металлосодержащих нанокомпозиций на основе полимерных матриц.

Из-за своих уникальных свойств данные материалы обладают высоким потенциалом практического применения. Активное вовлечение наноразмерных катализаторов в нефтепереработку и нефтехимию в настоящий момент приобретает статус научного тренда. Одним из удобных и хорошо воспроизводимых методов синтеза высокодисперсных контактов является метод совместного термолитиза полимерного прекурсора и соли металла. Термолитиз – сложный процесс, в результате которого под действием теплового излучения происходят глубокие химические изменения в полимере.

Эти превращения сопровождаются выделением токсичных продуктов распада синтетических полимеров (СО, СО₂, NO_x). Однако предварительные эксперименты показали, что для получения катализаторов также может быть использована целлюлоза и лигнин – природные полимеры, содержащиеся в любых видах биомассы. В этом случае для приготовления композиций может быть использован нетрадиционный метод – гидротермальный синтез, позволяющий одновременно формировать из природных полимеров, таких как целлюлоза, крахмал, гемицеллюлоза, лигнин, растительная биомасса,

углеродную составляющую катализатора и вводить в нее металлический компонент. Такой подход на основе принципов «зеленой химии» позволит использовать СО₂-нейтральное сырье (полученное из растительной биомассы).

Кроме того, применение гидротермального синтеза для получения катализаторов, протекающее в мягких по сравнению с термолитизом, условиях позволит сохранить фрагменты структуры исходного биополимера, что делает каталитические системы, приготовленные описанным методом, интересными объектами для научных исследований с фундаментальной точки зрения.

Впервые методом гидротермального синтеза будут получены композитные катализаторы на основе природных полимеров, содержащие наночастицы металлов, активных в процессе гидрирования СО. Впервые катализаторы данного рода будут подвергнуты комплексным физико-химическим исследованиям с применением различных методов для оценки структуры и морфологии каталитических систем.

Полученные сведения позволят сделать предположение о реакционной способности синтезированных композитных материалов. Впервые будут систематически изучены закономерности формирования каталитических систем на основе растительной биомассы для реакции гидрирования СО, полученных методом гидротермальной карбонизации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122040600002-3

РАЗВИТИЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ, ИЗОТОПНОЙ И ЭЛЕМЕНТНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Тема «Развитие масс-спектрометрических методов для медико-биологических применений: новые решения для молекулярной, изотопной и элементной масс-спектрометрии» посвящена актуальному направлению приборостроения - разработке новых масс-спектрометрических решений

и приборных комплексов, а также отдельных элементов нового типа для быстро развивающихся традиционных направлений науки и технологий – ядерно-топливного цикла, геологии, нефтепереработки и переработки различных типов сырья, контроля состава материалов и разработки

новых материалов, и в не меньшей степени - для новых, стремительно развивающихся направлений - медицинской

биохимии, фармакологии, диагностической и лечебной медицины.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122061500004-3

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАССООБМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ

Нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы являются крупнейшими потребителями топливно-энергетических ресурсов. Рациональность их использования определяется эффективностью работы технологического оборудования завода, представленного массообменными технологическими объектами (МТО). При решении задач стабилизации энергосберегающих режимов функционирования МТО в современных системах управления технологическими процессами используются виртуальные анализаторы (ВА). Эффективность ВА напрямую зависит от качества используемого массива данных и применяемых алгоритмов для их построения. В промышленных отраслях

нефтепереработки и нефтехимии большую часть всех объектов составляют ректификационные и реакционно-ректификационные установки, которые являются ключевыми в достижении заданных экономических показателей. Использование виртуальных анализаторов для повышения эффективности управления с учетом особенностей объектов данного типа является перспективной задачей. Предлагаемые подходы к разработке виртуальных анализаторов позволят повысить эффективность управления такими объектами в реальном времени с минимальными энергозатратами и потерями, что в свою очередь приводит к снижению количества нарушений технологического регламента.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122071200019-9

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ, В ТОМ ЧИСЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В мире за последние десятилетия сформировался отчетливый тренд на переработку различных типов отходов и увеличению степени экологичности производств путем перехода к «замкнутому циклу» производства. В нефтяной промышленности это отражается в повышении глубины переработки нефти, снижения выбросов CO₂ и углеводородных газов, оксидов серы и азота, попытках рационально использовать отходы (нефтешламы, АСПО, кислые гудроны) и нефтяные остатки (гудроны, мазуты). Особенно этот тренд набирает силу вследствие увеличения доли тяжелых и остаточных нефтей в общем объеме добычи. Нефтяная отрасль является одним из основных загрязнителей окружающей среды (Никонов, Потапова, 2011; Самутин, Буторина, 2013; Капустин, 2013; Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, 2001 г.). Помимо выбросов углекислого газа, оксидов серы в процессе добычи и переработки нефти накапливаются такие отходы как АСПО (асфальто-смоло-парафиновые отложения), мазуты, гудроны, кислые гудроны, нефтешламы и т.д. Рациональная переработка данного вида сырья позволит не только увеличить глубину переработки нефти, но и повысить экологическую эффективность производств нефтяной промышленности (Капустин, 2013), путем перехода к замкнутому технологическому циклу производства. Целью работы является разработка научно-технических основ и прикладных решений переработки углеводородного сырья для получения углеродных материалов, продуктов нефтепереработки и нефтехимии, в том числе с использованием высокоэнергетических воздействий и исследование свойств полученных материалов для их дальнейшего использования в различных отраслях промышленности. В связи с ограниченностью запасов легкоизвлекаемых ресурсов в современном мире добыча нефти смещается в сторону битумных и тяжелых нефтей, что обуславливает необходимость развития процессов ее глубокой переработки. Основными продуктами этих процессов являются бензиновые, керосиновые, дизельные фракции, которые используются в производстве углеводородного топлива. В связи с активным освоением арктических регионов в последнее время наметился также устойчивый рост потребностей в дизельных и реактивных топливах, способных работать при низких температурах до -50°С,

получить которые возможно только посредством применения присадок, а также различных процессов переработки нефти и газового конденсата. Исследование процессов переработки среднестиллятных фракций с участием водорода являются сложными и трудоемкими. Поэтому в настоящее время для решения подобных задач все шире используются математические модели, разработанные с учетом физико-химических закономерностей превращения углеводородов на металлических катализаторах, позволяющие оценить выход и качество продукта при изменении состава сырья и технологических условий процесса. При использовании таких моделей становится возможным прогнозирование состава и свойств продуктов нефтепереработки и нефтехимии, а также подбор оптимальных концентраций присадок для доведения свойств до требуемых значений. При использовании высокоэнергетических воздействий, таких как плазменная обработка, лазерное излучение, электромагнитные поля СВЧ, электронное и гамма-облучение, может быть достигнута рациональная переработка углеводородного сырья (в т.ч. нефтяного) для получения из них новых функциональных углеродных материалов. Эффективность методов высокоэнергетического воздействия на углеродное сырье, в частности нефтяного, может быть повышена за счет исследования состава и структуры смол и асфальтенов (которые в нефтяных остатках и отходах могут составлять значительную часть, и наиболее трудно поддаются переработке), а также понимания направлений процессов их превращений в процессах переработки с высокоэнергетическим воздействием. В настоящее время у исследователей всего мира растет интерес к исследованию смолисто-асфальтеновых веществ (СAB) в качестве потенциального сырья для производства углеродных материалов. Так, есть работы по изучению угольных асфальтенов (Andrews et al., 2011, Barraza et al., 2014; Du et al., 2017) для получения углеродных нанолитов (Wu et al., 2019), которые могут быть использованы как эффективные конденсаторы (Qu et al., 2016). Вероятно, это также верно и для нефтяных асфальтенов (Fargoog et al., 2021; Xu et al., 2013; Andrews et al., 2011). При этом могут быть получены полезные материалы для электроники на основе графена, синтезированного из асфальтенов, используя различные добавки, улучшающие емкостные характеристики (Xu et al., 2013; Wu et al., 2019). Оксид графена

(а также восстановленный оксид графена) взаимодействует с асфальтенами (π-π взаимодействие, адсорбция), тем самым дестабилизируя водонефтяные эмульсии (Wang et al., 2016; Othman et al., 2018; Rogel et al., 2019). На этой основе могут быть в дальнейшем разработаны деэмульгаторы нефти и составы для увеличения нефтеотдачи пласта при ее добыче. Однако работ по получению полезных материалов на основе асфальтенов немного (Jung and Bielawski, 2019; Петров, 2019), и они практически отсутствуют в случае нефтяных смол. По своей структуре и составу смолы близки к асфальтенам, но имеют меньший размер молекул, меньшую ароматичность и, как правило, меньшее содержание гетероатомов (Grinko et al., 2018). Можно предположить, что вследствие этих особенностей из нефтяных смол (в частности, меньшего влияния гетероатомов) возможно будет получить более

качественные материалы и композиты на основе графена с минимальным числом упорядоченных слоев. Однако решение данной научной проблемы использования САВ в качестве сырья для получения углеродных материалов невозможно без всестороннего понимания их состава и структуры, а также ее превращений под влиянием высокоэнергетического воздействия (плазмы). Поэтому задача по изучению состава и структуры САВ является актуальной решением ее позволит выявить влияние природы САВ на свойства получаемых углеродных материалов, а также понять какое влияние эта природа оказывает на свойства конечных продуктов – композитов для микроэлектроники или других полезных материалов (составы для деэмульсации нефти, полимерные покрытия, сорбенты, носители для катализаторов и т.д.).

Исполнитель: БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ХАНТЫ-МАНСЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122071200034-2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АНИОНОВ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ИЗ НЕФТИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Для выбора наиболее оптимальных направлений процессов нефтепереработки, расчета мощности нефтеперерабатывающих установок, а также для решения задач, связанных с геологией нефти и нефтедобычей необходимо знание химического и фракционного состава нефти. Агрессивность органических кислот по отношению к различным металлам является причиной коррозии

оборудования. В частности, это касается низкомолекулярных жирных кислот и нафтеновых кислот, обладающим большой коррозионной активностью. Весьма перспективным для определения органических анионов является метод ионной хроматографии, позволяющий определять анионы в различных объектах при их совместном присутствии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080300116-6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕТЕРОГЕННОГО ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАКУУМНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ, НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ И ОСТАТОЧНЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

В настоящее время особенно остро стоит вопрос импортозамещения программного обеспечения в области проектирования, моделирования и оптимизации процессов подготовки и переработки нефти и газа. Практически все используемые на предприятиях нефтегазового сектора пакеты моделирующих систем представляют собой разработки США, Канады, Великобритании и других стран.

В сложившихся условиях санкционных рисков по использованию импортного программного обеспечения для моделирования технологических процессов крайне актуальной задачей является разработка и быстрая адаптация инженерных математических моделей всех базовых процессов нефтепереработки, которые в дальнейшем станут основой российских импортозамещающих программных продуктов.

В этой связи, актуальность решения обозначенной проблемы ранее обусловлена необходимостью, в первую очередь, импортозамещения программного обеспечения в области моделирования и оптимизации процессов переработки нефтяного сырья и, во-вторых, прогнозирования показателей работы катализаторов при вовлечении в переработку низкокачественных нефтяных фракций. Актуальность решения проблемы также обусловлена тем, что до настоящего времени, отсутствуют математические модели процесса, учитывающие химические превращения углеводородов и сернистых соединений на поверхности катализатора на базе механизмов Лэнгмюра-Хиншельвуда или Ридила-Или, кислотные характеристики и размер пор катализатора, а также состав существенно различающихся по групповым и фракционным характеристикам нефтяных фракций. Состав таких фракций, включая продукты висбрекинга, коксования и масляного производства, значительно отличается от состава вакуумного газойля, традиционно вовлекаемого в переработку на установках крекинга, в том числе наличием гетероатомных соединений, разной степенью цикличности ароматических и нафтеновых

компонентов, высоким содержанием смол, асфальтенов, олефинов. При этом в зависимости от нефтехимической или топливной направленности сырьем процесса могут быть как среднестиллятные фракции, так и тяжелое остаточное сырье.

При этом принципиально важными являются несколько факторов. Во-первых, определение состава и характеристик потенциально вовлекаемого в переработку тяжелого остаточного сырья и учет его при создании реакционной схемы процесса с участием не только углеводородных и гетероатомных соединений, оказывающих влияние на выход и состав продуктов. Во-вторых, установление и учет при моделировании гетерогенного процесса кинетических и термодинамических параметров реакций на кислотных центрах катализатора с использованием методов квантово-химического моделирования и характеристик катализатора (кислотность, удельная поверхность, размер пор). Научная значимость решения данной проблемы заключается в разработке методологических основ моделирования гетерогенного процесса совместной переработки вакуумных дистиллятов, низкокачественных и остаточных нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах с учетом гетероатомных соединений, принимая во внимание снижение числа кислотных центров и размера пор катализатора, вследствие адсорбции кокса. Разработка новой модели на основе механизма Лэнгмюра-Хиншельвуда с учетом характеристик катализатора и закономерностей превращений компонентов смеси сырья позволит, во-первых, определить оптимальное количество вовлекаемых в процесс низкокачественных компонентов с учетом их состава. Во-вторых, прогнозировать степень дезактивации катализатора вследствие адсорбции кокса на его поверхности и закупорки пор в зависимости от типа сырья. В-третьих, повысить энергоэффективность технологии и выход целевых продуктов при прогнозировании содержания сернистых соединений в продуктах крекинга путем оптимизации теплового режима

процесса в зависимости от состава смесового сырья и топливной или нефтехимической направленности процесса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080300185-2

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ КИСЛОРОД- И АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Реакции гидрирования являются ключевыми процессами для нефтепереработки, нефтехимического и органического синтеза. Возможность снижения энергоемкости и повышение селективности данных процессов посредством усовершенствования существующих каталитических систем и разработки новых гетерогенных катализаторов представляет не только важную практическую, но и фундаментальную задачу. Настоящий проект направлен на разработку новых наноматериалов, взаимодействие которых с водородом проявляется эффектом низкотемпературного спilloвера H₂, а следовательно, его низкотемпературной активации. Основная задача исследования — это получение наноразмерных смешанных оксидных систем, одним из компонентов которых является легковосстанавливающийся

оксид церия (CeO₂-SiO₂, CeO₂-TiO₂, CeO₂-ZnO). Полученные наноразмерные смешанные оксиды будут использованы как носители наночастиц металлов (Pt, Cu). Ключевым моментом настоящего исследования является изучение взаимодействия полученных каталитических систем с водородом. Разработка такого рода материалов позволит создать новый тип катализаторов низкотемпературного гидрирования различных классов органических соединений (карбонильных, нитро-соединений и нитрилов), что представляет собой мультидисциплинарную задачу получения функциональных наноматериалов - катализаторов для энергоэффективных процессов с участием водорода в органическом и нефтехимическом синтезе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122080400018-2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ В ВЫСОКООКТАНОВЫЕ БЕНЗИНЫ И ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Конкретная задача, на решение которой направлен проект — создание импортозамещающей системы технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти, которая будет включать в себя математические модели всех базовых химических процессов получения высокооктановых компонентов бензинов экологического класса 5 (каталитический риформинг, изомеризация, каталитический крекинг, алкилирование изобутана олефинами) и компаундирования топлив. Такая система будет учитывать неаддитивность смешения углеводородных потоков и вовлекаемых в компаундирование присадок и добавок с выдачей рекомендации по корректировке рецептуры приготовления бензина для оптимального расхода компонентов. Будут проведены численные и экспериментальные исследования процессов химического реагирования углеводородов в каталитических реакторах с получением компонентов высокооктановых бензинов и их компаундирования. На основе полученных результатов будет создан банк прогностических математических моделей процессов получения компонентов высокооктановых бензинов (каталитический риформинг, изомеризация, каталитический крекинг, алкилирование изобутана олефинами) и компаундирования топлив. Будут актуализированы математические модели процессов каталитического риформинга и изомеризации пентан-гексановой фракции углеводородов, что позволит провести численные исследования и разработать рекомендации по повышению детонационной стойкости риформата и изомеризата. Будет усовершенствована математическая модель процесса каталитического крекинга путем описания превращений серосодержащих соединений с целью прогнозирования показателей качества бензинов крекинга по содержанию общей серы. Будут проведены экспериментальные и численные исследования и установлены эффекты, возникающие при смешении углеводородных смесей, а именно синергетический эффект по показателю детонационной стойкости, проявляющийся в ди- и поликомпонентных смесях оксигенатов. На основе полученных результатов будет выполнено математическое

моделирование процесса компаундирования бензинов на основе учета влияния полярности и неаддитивности детонационных свойств компонентов бензиновой смеси, вызванных межмолекулярными взаимодействиями. Это повысит ресурсоэффективность производства, в случае сырья с низким октановым потенциалом — избежать выхода некондиционных партий продукции; в случае сырья с высоким октановым потенциалом — сэкономить ценные продукты. Будут проведены экспериментальные и численные исследования, на основании которых разработаны расчетные методы по определению длительности индукционного периода, что позволит оптимизировать процесс приготовления моторных топлив, а также поспособствует прогнозированию оптимальных объемов рецептур смешения компонентов для получения бензинов требуемого качества по данному показателю. Будут проведены исследования по оценке равномерности распределения детонационной стойкости по фракциям в случае смешения различных топливных композиций, на основании которых будет разработана методика расчета коэффициента распределения детонационной стойкости по фракциям, значение которого близкое к 1 позволяет обеспечить стабильную работу двигателя автомобиля. Это позволит разработать новые составы многофункциональных компонентов к автобензинам, на основе оксигенатов и алкилатов, повышающие эксплуатационные и экологические свойства моторных топлив. Таким образом, в результате выполнения проекта будет решена многокритериальная задача повышения ресурсоэффективности процессов получения высокооктановых бензинов, как на стадиях химического реагирования углеводородов в каталитических реакторах, так и на стадии смешения углеводородных смесей. С этой целью будут разработаны новые и усовершенствованы существующие математические модели, реализованные на единой платформе, представляющей собой импортозамещающую систему технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080800022-5

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ Mo, W и Ni В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ МАССИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ

В настоящее время в России вовлекается в переработку самое разное труднопревращаемое углеводородное сырьё - от дистиллятов, полученных при переработке альтернативного природного сырья (тяжёлой нефти и битумов), до жидких продуктов, получаемых при утилизации отходов пластиков. Параллельно с этим происходит постоянное ужесточение экологических стандартов на качество нефтепродуктов. Одним из параметров качества нефтепродуктов является содержание в них сернистых и азотистых соединений. Для снижения содержания серы и азота до требуемого уровня необходимо проводить гидроочистку нефтяных фракций. Для сохранения энергоэффективности процесса гидроочистки при утяжелении углеводородного состава сырья необходимо использовать более активные катализаторы, обеспечивающие получение продукта, соответствующего современным экологическим стандартам качества. Кроме того, на российских нефтеперерабатывающих заводах для процессов гидроочистки используют импортные катализаторы. С учетом быстрого развития зарубежного рынка катализаторов процессов нефтепереработки, преодоление импортозависимости возможно путём разработки и внедрения в эксплуатацию конкурентноспособных отечественных катализаторов гидроочистки. Таким образом, разработка новых способов приготовления высокоактивных катализаторов гидроочистки является чрезвычайно актуальной в настоящее время. Ni(Co)-Mo(W) сульфидные системы, нанесенные на пористый алюмооксидный носитель, наиболее часто используют в качестве катализаторов гидропроцессов. Существует множество способов увеличения активности данной системы, однако основной принцип сведен к поиску пути синтеза наибольшего количества активной сульфидной фазы. Зарубежные фирмы производители предлагают использовать массивные сульфидные катализаторы в качестве альтернативного варианта нанесенным катализаторам. В таком случае доля активного компонента в объеме катализатора многократно возрастает. Использование таких систем возможно в индивидуальном порядке во всем реакторе, либо в качестве одного из слоев в реакторе, например, в качестве верхнего слоя перед

основным слоем катализатора. В случае использования такого катализатора в качестве основного слоя в реакторе гидроочистки можно ожидать существенного снижения температуры процесса вследствие значительно более высокой активности массивного катализатора в сравнении с нанесенной системой. С другой стороны, такой катализатор должен существенно увеличить количество поглощаемого водорода на тонну сырья. В случае использования такого массивного катализатора в качестве одного из слоев в реакторе, а в частности перед основным слоем катализатора, можно ожидать значительного улучшения состава сырья до его взаимодействия с основным слоем катализатора. В таком случае, открываются перспективы вовлечения большего количества тяжелого углеводородного сырья, в том числе вторичных процессов нефтепереработки. Стоит отметить, что в открытой научной и патентной литературе работ, посвященных синтезу и исследованию массивных катализаторов гидропроцессов, практически нет. В настоящем проекте предлагается разработать подходы к синтезу материалов, состоящих из смешанных сложных оксидов переходных металлов Ni, Mo и W, которые являются предшественником активной сульфидной Ni-Mo-W фазы. А также выполнить исследование влияния структуры сложных оксидов Ni, Mo и W на особенности формирования смешанных сульфидов и их каталитическую активность в реакциях гидрирования, гидрообессеривания и гидродеазотирования модельной смеси и тяжелого нефтяного сырья. Ранее наша группа занималась разработкой каталитических систем на основе сульфидов Co(Ni)-Mo(W), нанесенных на оксид алюминия. Многочисленные работы были связаны с синтезами предшественников активной фазы, синтезом алюмооксидных и алюмосиликатных носителей, оптимизацией свойств носителей и оптимизацией параметров синтеза катализатора. В данной работе будет использован накопленный многолетний опыт научного коллектива в смежной данной работе области. Результаты данной работы могут быть далее использованы предприятиями, занимающимися разработкой, наработкой и эксплуатацией катализаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122112100020-6

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПЛАНЕТЫ»

Центр призван обеспечить проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области геологии, геохимии и разработки залежей нефти, с использованием современных физико-химических методов и сквозных технологий, создание экологичных, энергоэффективных и экономичных технологий прогнозирования, разведки, разработки жидких углеводородов. В результате выполнения работ в рамках данного проекта планируется создание комплекса методов и технологий, позволяющих обеспечить создание резервов извлекаемых запасов жидких углеводородов в новых регионах, в том числе на

слабо исследованных территориях на суше и на шельфе (Восточная Сибирь, Арктический шельф, Сахалин, Охотское и Берингово моря). Планируется создание и реализация новой парадигмы разработки месторождений на «последней» стадии, позволяющая достигнуть увеличения коэффициента извлечения нефти на гигантских и крупных месторождениях до 0.65-0.7, увеличение извлекаемых запасов в 1.5-2 раза, уменьшение себестоимости добычи на этих месторождениях до 1.5-1.8 раз. Создание и развитие технологий «подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122121500037-2

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ»

Центр призван обеспечить проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области геологии, геохимии, бурения и разработки залежей нефти, с использованием современных физико-

химических методов и сквозных технологий, создание экологичных, энергоэффективных и экономичных технологий прогнозирования, разведки, разработки жидких углеводородов. В результате выполнения работ в рамках

данного проекта планируется создание комплекса методов и технологий, позволяющих обеспечить создание резервов извлекаемых запасов жидких углеводородов в новых регионах, в том числе на слабо исследованных территориях на суше и на шельфе (Восточная Сибирь, Арктический шельф, Сахалин, Охотское и Берингово моря). Планируется создание и реализация новой парадигмы разработки месторождений

на «последней» стадии, позволяющая достигнуть увеличения коэффициента извлечения нефти на гигантских и крупных месторождениях до 0.65-0.7, увеличение извлекаемых запасов в 1.5-2 раза, уменьшение себестоимости добычи на этих месторождениях до 1.5-1.8 раз. Создание и развитие технологий «подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122121500110-2

Влияние присадок на эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива

В современном мире одной из основных проблем топливно-энергетического комплекса является производство моторных топлив, которые отвечают постоянно ужесточающимся экологическим требованиям и высоким стандартам эксплуатационных параметров при ежегодном снижении качества исходного нефтяного сырья. В связи с этим актуальной задачей является подбор существующих и/или разработка новых присадок к автомобильным бензинам и дизельным топливам, и оценка их влияния на различные параметры данных нефтепродуктов. Исследование направлено на подбор присадок и их оптимальных дозировок, наиболее эффективно улучшающих эксплуатационные характеристики

и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива, предоставленных заказчиком. В рамках работы будут определены исходные параметры исследуемых моторных топлив более чем по 15 методам анализа в соответствии с ГОСТ, после чего аналогичным образом будут проанализированы смеси исходных топлив с присадками в различных соотношениях. На основании полученных данных будут даны рекомендации по выбору присадок и их оптимальных дозировок, наиболее эффективно улучшающих эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива, предоставленных заказчиком

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062400029-4

Исследование параметров гидроконверсии термолизного масла (продукта переработки отходов пластика) в компоненты экологически чистых моторных топлив

В настоящее время в мире и в России накоплено огромное количество отходов различных пластиков. По данным Статистической службы, в 2019 году в России было образовано около 65 миллионов тонн твердых коммунальных отходов, где пластик, в частности упаковка, составил половину объема коммунального мусора России. Основной проблемой утилизации отходов пластика является их неоднородный химический состав, например, такое простое изделие, как бутылка для напитков, состоит из двух различных пластмасс – обычно, сама бутылка из полиэтилентерефталата, а крышка и ручка – из полиэтилена низкого давления. В отходах также присутствует значительное количество галогенсодержащих пластмасс – фторопласты и ПВХ. Поскольку сортировка отходов пластмасс по отдельным сортам чрезвычайно трудоёмка, при переработке преимуществ имеют технологии, позволяющие получать из смеси разных пластмасс один целевой продукт. К таким технологиям относится термолиз – термическое разложение без контакта с воздухом. Основным продуктом термолиза является термолизное масло, представляющее собой смесь углеводородов с различными температурами кипения, загрязнённую токсичными соединениями галогенов, серы, азота и кислорода. Однако по ряду своих основных свойств – фракционному составу, отношению Н/С, низкой коксуемости и низкой концентрации минеральных примесей термолизные масла во многом превосходят такой ценный природный ресурс, как нефть. Кроме того, поскольку термолизные масла могут производиться в непосредственной близости от городов, где расположены нефтеперерабатывающие заводы, то с точки зрения логистики, термолизные масла выглядят гораздо привлекательнее, чем традиционная нефть, которую ещё нужно доставить к местам переработки. Таким образом, термолизные масла представляются весьма привлекательным сырьём не для получения энергии, а для высокомаржинального производства либо готовых экологически чистых моторных топлив, либо высококачественного сырья для ряда топливных процессов классической нефтепереработки. Основной проблемой на пути широкого использования термолизных масел в процессах получения экологически чистых моторных топлив

является состав содержащихся в этих маслах гетероатомов, где наряду с типичными для традиционного нефтяного сырья соединениями серы и азота, присутствуют в значительных концентрациях соединения кислорода и галогенов. Поскольку представительных количеств сырья с таким составом гетероатомных соединений ранее не существовало, то не было ни специальных технологий, ни катализаторов для его переработки. Сейчас, наряду с прогнозируемым развитием процессов термолиза отходов пластика, создание гидрогенизационных технологий переработки термолизных масел в качественные экологически чистые моторные топлива стало весьма актуальным. Не менее актуальной задачей является создание специализированных катализаторов для этих процессов. В рамках предлагаемого проекта прежде всего предлагается, с использованием известных катализаторов гидрогенизационных процессов, создать научные основы для последующего развития технологии гидроконверсии сложных смесей разных классов гетероатомных, ненасыщенных и конденсированных ароматических соединений, предлагается выявить взаимовлияние конкретных типов соединений на превращение других, определить граничные условия процессов, обеспечивающих максимальные выходы и наилучшее качество отдельных целевых углеводородных фракций. В области создания новых катализаторов предлагается сначала оценить влияние компонентов сырья и параметров процесса на селективность катализаторов и стабильность их каталитического действия, а далее, на основании имеющегося научного задела перейти к созданию новых, специализированных катализаторов, обеспечивающих и протекание гидроконверсии в заданных условиях, и получение продуктов с заданными качественными и количественными характеристиками. Принципиальной научной новизной настоящего проекта является изучение возможностей каталитической гидрогенизационной переработки углеводородного сырья широкого фракционного состава с концом кипения более 500С, имеющего высокую концентрацию ароматических и ненасыщенных углеводородов и содержащего одновременно соединения серы, азота, кислорода и галогенов. При этом

продукты гидрогенизационной переработки характеризуются ультранизким содержанием гетероатомов (концентрация серы, азота и галогенов в бензиновых фракциях ниже 1 ppm, в среднедистиллятных фракциях ниже 10 ppm) и облегченным по сравнению с исходным сырьём фракционным составом. Вторым элементом новизны является разработка не описанных нигде ранее специализированных катализаторов, позволяющих стабильно и селективно превращать сложные смеси углеводородов с гетероатомными соединениями в целевые фракции с ультранизким содержанием гетероатомов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122051100070-3

ПРОИЗВОДСТВО СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЯЖЕЛЫХ ОСТАТКОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

В рамках выполнения НИР будут определены возможные направления использования и потребители сорбентов на основе тяжелых нефтяных остатков. будут подобраны оптимальные методики получения сорбентов, с дальнейшим определением основных показателей качества, оптимизацией

При этом, основными параметрами, определяющими стабильность и селективность катализаторов, будут дисперсность и морфология сульфидных частиц, а также текстура, кислотность, фазовый состав и параметры модифицирования носителя на основе оксида алюминия. Третьим элементом новизны будет оценка влияния послойной загрузки выполняющих различные функции катализаторов на параметры гидроконверсии термализного масла, выходы и свойства получаемых продуктов.

потребительских характеристик с учетом направления их дальнейшего использования. Запланировано создание лабораторной установки для моделирования стадий и основных параметров получения сорбентов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122113000020-4

РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПЛАНЕТЫ

Центр призван обеспечить проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области геологии, геохимии и разработки залежей нефти, с использованием современных физико-химических методов и сквозных технологий, создание экологичных, энергоэффективных и экономичных технологий прогнозирования, разведки, разработки жидких углеводородов. В результате выполнения работ в рамках данного проекта планируется создание комплекса методов и технологий, позволяющих обеспечить создание резервов извлекаемых запасов жидких углеводородов в новых регионах, в том числе на

слабо исследованных территориях на суше и на шельфе (Восточная Сибирь, Арктический шельф, Сахалин, Охотское и Берингово моря). Планируется создание и реализация новой парадигмы разработки месторождений на «последней» стадии, позволяющая достигнуть увеличения коэффициента извлечения нефти на гигантских и крупных месторождениях до 0.65-0.7, увеличение извлекаемых запасов в 1.5-2 раза, уменьшение себестоимости добычи на этих месторождениях до 1.5-1.8 раз. Создание и развитие технологий «подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123041000149-7

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В НИР разрабатываются концептуальные основы создания цифровых двойников технологического оборудования нефтепереработки. Рассматриваются вопросы создания

платформы для построения цифровых двойников, осуществляется выбор программного обеспечения для создания цифровых двойников.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ К.Г. РАЗУМОВСКОГО (ПЕРВЫЙ КАЗАЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

2023

№ 123022700032-4

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ В СШИТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СЕТКАХ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ГИДРИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ

Проект направлен на разработку рационального дизайна эффективных металлосодержащих каталитических систем, стабилизированных в ароматических полимерных сетках и адаптацию таких систем к промышленно значимым процессам жидкофазного гидрирования, широко востребованным в химической отрасли Российской Федерации. Процессы гидрирования активно применяются в нефтепереработке, обогащении моторных и авиационных топлив, крупнотоннажных синтезах широко востребованного мировой промышленностью капролактама, и других промышленно значимых процессах, являющихся базой как Российской, так и мировой химической промышленности. Основные проблемы промышленных каталитических систем, применяемых в процессах гидрирования ароматических субстратов: невысокая удельная поверхность и формирование корочки активной фазы на поверхности

носителя. Таким образом значительная часть активной фазы остается недоступной для проведения каталитического процесса, механическое истирание гранул катализатора приводит к преимущественному истиранию активной фазы, что ведёт к потере металла и потере катализатором активности, дополнительной к его дезактивации в результате осмоления субстрата, рекристаллизации, миграции металла вглубь носителя и других процессов. Кроме того, каталитические системы на неорганических носителях часто неэффективно рассеивают теплоту химических реакций вследствие своей низкой теплопроводности, что может приводить к локальным перегревам, сама неорганическая подложка в условиях реакции в зависимости от её природы может вызывать процессы осмоления, изомеризации, нежелательного раскрытия цикла. Основная идея разработки стабилизированных в ароматических и гетероароматических

полимерных сетках металлосоодержащих каталитических систем заключается в том, что полимерная сетка обладает рядом уникальных свойств, недоступных классическим неорганическим носителям: способность значительно набухать как в среде растворителя, так и в среде чистого субстрата, что позволяет использовать другую особенность таких полимеров – эффективную стабилизацию наночастиц металлов, оксидов, сульфидов. Сочетание таких свойств нерегулярных сетчатых ароматических полимеров формирует идею о возможности формирования каталитической системы с распределенной в ее объеме и эффективно стабилизированной активной фазе катализатора; набухание полимера обеспечит эффективный доступ реагентов к поверхности активной фазы, а правильный подбор природы звеньев полимера обеспечат эффективную модификацию свойств активной фазы, что в сочетании способно привести к созданию более активных каталитических систем гидрирования, работающих в более мягких условиях по сравнению с промышленными аналогами. В рамках проекта будут выполнены работы по обоснованному дизайну и

синтезу ароматических и гетероароматических полимерных сеток, обладающих высокой пористостью и удельной поверхностью, на их основе будут созданы содержащие d-металлы каталитические системы жидкофазного гидрирования ароматических и полиароматических веществ в жидкой фазе. Обобщение результатов физико-химических исследований таких систем в сочетании с исследованием кинетики процессов позволит получить знания о связи структура-свойство и структура-активность таких систем, получить практические знания о формировании этих систем, эффективности процессов гидрирования ароматических и полиароматических веществ с применением созданных катализаторов при обогащении топлив, и в применении к тонкому органическому синтезу. Основной новизной проекта является комплексный подход к дизайну и разработке нового класса каталитических систем гидрирования и создания подхода к регулированию их свойств. Полученные сведения фундаментального характера станут основой для рационального дизайна каталитических систем промышленно значимых процессов жидкофазного гидрирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123112100060-1

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕВОГО БИОТОПЛИВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Единая энергетическая система относится к постоянно развивающемуся высокоавтоматизированному комплексу, охватывающему всю территорию России. Большое значение имеет надежность электроснабжения потребителей, которая во многом зависит от физико-химических и эксплуатационных свойств трансформаторного масла, выполняющего роль жидкой изоляции электрических установок. Трансформаторное масло, полученное из нефтяного сырья, в маслонаполненных электрических аппаратах подвержено старению и в процессе эксплуатации электрооборудования возможно возникновение дефектов, способных вызвать аварийные ситуации. Разработка электротехнологий и технических средств, обеспечивающих надежность функционирования электрооборудования в процессе эксплуатации, является одной из наиболее важных проблем энергетики. Исследование закономерностей влияния

состава масла на его эксплуатационные свойства, разработка рациональных технологических схем очистки и регенерации трансформаторного масла, диагностика состояния маслонаполненного электрооборудования электрических станций, повышение качества трансформаторного масла и расширение областей использования масел, полученных из сернистых нефтей, составляют самостоятельное научное направление в энергетике. В настоящее время нефть является единственным источником производства моторных топлив, на получение которой расходуется до 50 % нефти. Добавка биотоплива в нефтяное топливо позволит снизить выбросы CO₂ сажи, диоксидов, загрязнения флоры и фауны. Решение задачи применения смесового биотоплива для автотракторной техники является актуальным направлением научных исследований.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МЕЛИТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123081600015-5

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОЭМИССИОННОГО СЖИГАНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ПАРОВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ЗА СЧЕТ СОВМЕСТНОЙ ПОДАЧИ ОКИСЛИТЕЛЕЙ-РАЗБАВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Развитие энергетики, транспорта, химической и нефтяной промышленности связаны с эффективностью технологий сжигания топлива. 90% потребляемой энергии обеспечивается процессами горения. При этом, энергоэффективное и экологически безопасное сжигание топлива особо критично для российской экономики и соответствует Стратегии научно-технологического развития. В то же время, является актуальной задача вовлечения в топливно-энергетический баланс накопленных некондиционных топлив и горючих отходов (отработанные смазочные жидкости, отходы нефтедобычи и нефтепереработки и др.). Эти виды дешевых энергоносителей на сегодняшний день не находят масштабного применения по причине отсутствия универсальной эффективной и экологически безопасной технологии их утилизации и продолжают накапливаться, загрязняя окружающую среду. При правильном использовании таких источников энергии они могут быть альтернативой качественным видам топлива, при одновременном решении экологической проблемы. Проект направлен на решение следующих актуальных проблем: утилизация накопленных не востребуемых жидких горючих отходов; снижение выбросов токсичных продуктов сгорания

в атмосферу; повышение экономической эффективности за счет использования дешевых видов топлива для выработки энергии. Жидкие горючие отходы и некондиционные топлива – это жидкости с переменным фракционным составом, содержанием механических примесей и воды, сернистых соединений и азотосодержащих продуктов, тяжелых остатков, которые при горении образуют продукты сгорания с разным содержанием сажи и токсичных компонентов. Сжигание такого топлива традиционными способами не является эффективным и экологически безопасным и требует применения специальных решений. В ИТ СО РАН предложен и успешно апробирован новый способ низкоэмиссионного сжигания некондиционного топлива при распылении струей перегретого водяного пара (Steam injection method). Такой способ обладает рядом преимуществ при сжигании отходов. Вместе с этим, существуют другие эффективные подходы для снижения вредных выбросов при сжигании топлива, основанные на использовании газов разбавителей (например Flue gas recirculation), а также сжигания с повышенным содержанием кислорода (Oxi-fuel combustion). В проекте предлагается принципиально новый подход к решению

проблемы повышения экологических показателей при сжигании горючих отходов, основанный на совместном применении метода впрыска пара и газов окислителей-разбавителей. Предложенное комплексное решение для дополнительного снижения токсичных продуктов сгорания будет реализовано впервые применительно к проблеме утилизации отходов, чем определяется научная новизна результатов проекта. Кроме того, применение комплекса современных экспериментальных методов, создающих основу для развития нового направления исследований в рамках теплоэнергетики. Целью настоящей работы является экспериментальное (лабораторное) исследование экологических и теплотехнических показателей сжигания жидких углеводородов в условиях совместного впрыска пара в зону горения, рециркуляции дымовых газов и варьирования кислорода в подаваемом воздухе. Измерения

будут проведены на разработанных новых горелочных устройствах, реализующих предложенный комплексный подход с использованием газов окислителей-разбавителей. В качестве топлива будут рассмотрены стандартное дизельное топливо – как тестовое топливо для отладки методик и апробации предложенных способов снижения выбросов, и отработанное автомобильное масло – как один из наиболее распространенных видов жидких горючих отходов. Научная значимость проекта определяется важностью полученных результатов для развития представлений о закономерностях физико-химических процессов при сжигании жидких углеводородов в условиях подачи газов окислителей-разбавителей, и создания научных основ разработки перспективных экологически безопасных теплоэнергетических технологий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123112900068-9

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ ПЕРЕРАБОТКОЙ НЕПИЩЕВОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

Настоящее исследование направлено на разработку отечественной технологии получения углеводородных реактивных топлив с использованием наряду с нефтяными, кислородсодержащего возобновляемого сырья. Центральной задачей работы является в создании оптимального способа вовлечения липидсодержащих компонентов и отходов в существующие вторичные процессы нефтепереработки с их адекватной адаптацией к кислородсодержащему сырью. В результате реализации работы должна быть создана технология (на уровне не менее УГТ-4) переработки смесового (нефтяное+непищевое возобновляемое) сырья с получением

парафинафеновых компонентов реактивных топлив (ПНК РТ). В качестве основных стадий технологии выступают процессы каталитического крекинга и гидродеароматизации. Результатом работы должен стать технологический регламент производства ПНК РТ на пилотном оборудовании, позволяющий переходить к выдаче Исходных данных для проектирования промышленного производства (ИДП). Работоспособность технологии должна быть подтверждена как результатами пробного пилотного производства (стенда-демонстратора технологии), так и результатами испытаний реактивных топлив, содержащих возобновляемый ПНК РТ

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123051700011-9

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ ПЛАТФОРМ НА ОСНОВЕ О-, N- И С-КООРДИНИРОВАННЫХ МЕТАЛЛАМАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ И АРОМАТИЧЕСКИХ ЛИГАНДОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Координационные соединения играют определяющую роль в наукоемких областях, интенсивно развивающихся в последние десятилетия, включая современный химический синтез, катализ, биомедицину, молекулярную электронику и наноматериалы. Проект предполагает поиск новых теоретических и экспериментальных подходов к функционально-ориентированному конструированию систем металл-лиганд с использованием нескольких структурных платформ, которые объединены наличием плоских циклических фрагментов и обладают специфическими особенностями молекулярного строения и физико-химических свойств, определяющими востребованность таких металлокомплексов для практического использования в качестве эффективных катализаторов и прекурсоров функциональных материалов и биомедицинских препаратов. Одна из таких платформ – новые металлакраны с уникальным строением медьсодержащих металломакроциклических лигандов. В проекте ставится задача разработки новой методологии синтеза водорастворимых комплексов с металломакроциклами заданных конфигураций и размеров на основе биологически значимых аминоксидных лигандов для последующего связывания органических и неорганических субстратов и получения биосовместимых гелевых композиций. Еще одна группа макроциклических комплексов представлена фталоцианинами металлов. Фталоцианиновые комплексы перспективны для использования в катализе процессов нефтепереработки и фотоокисления загрязнителей окружающей среды. В задачи проекта входит получение новых несимметричных биядерных фталоцианиновых комплексов, включая

неизвестные до этого системы типа M(I)-M(III). Планируется исследование каталитических и фотокаталитических свойств полученных соединений в реакциях окисления органических субстратов (меркаптанов, фенолов, сульфидов, спиртов, углеводородов) молекулярным кислородом, а также эффектов фотосенсибилизации для потенциального применения в органическом синтезе и фотодинамической терапии. Присутствие ароматических фрагментов оказывает существенное влияние на набор возможных степеней восстановления лиганда в металлокомплексах. Проект предусматривает синтез и изучение с помощью квантово-химических и физико-химических методов новых координационных соединений на основе замещенных иминоацетенонов. Задачи проекта включают изучение каталитической активности полученных соединений в реакциях функционализации алкенов и ацетиленов. Механизмы процессов будут установлены с помощью теории функционала плотности. Ароматические лиганды входят в состав комплексов, принадлежащих к одному из важнейших классов органических производных металлов – сэндвичевым соединениям. Широкие возможности применения сэндвичевых систем в катализе, электрохимии и биомедицине обусловлены способностью образовывать устойчивые или реакционноспособные ионы. В задачи проекта включен поиск новых подходов к анализу трансформации молекулярного и электронного строения сэндвичевых комплексов 3d- и 4d-металлов при ионизации. С использованием разработанных в ходе выполнения проекта оригинальных подходов будет получена новая информация об изменениях молекулярного и электронного строения

сэндвичевых комплексов 3d- и 4d-металлов при ионизации, а также энергиях отдельных стадий распада таких соединений до металл-содержащих частиц, входящих в состав наноматериалов. Перспективы разработки эффективных и недорогих каталитических систем и методов получения

новых функциональных материалов, включая материалы для биомедицины, определяют возможности практического использования результатов проекта в экономике и социальной сфере.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Г.А. РАЗУВАЕВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123022700034-8

СИНТЕЗ ВЫСОКОПОРИСТЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ФОРМ ПАЛЛАДИЯ IN SITU В ПРОЦЕССАХ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ

Проект направлен на создание научно-практических основ разработки высокопористых полимерных материалов, служащих эффективным инструментом для стабилизации каталитически активных форм палладия в реакциях кросс-сочетания. Новизна данного проекта заключается в создании серии высокопористых ароматических полимеров, включая функционализированные, которые будут применяться в качестве макролигандов для получения гетерогенных катализаторов реакций кросс-сочетания. При этом полимерная матрица будет использоваться для формирования и стабилизации активных форм палладия, образующихся в результате in situ трансформации «прекатализатора», что позволит сместить область протекания каталитической реакции из объема реакционного раствора вглубь полимерного окружения и тем самым минимизировать вымывание активного металла, что является актуальной задачей при разработке катализаторов кросс-сочетания. Таким образом, будут получены новые данные фундаментального характера, которые послужат основой дальнейшего усовершенствования катализаторов, предназначенных для процессов кросс-сочетания, имеющих первостепенное значение для развития фармацевтической промышленности. В настоящее время известно, что гетерогенные каталитические системы, использующиеся в реакциях кросс-сочетания, представляют собой катализаторы «коктейльного» типа, в составе которых палладий непрерывно меняет степень окисления, что сопровождается изменениями морфологии катализатора. Исходные формы Pd являются источниками каталитически активных форм металла, образующихся в ходе его взаимодействия с компонентами реакционной смеси. В связи с этим, для безлигандных гетерогенных катализаторов высок риск миграции Pd в раствор. Таким образом, необходимым условием для удерживания активного металла является обеспечение механизмов его взаимодействия с носителем. Одним из таких механизмов является взаимодействие кластеров металла с ароматическими кольцами полимерного носителя. В этом отношении перспективными являются

полимеры, содержащие гетероароматические структуры. Другим подходом к стабилизации Pd является использование носителей, содержащих функциональные группы, способные взаимодействовать с металлом-катализатором. Существует огромное разнообразие сшитых полимерных носителей для стабилизации наночастиц и катионов Pd, однако во многих случаях синтез полимеров является многостадийным и включает этапы, требующие применения гомогенных палладиевых комплексов в качестве катализаторов сшивки. Основная идея данного проекта – синтез высокопористых полимеров в одну стадию с последующим внедрением палладия в полимерное окружение. При этом существуют широкие возможности для получения полимеров с необходимыми свойствами, такие, как использование различных функционализированных мономеров, а также применение мономеров гетероциклической природы. Варьирование природы и соотношения мономеров позволит регулировать такие параметры полимерного носителя, как гидрофильность/гидрофобность, пористость, а также концентрация функциональных групп, что позволит в дальнейшем влиять на распределение и прочность удерживания палладия в полученных каталитических системах. Таким образом, высокопористые ароматические полимеры являются перспективным объектом для создания новых каталитических систем. Они обладают огромным потенциалом для стабилизации катионов и наночастиц благородных металлов, а также возможностью направленного дизайна для получения катализаторов с заданными свойствами, способными осуществлять реакции в различных средах с минимизацией потери каталитически активного металла. Важно также подчеркнуть, что мономеры для синтеза высокопористых ароматических полимеров являются дешевыми и доступными крупнотоннажными продуктами нефтепереработки, а возможность одностадийного синтеза позволяет осуществлять экономии теплотенергоресурсов и сокращать количество производственных выбросов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

1.8 Технологии глубокой переработки углеводородного сырья с производством востребованных крупно-, средне- и малотоннажных полимерных продуктов с конкурентной стоимостью

2023

№ 123092100055-2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЗОФАЗНОГО НЕФТЯНОГО ПЕКА ИЗ ОСТАТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ГК «ТАТНЕФТЬ» И ВЫСОКОМОДУЛЬНОГО УГЛЕВОЛОКНА С ВЫСОКИМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕЗОФАЗНОГО НЕФТЯНОГО ПЕКА

Работа направлена на анализ сырьевой базы и выбор оптимального сырья для получения мезофазного пека, пригодного для переработки в высокомолекулярное углеволокно с высоким показателем теплопроводности. Углеродные волокна на основе мезофазных пеков обладают комплексов

свойств, которые позволяют применять их для армирования современных композиционных материалов узлов и деталей перспективной боевой авиации и ракетно-космической техники при высочайших скоростях полета.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ»

№ 123051100048-1

ОЛИГОМЕРЫ НА ОСНОВЕ АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫХ НОРБОРНЕНОВ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ: СИНТЕЗ, МИКРОСТРУКТУРА И ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРА-СВОЙСТВО

Осваивание территории крайнего севера ограничено суровыми природными условиями. В частности, низкие температуры приводят к застыванию моторных масел. Создание и использование качественных низкотемпературных моторных масел, имеющие умеренную вязкость при температурах ниже -50°C , может решить данную проблему.

В то же время, такое масло должно оставаться вязким при рабочих температурах двигателя, защищая его от процессов старения. Синтетические масла, состоящие из насыщенных олигомеров альфа-олефинов, демонстрируют низкие температуры застывания, что обусловлено большим количеством разветвлений в основной цепи, наличием длинных боковых заместителей и узким молекулярно-массовым распределением [1].

Однако олигомеризация альфа-олефинов, по сравнению с напряженными циклоолефинами, требует либо жестких условий проведения реакции и высоких загрузок катализаторов, либо специальных активных катализаторов [1].

Одним из вариантов решения данной проблемы может стать использование в качестве основы моторных масел насыщенных олигомеров алкилзамещенных норборненов. Благодаря доступности, простоте синтеза и высокой активности в олигомеризации и полимеризации различных производных норборненов, можно легко получать полимеры с углеводородными радикалами [2].

Регулируя величину бокового заместителя в будущем олигомере и его молекулярную массу можно управлять вязкостью и температурой застывания олигомера, а также другими важными характеристиками моторных масел. Метатезисная полимеризация – наиболее плодотворный путь превращения производных норборнена. В соответствии с механизмом циклораскрывающей метатезисной полимеризации молекула однокомпонентного катализатора становится инициатором одной молекулы полимера.

Для получения олигомеров необходимо использовать либо большое количество катализатора, либо агенты передачи цепи. Последнее существенно сокращает расход катализатора. В результате получают олигомеры с четко

контролируемой структурой и узким молекулярно-массовым распределением при небольших загрузках катализатора.

Варьируя исходное молярное соотношение катализатор: мономер можно легко получать строго определенную молекулярную массу продукта с узким молекулярно-массовым распределением. В качестве агента цепи можно использовать широко доступные α -олефины [3]. Несмотря на то, что первичные продукты метатезисной полимеризации содержат в основной цепи двойные связи, последние можно легко прогидрировать водородом в присутствии того же катализатора, который вел полимеризацию просто меняя условия [4]. Это существенно упростит процесс пост-модификации, сэкономит материальные ресурсы перед получением готового продукта.

Полимеризация алкилзамещенных норборненов по схеме метатезиса в литературе описана только с образованием высокомолекулярных продуктов [2] и отсутствуют данные о синтезе насыщенных олигомеров с длинными боковыми алифатическими заместителями на основе алкил-производных норборненов.

В настоящей работе предлагается впервые разработать метод синтеза насыщенных олигомеров на основе алкилзамещенных норборненов с использованием реакции метатезиса, синтезировать серию таких олигомеров с закономерным изменяемым строением, детально исследовать их физико-химические свойства (индекс вязкости при различных температурах, температуры застывания, разложения и другие характеристики), установить взаимосвязи между структурой таких олигомеров и их свойствами и далее на основе выявленных взаимосвязей разработать стратегию по направленному созданию новых углеводородных основ для современных низкотемпературных масел. [1] I. E. Nifant'ev et al., Appl. Catal. A Gen., vol. 549, 2018, p. 40. [2] A. I. Wozniak et al., J. Memb. Sci., vol. 641, Jan. 2022, p. 119848. [3] J. Fan, N. Ren, C. Zhang, M. Li, X. Zhu, and G. Tong, Polymer (Guildf.), vol. 242, p. 124571, 2022. [4] D. E. Fogg, D. Amoroso, S. D. Drouin, J. Snelgrove, J. Conrad, and F. Zamanian, J. Mol. Catal. A Chem., vol. 190, no. 1–2, pp. 177–184, 2002.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

1.9 ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ НЕФТЕ- И ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ, НЕФТЕ- И ГАЗОХИМИИ2021

№ 121080600026-6

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ $\text{CrO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$ НАНОЧАСТИЦ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ АТМОСФЕРЕ ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЛЕГКИХ АЛКАНОВ

Значительная часть современного мирового рынка промышленных катализаторов дегидрирования легких алканов приходится на $\text{CrO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$ системы. Актуальная задача по дальнейшему совершенствованию этой каталитической системы состоит в уменьшении в составе количества хрома вместе со снижением его токсичности при одновременном улучшении активности и селективности катализатора. Учитывая, что это достаточно изученная система, то поиск решения этой задачи возможен при использовании нетрадиционных методов синтеза. К таким методам для химических технологий относится лазерный синтез функциональных оксидных наноматериалов. В Проекте предлагается использовать методы лазерного синтеза модельных наноразмерных катализаторов $\text{CrO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$. Для увеличения содержания активных центров Cr^{3+} синтез образцов будет проводиться в восстановительных атмосферах водорода и метана. Основная цель Проекта заключается в исследовании формирования активных центров

хрома на поверхности $\text{CrO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$ наночастиц в зависимости от состава атмосферы при испарении. Используя широкие возможности доступных современных методов изучения наноматериалов, Проект будет направлен на комплексное изучение физико-химических и каталитических свойств новой наноразмерной системы $\text{CrO}_x/\text{Al}_2\text{O}_3$. Каталитические характеристики полученных катализаторов будут исследованы в реакции дегидрирования изобутана в реакторе неподвижного слоя. Можно ожидать, что при существующем постоянном спросе на катализаторы дегидрирования алканов, эти работы по уменьшению содержания хрома и, в частности, доли канцерогенных ионов Cr^{6+} позволят предложить новый подход к целенаправленному синтезу высокоактивных катализаторов дегидрирования. Этот подход может стать основой для развития наукоемких предприятий по производству катализаторов на территории Новосибирской области с использованием мощных лазеров и других инновационных лазерных технологий для получения

широкого класса функциональных оксидных нанопорошков. Проект соответствует приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации по

повышению эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121081900036-9

СОЗДАНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ОКСИДА ВАНАДИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

В настоящее время оксид ванадия высокой чистоты ($V_2O_5 \geq 99,5\%$), в России не производится. Ежегодная потребность оксида ванадия высокой чистоты составляет более 2000 тонн, которая полностью удовлетворяется за счёт импорта. В химической промышленности оксид ванадия высокой чистоты используется для производства катализаторов синтеза фталевого и малеинового ангидридов – широко применяемых в химической промышленности. Ангидриды фталевых и малеиновых кислот, являются исходными продуктами в производстве полиэфирных волокон и пластмасс, высококачественных полиэфирных и алкидных синтетических смол, пластификаторов и лакокрасочных материалов. Наилучшим сырьём для их производства

являются попутные нефтяные газы. Переработка попутных газов – одна из современных проблем нефтедобывающей отрасли России. Значительная часть добываемого попутного газа сжигается в многочисленных горящих факелах. По официальным данным при годовой добыче попутных нефтяных газов в количестве около 55 млрд м³ используется в химической промышленности только 15-20 млрд м³. В ходе реализации данного проекта планируется создание наукоемкой промышленной технологии производства оксидов ванадия, вольфрама и молибдена высокой чистоты с содержанием основного вещества – оксида ванадия (V_2O_5 , не менее 99,5%), оксида вольфрама (WO_3 не менее 99,94%) и оксида молибдена MoO_3 не менее 99,9%,

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 121091600012-5

СЕЛЕКТИВНАЯ ГРАФИТИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ АКТИВНОСТИ CoMoS КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ

Гидроочистка является ключевым процессом переработки нефти, который позволяет удалить соединения азота и серы, содержащиеся в составе углеводородного сырья путем их взаимодействия с водородом в присутствии катализатора. В последние годы в связи с ужесточением требований к качеству всех видов топлива, а также с вовлечением в переработку более тяжелого нефтяного сырья, требуется разработка катализаторов гидроочистки нового поколения, характеризующихся более высокой активностью и стабильностью по сравнению с традиционно используемыми в промышленности сульфидными Co(Ni)Mo катализаторами, нанесенными на оксид алюминия. Одним из ключевых подходов к разработке катализатора гидроочистки нового поколения является дизайн носителя, обеспечивающего увеличение дисперсности частиц активного сульфидного компонента. Гамма оксид алюминия является наиболее широко распространенным носителем, используемым для получения катализаторов гидроочистки в связи с его хорошими текстурными и прочностными характеристиками. Однако существенным недостатком катализаторов на его основе является сильное химическое взаимодействие с оксидами переходных металлов на стадии приготовления катализаторов, что затрудняет дальнейший процесс сульфидирования активного компонента и, как следствие, приводит к снижению активности. Многочисленные исследования были направлены на поиск носителя, позволяющего устранить или снизить взаимодействие активной фазы с носителем и, таким образом, получить более эффективные Co(Ni)MoS катализаторы гидроочистки. Среди потенциальных носителей большое внимание привлекают углеродные материалы из-за их высокой площади поверхности, низкой кислотности, а также из-за хороших показателей смачиваемости при использовании углеводородного сырья по сравнению с катализаторами на основе оксидных носителей. Несмотря на все это углеродные носители имеют ряд недостатков, таких как низкий насыпной вес и низкая прочность, что ограничивает их применение для производства промышленных катализаторов гидроочистки. Таким образом, разработка композитного носителя с улучшенными физико-химическими свойствами, сочетающими высокую площадь поверхности с механической прочностью оксида алюминия, является актуальной задачей для получения эффективных катализаторов гидроочистки.

В данном проекте для решения этой задачи предлагается разработка подходов по селективной графитизации поверхности алюмооксидного носителя для CoMoS катализаторов гидроочистки, основанном на: 1) химическом газофазном разложении (CVD) углеводородов на поверхности оксида алюминия и 2) пиролизе органических молекул различной природы, предварительно закрепленных на поверхности оксида алюминия методом пропитки. В рамках предложенных подходов химический состав, содержание, структура и морфология углеродного отложения, а также текстурные характеристики графитизированного алюмооксидного носителя, будут контролироваться путем подбора условий графитизации в случае 1) – состав реакционной смеси, температура и длительность выдержки, в случае 2) – природа органической молекулы, концентрация пропиточного раствора, количество пропиток и температура пиролиза. Варьирование условий графитизации позволит добиться различной степени покрытия поверхности оксида алюминия слоем углеродного отложения (до монослойного – монослойное – выше монослойного). В ходе реализации проекта впервые предполагается провести систематическое и комплексное исследование взаимосвязи физико-химических свойств, полученных графитизированных алюмооксидных носителей, характеристик нанесенного сульфидного активного компонента на их основе с каталитическими свойствами в реакциях гидрообессеривания и гидродеазотирования углеводородного сырья. Особое внимание будет уделено решению важной практической задачи, ранее не освещенной в научной литературе, а именно поиску способов восстановления активности отработанных CoMoS катализаторов на основе графитизированных алюмооксидных носителей. Охарактеризованные полученные графитизированные алюмооксидные носители и CoMo катализаторы на их основе на разных стадиях приготовления будет проведено с помощью комплекса современных и взаимодополняющих физико-химических методов исследования: термический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), CHNS анализ, температурно-программируемая десорбция аммиака (ТПД NH_3), низкотемпературная адсорбция азота, спектроскопия комбинационного рассеяния (СКР), просвечивающая (ПЭМ) и растровая (РЭМ) электронная микроскопия, рентгенофазовый

анализ (РФА), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Запланированные исследования позволят получить уникальную информацию о каталитических свойствах системы СоМоS/»графитизированный алюмооксидный носитель» в ходе каталитических испытаний с использованием реального сырья (дизельная фракция, вакуумный газойль, бензин каталитического крекинга), а также о способах восстановления активности отработанных СоМоS катализаторов путем окислительной регенерации образца с последующей обработкой прокаленного катализатора растворами,

содержащими органические комплексообразующие соединения. Таким образом, представленный комплексный подход в совокупности с использованием широкого набора современных физико-химических методов исследования позволит выявить особенности формирования активного сульфидного СоМо компонента катализаторов гидроочистки и определить оптимальные характеристики графитизированного алюмооксидного носителя, необходимые для получения высокоактивных катализаторов на их основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121082000083-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА БЕНЗИНОВ И НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ПЕРЕРАБОТКОЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ЦЕОЛИТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

Успешная реализация крупных инфраструктурных проектов в Арктике и северных регионах невозможна без обеспечения техники горюче-смазочными материалами (моторные топлива, топлива для электрогенераторов). Для отдаленных территорий принципиально важна возможность производства топлива по месту, на малотоннажных, автономных установках, т.к. доставкакратно увеличивает стоимость топлива. Вместе с тем, расположенные на данных территориях нефтегазодобывающие предприятия, обладают значительными ресурсами углеводородного сырья (прямогонные дизельные фракции, стабильные газовые конденсаты), которые без переработки не могут быть использованы в качестве товарных топлив. Для стабильных газовых конденсатов (побочный продукт подготовки природного газа) актуальным также является поиск рациональных путей использования, т.к. на сегодняшний день, это ценное углеводородное сырье, после длинной технологической цепочки выделения, смешивают с нефтью; для газовых месторождений недоступен и этот способ утилизации стабильных газовых конденсатов. Анализ литературных источников показал, что на сегодняшний день изучены и реализованы процессы переработки на цеолитных катализаторах различного углеводородного сырья (прямогонных бензиновых фракций, попутного нефтяного газа и др.), однако для стабильных газовых конденсатов подобные

исследования не проводились. Отсутствуют исследования в области улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив переработкой на цеолитном катализаторе (использование цеолита в качестве активного компонента, а не носителя) без использования водородсодержащего газа. Имеющийся в распоряжении научной группы цеолитный катализатор КН-30 показал свою высокую активность и селективность в реакциях изомеризации и крекинга углеводородного сырья, без необходимости вовлечения в процесс водородсодержащего газа. Катализатор не содержит в составе благородных металлов, характеризуется не высокой стоимостью и устойчивостью к каталитическим ядам. В рамках проекта будет разработана методика малотоннажного производства бензинов и низкозастывающих дизельных топлив переработкой углеводородного сырья на цеолитном катализаторе. Впервые будут выявлены закономерности превращения углеводородов, входящих в состав стабильных газовых конденсатов и прямогонных дизельных фракций на цеолитном катализаторе, закономерности влияния состава сырья и технологических параметров на выход, состава и свойства получаемых продуктов. Кроме того, будут выработаны рекомендации по производству товарных бензинов и низкозастывающих дизельных топлив различных марок и экологических классов, соответствующих требованиям современных стандартов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121122300120-1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОЛУЧЕНИЮ СФЕРИЧЕСКИХ АЛЮМООКСИДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания импортозамещающей технологии получения высокочистого гидроксида алюминия для производства сферических алюмооксидных носителей катализаторов в интересах нефтеперерабатывающих заводов России, в частности группы предприятий АО НК «Роснефть». Разработка и последующее создание промышленного производства носителей катализаторов позволит создать новые производственные мощности и рабочие места, преодолеть ресурсные и технологические ограничения для развития экономики России, в частности сократить импорт стратегически важных реагентов для нефтеперерабатывающей промышленности путем создания собственного высокотехнологичного производства. Производство оксида

алюминия марки 4N в России отсутствует, заводы — это сырье импортируют (Китай, Япония, Северная Америка, Южная Корея, Франция). Мировая потребность в оксиде алюминия высокой чистоты ежегодно растет и находится на уровне 85 тысяч тонн. Прогнозируемый среднегодовой темп роста рынка составляет 17% в период 2017-2025 г. Технологии получения механически прочных носителей катализатора сферической формы в России также нет. При этом, потребность в сферических катализаторах на алюмооксидных носителях в РФ оценивается примерно в 6000 т/год. Перевод всех нефтеперерабатывающих заводов на использование современных сферических алюмооксидных катализаторов в России увеличит годовую потребность в оксиде алюминия для носителей катализаторов до 15000 т/год.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 121090100067-3

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ПЕРЕРАБОТКЕ НЕТРАДИЦИОННОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ЦЕННЫХ ПОЛУПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Проект направлен на разработку комплексного подхода и катализаторов отдельных стадий переработки нетрадиционного углеродсодержащего сырья в компоненты моторных топлив и сырья для нефтехимии. По итогам реализации проекта будут установлены закономерности превращения модельных органических субстратов,

особенности процессов преобразования углеводородных, асфальто-смолистых веществ тяжелых нефтей и моно- и/или олигомерных структур бионефти, что может лечь в основу работ, направленных на создание альтернативных подходов к переработке и новых высокоэффективных катализаторов таких процессов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ АААА-А21-121011390055-8

ГЕТЕРОГЕННЫЕ И ГОМОГЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ГАЗОХИМИИ, НЕФТЕХИМИИ И ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Целями настоящей работы являются: а) совершенствование существующих и разработка новых каталитических технологий, направленных на увеличение производительности и выхода целевых продуктов, уменьшением количества стадий, расхода растворителей, реагентов и количества побочных продуктов (уменьшение Е-фактора), снижением экологической нагрузки на окружающую среду в процессах газохимии, нефтехимии и тонкого органического синтеза (в процессах синтеза органических соединений); б) разработка методологических и синтетических подходов к созданию новых конструктивных и функциональных материалов, имеющих перспективы практического применения, с использованием базовых приемов и методов гомогенного, гетерогенного и металлокомплексного катализа для решения фундаментальных и прикладных задач современных наук о материалах; в) разработка методов целенаправленного конструирования новых гетерогенных каталитических систем для процессов тонкого органического синтеза, устойчивых к воздействию реакционной среды и одновременно

обладающих высокой активностью и селективностью и методов управления скоростью и селективностью этих процессов в присутствии данных каталитических систем посредством механохимической активации компонентов реакционного раствора; г) разработка способов эффективного управления скоростью и селективностью процессов получения кислородсодержащих соединений, выявлением основных закономерностей, новых каталитических систем и условий селективного превращения, расширением возможностей катализируемого N-гидроксифталиимидом аэробного окисления углеводов путем его использования в сочетании с комплексами переходных металлов в качестве промоторов и со-катализаторов; д) разработка научных подходов к интенсификации процессов химических превращений органических соединений с применением реакторов нового типа – микроканальных и с закрученными потоками, а также структурированных микрогетерогенных систем, стабилизированных поверхностно-активными веществами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121091400065-3

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЛИГНИНА В ТОПЛИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ И МОНОМЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННЫХ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ

В совместных исследованиях планируется развитие микробиологических и химических подходов к эффективной переработке продуктов, получаемых при разложении лигнина, в топливные компоненты и мономеры. Немецкая группа разработает биосистему для конверсии органических кислот в альдегиды и спирты при помощи новой альдегид- и алкоголь-дегидрогеназ за счет окисления формиата или водорода в анаэробных условиях. Будут разработаны мембранное разделение продуктов превращения лигнина и создана мембранная установка для этого процесса. В

области катализа будут проведены исследования по двум направлениям: влияния паров воды, увеличивающей ресурс работы катализатора, на кислотно-основные свойства Pd-Cu/ZSM-5 в превращении продуктов разложения лигнина в углеводородные компоненты бензинового топлива и разработаны новые каталитические реакции кросс-конденсации продуктов разложения лигнина со сверхкритическим этанолом в кислородсодержащие мономеры.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121031300092-6

НЕФТЕХИМИЯ И КАТАЛИЗ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Данный проект направлен на разработку новых катализаторов гидрирования различных субстратов на основе мезопористых органо-неорганических гибридных материалов и наночастиц переходных металлов, новых гетерогенизированных катализаторов гидроформилирования и аликлирования ароматических соединений, сульфидных

катализаторов на основе микро-мезопористых полимеров для гидроароматизации-гидроизомеризации газойлевых фракций и биомасел, а также на разработку добавок для катализаторов, обеспечивающих существенное снижение серы в конечных продуктах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 121072900012-1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕАКЦИИ ПРЯМОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАН-МЕТАНОЛ НА ЦЕНТРАХ МЕДИ В CU-ОБМЕННЫХ ЦЕОЛИТАХ, С ПОМОЩЬЮ DFT МОДЕЛИРОВАНИЯ И АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Объектами исследования настоящего проекта являются медь-обменные катализаторы топологии шабазит (CHA) и морденит (MOR). Медь-обменные цеолиты рассматриваются в качестве перспективных материалов для реализации природоподобной технологии прямой конверсии метан-метанол. Данные материалы относят к классу так называемых «single-site» катализаторов, где активные центры представлены либо обособленными ионами, либо малыми группами атомов, что обеспечивает широкую вариативность в формировании различных конфигураций активных центров меди. Механизм работы таких разбавленных каталитических систем аналогичен механизму действия фермента монооксигеназы в метанотрофных бактериях, которые также способны осуществлять прямую конверсию метана в метанол [1, 2]. Так, в недавних работах было показано, что медь-обменные цеолиты способны расщеплять связи C-H молекулы метана CH₄, стабилизируя тем самым промежуточные формы метила, которые в дальнейшем могут быть извлечены уже в виде кислород содержащих форм, таких как CH₃OH, при взаимодействии с парами воды [3, 4]. Селективная каталитическая прямая конверсия метан-метанол (так называемая MTM) реакция представляет огромный потенциал для развития сырьевого сектора химической промышленности и нефтегазовой отрасли в целом. В связи с чем одной из наиболее важных задач в области прикладного катализа является разработка эффективных катализаторов для осуществления реакции прямой конверсии метан-метанол. Ввиду широкой вариативности каркасной структуры целый ряд цеолитов различных топологий был исследован на предмет каталитической активности в реакции метан-метанол, где наилучшие показатели были получены для следующих топологий: MOR [5, 6], CHA [7, 8] и MFI [9]. Однако, помимо большой вариативности каркасной структуры не менее важным является вопрос уточнения и установления взаимосвязи между локальной атомной структурой активных металлических центров цеолитов и их каталитическими свойствами, т.е. каталитической активности и селективности. Исследование видообразования активных центров меди (или других поливалентных металлов) в процессе активации и их дальнейшая структурная эволюция в ходе химической реакции при различных температурах лежат в основе понимания механизмов реакции на атомарном уровне и, как результат, дальнейшего усовершенствования продуктивности и селективности катализаторов. В настоящее время в литературе активно обсуждается вопрос о роли металлических димеров или олигомеров высшего порядка в улучшении каталитических свойств ряда катализаторов на основе медь-обменных цеолитов [10-13]. В частности, в работе Grunder и др. [13] была предложена модель трехъядерного комплекса меди в структуре медь-обменного морденита MOR, где отмечается аналогичная структурная топология трехъядерных центров в молекуле монооксигеназы, которая способна селективно конвертировать метан в метанол. Однако в более поздних работах Parra и др. была продемонстрирована значительно более существенная каталитическая активность образцов медь-обменных цеолитов топологии CHA (1.25 мкг/моль) [12] и MOR (0.47 моль CH₃/моль Cu, нормированная конверсия) [14], где в качестве каталитически активных были предложены одноядерные/двухъядерные и двухъядерные центры в случае катализаторов на основе Cu-CHA и Cu-MOR, соответственно. В частности, в работе [12] были предложены два пути механизма формирования оксидных комплексов меди в результате высокотемпературной активации Cu-CHA в атмосфере кислорода, при этом данные механизмы были предложены по результатам анализа совокупности ряда экспериментальных спектроскопических данных, при анализе которых зачастую установление соответствия с какой-либо

структурной моделью осуществлялось на основании количественного или полуквантового анализа по принципу «отпечатка пальца». При этом сделанные выводы о реакционной способности и возможных путях реализации предложенных механизмов не были подкреплены исследованиями на основании квантово-химических расчетов. Также стоит отметить, что в ряде работ важная информация о формировании центров меди в медь-обменных цеолитах была получена на основании применения метода спектроскопии рентгеновского поглощения [11, 12, 14-21]. В частности, помимо EXAFS анализа большое внимание исследователей привлекает XANES спектроскопия (X-ray Absorption Near Edge Structure), позволяющая исследовать как локальную атомную структуру, так и зарядовое состояние центров меди в медь-обменных катализаторах непосредственно в ходе протекания реакции (в operando режиме). Стоит отметить, что несмотря на важнейшие результаты, полученные на основании анализа экспериментальных данных XANES спектроскопии, в том числе в ряде недавних работ с применением методов, позволяющих выделить спектры принципиальных компонент и в дальнейшем восстановить профили их концентраций [14, 19, 20, 22, 23], зачастую интерпретация получаемого сигнала осуществляется на основании обобщенных сведений об исследуемых системах, что делает такой метод интерпретации непрямым и зачастую неоднозначным. Научная новизна настоящего проекта заключается в том, что в рамках решения поставленной задачи по установлению механизма протекания реакции и взаимосвязи между конфигурацией активных центров и производительностью образцов планируется моделирование широкой выборки структурных моделей активных центров меди в цеолитах топологии CHA и MOR на основе методов DFT с использованием генетических алгоритмов предсказания структуры, последующей оценки их способности к активации молекул метана, а также уточнения структурных параметров отобранных в качестве наиболее эффективных моделей с помощью моделирования XANES спектров методом конечных разностей и применения алгоритмов на основе машинного обучения. Такой систематизированный и обобщенный подход как для моделирования термодинамических характеристик, так и для уточнения структурных параметров исследуемых медных центров будет применен впервые, и в совокупности с моделированием XANES спектров и сравнительного анализа с экспериментальными данными должен позволить однозначно решить задачу установления взаимосвязи топология катализатора (включая стехиометрические соотношения Si:Al и Cu:Al) <-> структура активного центра <-> производительность катализатора. Более того, такой подход призван обеспечить наиболее полную интерпретацию экспериментальных XANES спектров, используя прямой метод на основании результатов моделирования. Совокупность полученных результатов позволит установить наиболее вероятные механизмы протекания MTM реакции при различных режимах, т.е. различных температурах и парциальном давлении CH₄. В перспективе, понимание механизма реакции ранее упомянутых взаимосвязи топология <-> структура активного центра <-> структура активного центра <-> структура активного центра <-> производительность должны привести к получению более эффективных катализаторов и реализации природоподобной технологии прямой конверсии метан-метанол. [1] S.K. Saha, S.B. Waghmode, H. Maekawa, K. Komura, Y. Kubota, Y. Sugi, Y. Oumi, T. Sano, "Synthesis of aluminophosphate molecular sieves with AFI topology substituted by alkaline earth metal and their application to solid acid catalysis", MICROPOR MESOPOR MAT, 81 (2005) 289-303 [2] R. Horn, R. Schlögl, Methane Activation by

- Heterogeneous Catalysis, Catal. Lett., 145 (2015) 23-39. [3] M. Ravi, M. Ranocchiari, J.A. van Bokhoven, The Direct Catalytic Oxidation of Methane to Methanol—A Critical Assessment, Angew. Chem. Int., 56 (2017) 16464-16483. [4] B.E.R. Snyder, M.L. Bols, R.A. Schoonheydt, B.F. Sels, E.I. Solomon, Iron and Copper Active Sites in Zeolites and Their Correlation to Metalloenzymes, Chem. Rev., 118 (2018) 2718-2768. [5] V.L. Sushkevich, D. Palagin, M. Ranocchiari, J.A. van Bokhoven, Selective anaerobic oxidation of methane enables direct synthesis of methanol, Science, 356 (2017) 523-527. [6] M.H. Groothaert, P.J. Smeets, B.F. Sels, P.A. Jacobs, R.A. Schoonheydt, Selective oxidation of methane by the bis(mu-oxo) dicopper core stabilized on ZSM-5 and mordenite zeolites, J. Am. Chem. Soc., 127 (2005) 1394-1395. [7] M.J. Wulfers, S. Teketel, B. Ipek, R.F. Lobo, Conversion of methane to methanol on copper-containing small-pore zeolites and zeotypes, ChemComm, 51 (2015) 4447-4450. [8] B. Ipek, M.J. Wulfers, H. Kim, F. Göttl, I. Hermans, J.P. Smith, K.S. Booksh, C.M. Brown, R.F. Lobo, Formation of [Cu₂O₂]²⁺ and [Cu₂O]²⁺ toward C–H Bond Activation in Cu-SSZ-13 and Cu-SSZ-39, ACS Catal., 7 (2017) 4291-4303. [9] J. Xu, R.D. Armstrong, G. Shaw, N.F. Dummer, S.J. Freakley, S.H. Taylor, G.J. Hutchings, Continuous selective oxidation of methane to methanol over Cu- and Fe-modified ZSM-5 catalysts in a flow reactor, Catal. Today, 270 (2016) 93-100. [10] H. Li, C. Paolucci, I. Khurana, Laura N. Wilcox, F. Göttl, J.D. Albarracin-Caballero, A.J. Shih, F.H. Ribeiro, R. Gounder, W.F. Schneider, Consequences of exchange-site heterogeneity and dynamics on the UV-visible spectrum of Cu-exchanged SSZ13, Chem. Sci., 10 (2019) 2373-2384. [11] K.A. Lomachenko, E. Borfecchia, C. Negri, G. Berlier, C. Lamberti, P. Beato, H. Falsig, S. Bordiga, The Cu-CHA deNO_x Catalyst in Action: Temperature-Dependent NH₃-Assisted Selective Catalytic Reduction Monitored by Operando XAS and XES, J. Am. Chem. Soc., 138 (2016) 12025-12028. [12] D.K. Pappas, E. Borfecchia, M. Dyballa, I.A. Pankin, K.A. Lomachenko, A. Martini, M. Signorile, S. Teketel, B. Arstad, G. Berlier, C. Lamberti, S. Bordiga, U. Olsbye, K.P. Lillerud, S. Svelle, P. Beato, Methane to methanol: Structure activity relationships for Cu-CHA, J. Am. Chem. Soc., 139 (2017) 14961-14975. [13] S. Grundner, M.A. Markovits, G. Li, M. Tromp, E.A. Pidko, E.J. Hensen, A. Jentys, M. Sanchez-Sanchez, J.A. Lercher, Singlet-site trinuclear copper oxygen clusters in mordenite for selective conversion of methane to methanol, Nat. Commun., 6 (2015) 7546. [14] D.K. Pappas, A. Martini, M. Dyballa, K. Kvande, S. Teketel, K. Lomachenko, R. Baran, P. Glatzel, B. Arstad, G. Berlier, C. Lamberti, S. Bordiga, U. Olsbye, S. Svelle, P. Beato, E. Borfecchia, The nuclearity of the active site for methane to methanol conversion in Cu-mordenite: a quantitative assessment, J. Am. Chem. Soc., 2018, 140, 45, 15270–15278 [15] E. Borfecchia, K.A. Lomachenko, F. Giordanino, H. Falsig, P. Beato, A.V. Soldatov, S. Bordiga, C. Lamberti, Revisiting the nature of Cu sites in the activated Cu-SSZ-13 catalyst for SCR reaction, Chem. Sci., 6 (2015) 548-563. [16] C. Paolucci, A.A. Parekh, I. Khurana, J.R. Di Iorio, H. Li, J.D. Albarracin Caballero, A.J. Shih, T. Anggara, W.N. Delgass, J.T. Miller, F.H. Ribeiro, R. Gounder, W.F. Schneider, Catalysis in a cage: Condition-dependent speciation and dynamics of exchanged Cu cations in SSZ-13 zeolites, J. Am. Chem. Soc., 138 (2016) 6028-6048. [17] C. Paolucci, I. Khurana, A.A. Parekh, S.C. Li, A.J. Shih, H. Li, J.R. Di Iorio, J.D. Albarracin-Caballero, A. Yezers, J.T. Miller, W.N. Delgass, F.H. Ribeiro, W.F. Schneider, R. Gounder, Dynamic multinuclear sites formed by mobilized copper ions in NO_x selective catalytic reduction, Science, 357 (2017) 898-903. [18] A. Martini, E. Alladio, E. Borfecchia, Determining Cu-Speciation in the Cu-CHA Zeolite Catalyst: The Potential of Multivariate Curve Resolution Analysis of In Situ XAS Data, Top. Catal., 61 (2018) 1396-1407. [19] E. Borfecchia, D.K. Pappas, M. Dyballa, K.A. Lomachenko, C. Negri, M. Signorile, G. Berlier, Evolution of active sites during selective oxidation of methane to methanol over Cu-CHA and Cu-MOR zeolites as monitored by operando XAS, Catal. Today, 333 (2019) 17-27. [20] E. Borfecchia, C. Negri, K.A. Lomachenko, C. Lamberti, T.V.W. Janssens, G. Berlier, Temperature-dependent dynamics of NH₃-derived Cu species in the Cu-CHA SCR catalyst, React. Chem. Eng., 4 (2019) 1067-1080 [21] T.V.W. Janssens, H. Falsig, L.F. Lundegaard, P.N.R. Vennestrom, S.B. Rasmussen, P.G. Moses, F. Giordanino, E. Borfecchia, K.A. Lomachenko, C. Lamberti, S. Bordiga, A. Godiksen, S. Mossin, P. Beato, A Consistent Reaction Scheme for the Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides with Ammonia, ACS Catal., 5 (2015) 2832-2845. [22] A. Martini, E. Borfecchia, K.A. Lomachenko, I.A. Pankin, C. Negri, G. Berlier, P. Beato, H. Falsig, S. Bordiga, C. Lamberti, Composition-driven Cu-speciation and reducibility in Cu-CHA zeolite catalysts: a multivariate XAS/FTIR approach to complexity, Chem. Sci., 8 (2017) 6836-6851. [23] A. Martini, E. Alladio, E. Borfecchia, Determining Cu-Speciation in the Cu-CHA Zeolite Catalyst: The Potential of Multivariate Curve Resolution Analysis of In Situ XAS Data, Top. Catal., 61 (2018) 1396-1407.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121112500325-9

РАЗРАБОТКА НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАНЕСЕННЫХ НА ЛИГНИН ДЛЯ ПЛАЗМЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ И ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, СТИМУЛИРОВАННОГО МИКРОВОЛНОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Задача эффективной переработки тяжелых нефтяных остатков (температура кипения более 500 °С) и отходов растительного происхождения (лигнин является основным отходом целлюлозно-бумажных производств) является крайне важной для современной нефтехимии. Одной из основных проблем в каталитической переработке лигнина и тяжелых нефтяных остатков является присутствие в этих субстратах соединений серы и металлоорганических соединений, что обуславливает быструю дезактивацию применяемых катализаторов. Кроме того, поскольку лигнин представляет собой природный полимер, а в тяжелых нефтяных остатках содержатся, как правило, вещества с молекулярной массой более 400 а.е.м. и количеством углеродных атомов более 30 в ходе катализа происходит быстрое осмоление или коксование поверхности катализатора, что приводит

к необходимости использования сложных технологий регенерации либо использованию достаточно дорогих наноразмерных каталитических дисперсий. Целью проекта является разработка фундаментальных основ новых подходов к совместной каталитической переработке отходов растительного происхождения и тяжелых нефтяных остатков в светлые фракции углеводородов, представляющие собой топливные компоненты и мономеры. Основным отличием предлагаемого подхода является совместное превращение лигнина и тяжелых нефтяных остатков, где лигнин, модифицированный наноразмерными металлическими компонентами под воздействием микроволнового излучения обладает полифункциональностью физико-химического действия.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А21-121011990019-4

ФИЗИКОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ, АДсорбция и КАТАЛИЗ

Создание высокоэффективных катализаторов и адсорбентов на основе молекулярных сит, оксидных, фосфатных, металлосодержащих систем, а также функциональных материалов на основе углеродных наноструктур; разработка новых методов их синтеза, модифицирования и исследования, в том числе методов in

situ и operando; изучение механизмов синтеза, катализа, адсорбции и хроматографии; физикохимия газоразрядных процессов и процессов в субкритических и сверхкритических средах, разработка новых и усовершенствование существующих каталитических и адсорбционных процессов нефте-, газохимии и конверсии биомассы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ 121060200029-3

РАЗРАБОТКА, ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ НОВЫМ МЕТОДОМ ПАРОФАЗНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, НАРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ MFI, BEA, MEL

Целью выполнения НИОКТР является разработка прототипа кристаллизационного устройства для синтеза нанокристаллических цеолитов структурных типов BEA, MFI и MEL новым методом парофазной кристаллизации с выходом не менее 80% без образования жидких отходов на стадии кристаллизации, синтез опытных образцов цеолитов, определение их характеристик и создание РИД. Основные ожидаемые характеристики для цеолита BEA как компонента катализатора процесса алкилирования бензола пропиленом - конверсия пропилена не менее 90%, выход изопропилбензола не менее 75 %, выход продуктов алкилирования не менее 95

%, срок службы катализатора около 2-х лет. Для цеолитов MFI и MEL как компонентов катализаторов олигомеризации бутиленов - конверсия бутиленов 70-90%, селективность по целевой фракции C5+ 80-90%, срок службы катализатора до 5 лет. Потенциальными потребителями научно-технического продукта являются предприятия топливно-энергетического, нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплексов производящие и использующие катализаторы на основе цеолитов для промышленно важных процессов алкилирования ароматических углеводородов и олигомеризации низших олефинов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЦЕОЛИТИКА»

№ 121120800235-3

РАЗРАБОТКА И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПРОЦЕССА АЭРОБНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ СВЕТЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Проект посвящен созданию катализатора аэробного окисления сернистых соединений, предназначенного для процесса окислительного обессеривания светлых нефтепродуктов. В рамках проекта планируется синтез и исследование активности серии цеолитсодержащих гетерогенных катализаторов, содержащих в качестве активной компоненты соединения переходных металлов (железа, кобальта). Разработка высокоактивных катализаторов аэробного окисления серосодержащих соединений внесет существенный вклад в развитие процесса окислительного обессеривания. Внедрение процесса окислительного обессеривания на мини-НПЗ позволит: повысить глубину переработки нефти; получить продукты с более высокой

добавленной стоимостью; найти новые рынки сбыта за счет производства новой линейки продуктов с варьруемым содержанием серы. Таким образом, мини-НПЗ получат инструмент, позволяющий значительно повысить их рентабельность за счет производства продуктов с высокой добавленной стоимостью и расширения рынков сбыта. Разрабатываемое решение предназначено для предприятий нефтеперерабатывающей промышленности, в частности на небольших мини-НПЗ. Кроме того, оно может быть востребовано на крупных НПЗ для снижения содержания серы в отдельных фракциях с целью снижения нагрузки на установки гидроочистки.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БЕЗВОДОРОДНАЯ СЕРООЧИСТКА»

№ 121040600134-2

ГЛУБОКАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Целью проводимых по теме исследований является создание методов синтеза, изучение структуры и свойств функциональных материалов (пластичные смазки), а также разработка подходов к синтезу и использование наноразмерных и наноструктурированных каталитических систем для высокоэффективных наногетерогенных каталитических процессов. В ходе выполнения работы по теме синтезированные наноразмерные и наноструктурированные системы будут исследованы в ряде процессов газонефтехимии, а также в переработке продуктов ферментации биомассы для получения топливных компонентов, сырья для многотонажных процессов нефтехимии. Будут изучены следующие процессы: гидрогенизационная переработка тяжелого нефтяного сырья с повышенным выходом светлых продуктов; гидродехлорирование продуктов переработки ПВХ; высокоселективные процессы получения диметилового эфира, метанола и синтез-газа с последующим получением топлив и олефинов; высокоэффективное алкилирование

изобутана бутиленом с использованием экологически безопасных наноструктурированных цеолитсодержащих катализаторов для получения высокооктановых компонентов бензина; каталитическая гомологизация биоэтанола в бутанол и более высокомолекулярные спирты. 2. Выполнение исследований по данной теме нацелено на разработку прорывных технологий нового поколения с использованием наногетерогенных катализаторов, создание материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами. Актуальность. 1. Развитие приборной базы и возможность достоверной регистрации структурных изменений на поверхности катализаторов, в том числе идентификация активных центров, позволили установить зависимость протекания многих каталитических реакций от размерного фактора активных компонентов и их структуры, существенно влияющих на активность катализаторов и селективность реакций. Возможность интенсификации реакций и повышения селективности каталитических процессов стали

стимулом развития синтетических подходов к получению наноразмерных каталитических систем нового поколения для разработки наногетерогенных каталитических процессов нефтехимии. 2. Повышение эффективности процессов глубокой переработки тяжелых фракций нефти, создание

высокоэффективных процессов получения компонентов топлив и мономеров на базе ненефтяного сырья, а также процессов переработки возобновляемой биомассы с использованием экологически безопасных наногетерогенных каталитических систем является, безусловно, актуальным.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А21-121011490003-8

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ НИЗШИХ ОЛЕФИНОВ

Исследование направлено на увеличение производительности промышленных установок полимеризации путем технологической модернизации существующего оборудования; обоснование внедрения способа тонкой доочистки олефинов от каталитических

ядов, с целью увеличения активности катализаторов и общей производительности установок; на технологическое и экономическое обоснование более полного использования ресурсов попутного газа в нефтехимии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121031200182-5

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗШИХ ОЛЕФИНОВ И ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРИСУТСТВИИ УСКОРИТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ - НАНО- И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЦЕОЛИТОПОДОБНЫХ СИСТЕМ С ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Цель исследования – установить научно-обоснованные принципы подбора каталитических систем для проведения реакций превращения компонентов природного углеводородного сырья в практически важные продукты. Разработать эффективные катализаторы на основе цеолитов с микро, мезо- и макропористой структурой, наноразмерных и крупнодисперсных порошков металлов для процессов превращения легких алканов в олефиновые и ароматические углеводороды, облагораживания прямогонных бензиновых и дизельных фракций, гидроочистки моторных топлив. Создать композиционные материалы, содержащие ионные жидкости на основе имидазола и хлориды и трифторацетаты переходных металлов для экстракции и каталитического окислительного обессеривания топливных фракций нефти. Предполагаемые результаты и их возможная практическая значимость. Разработанные методы получения Мо-содержащих цеолитных катализаторов с иерархической системой пор позволят повысить их активность, селективность и стабильность в процессе дегидроароматизации метана за

счет более эффективной диффузии реагирующих молекул к активным центрам и улучшения отвода образующихся продуктов из объема к внешней поверхности цеолитных катализаторов. Новые данные о зависимости между физико-химическими свойствами катализаторов и их активностью и стабильностью в процессе получения низших олефинов и высокооктановых бензинов из легкого углеводородного сырья. Будут получены новые эффективные каталитические наносистемы для переработки нефтяных фракций без добавки и с добавкой водорода. Будет разработана методика синтеза устойчивых дисперсий полиоксомолибдатных соединений с использованием механоактивации, получены данные об их структурно-фазовых свойствах, морфологии и каталитической активности в процессах переработки тяжелого углеводородного сырья. Будут созданы новые каталитические системы на основе ионных жидкостей и солей металлов для экстракции и каталитического окислительного обессеривания топливных фракций нефти.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ НЕФТИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А21-121011890075-1

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ НОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЕТЕРОАТОМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВ И ЦЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Проект посвящен разработке научных основ синтеза полифункциональных катализаторов переработки возобновляемого сырья с получением компонентов моторных (дизельных и авиационных) топлив и сырья для нефтехимической промышленности (пропилена). В качестве носителей для полифункциональных катализаторов планируется использовать анион-модифицированные оксиды алюминия и циркония (Al_2O_3 , $B_2O_3-Al_2O_3$, SO_4^{2-}/Al_2O_3 , $SO_4^{2-}/ZrO_2-Al_2O_3$, $WO_3-Al_2O_3$, WO_3-ZrO_2 и др.). Цель блока 1 – разработать новые подходы к созданию эффективных катализаторов одностадийного процесса переработки масложирового сырья в низкозастывающие компоненты

дизельных топлив и авиационных керосинов. Отличительные особенности катализаторов – возможность совместного осуществления стадий гидродеоксигенации триглицеридов жирных кислот и изомеризации получаемых углеводородов, а также использование в качестве гидрирующих компонентов карбидов, нитридов и фосфидов переходных металлов. Цель блока 2 – разработка полифункционального катализатора прямого синтеза пропилена из этанола через последовательное осуществление стадий дегидратации этанола, димеризации этилена, позиционной изомеризации бутенов и метатезиса бутенов-2 с этиленом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121120100360-9

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К КАТАЛИТИЧЕСКОМУ ПОДЗЕМНОМУ ОБЛАГОРАЖИВАНИЮ ВЫСОКОВЯЗКОЙ И СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ

В ходе реализации проекта будут разработаны и детально протестированы эффективные нефтедиспергируемые и водорастворимые катализаторы на основе металлов (Fe, Ni, Mo, Co и др.) для процессов внутрипластового облагораживания высоковязкой и сверхвязкой нефти в условиях акватермолиза при закачке пара. Оптимальный состав катализаторов будет выбран на основании комплексных исследований их активности и селективности, а также морфологических характеристик, распределения в пористой среде и адсорбционных свойств. Также при выборе катализаторов будут учитываться физические параметры пласта (давление, температура) и состав породы. Будут предложены технические решения для эффективной

доставки катализаторов в нефтеводонасыщенную зону. Будут предложены новые подходы к микромасштабному трехмерному гидродинамическому моделированию процессов каталитического облагораживания, которые будут использоваться для прогнозирования эффективности этой технологии на конкретном месторождении. Будет осуществлено масштабирование синтеза наиболее эффективных катализаторов от нескольких граммов до производства опытной партии в несколько тонн. Разработанные катализаторы пройдут полевые испытания, что позволит оптимизировать их состав для дальнейшего промышленного использования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121082600029-1

Н-ДОНОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СПИРТОВ В СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ В ГЕТЕРОГЕННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛЫХ КОМПОНЕНТОВ НЕФТЕЙ

Современная нефтеперерабатывающая промышленность в настоящее время столкнулась с серьезным вызовом, который связан с необходимостью развития эффективных технологий глубокой переработки тяжелых нефтей и их компонентов. Тяжелые или сверхтяжелые нефти, наряду с более высокой концентрацией высококипящих углеводородных фракций, содержат большое количество кислорода, серы, азота, металлов, асфальтенов, смол и т. п. Это не только изменяет их рыночную стоимость, но делает малоэффективным и дорогостоящим использование традиционных каталитических технологий: сокращается срок службы катализаторов, возрастают затраты на их регенерацию и реактивацию, повышается износ технологического оборудования, понижается качество конечных целевых продуктов, а дополнительное введение водорода в процессе облагораживания тяжелых фракций приводит к значительному удорожанию всего процесса переработки. В связи с этим, разработка альтернативных процессов, которые бы ощутимо увеличивали соотношение Н/С в продуктах при общем снижении количества гетероэлементов открывает принципиально новые перспективы для переработки тяжелых нефтей. Одним из альтернативных подходов, имеющим серьезные перспективы, являются процессы на основе реакций межмолекулярного переноса водорода от доноров водорода. В последние несколько лет R&D подразделения крупных промышленных компаний и научно-исследовательские центры уделяют пристальное внимание применению спиртов в сверхкритическом (СК) состоянии в качестве Н-доноров. Это связано не столько с доступностью и высокой реакционной способностью последних, сколько обусловлено совокупностью факторов другого рода: (а) появление новых материалов и технических решений приводит к качественному удешевлению СКФ-технологий, которые приобретают все большую экономическую привлекательность, например, в области органического синтеза и тонкой химической технологии; (б) реализация в сверхкритических флюидах (СКФ) гетерогенно-катализируемых процессов, что выводит такие процессы на качественно новый уровень из-за отсутствия в СК средах межфазных границ, значительно улучшая массо- и теплоперенос, повышая растворимость и взаимную смещиваемость реакционных компонентов (включая газы, например, H₂), что обеспечивает рост их концентрации на поверхности гетерогенных катализаторов и, следовательно, увеличение скорости реакции и др. Спирты имеют более низкие значения критических параметров, чем сверхкритическая вода, но при этом СК спирты проявляют более высокую Н-донорную активность и представляют собой высокоактивную восстановительную среду.

Систематическое исследование Н-донорных, алкилирующих и восстановительных свойств суб- и СК спиртов в гетерогенно-катализируемых превращениях компонентов тяжелых нефтей ранее не проводилось. В то же время предварительные исследования трансформации асфальтенов тяжелой нефти в четырех низших СК-спиртах – метаноле, этаноле, н-пропаноле и изопропаноле в сравнении со сверхкритической водой, которые были выполнены нами впервые в 2018-2019 гг., подтвердили перспективность выбранного направления. В рамках проекта впервые предполагается провести систематическое исследование восстановительных (Н-донорных) и алкилирующих свойств спиртов в суб- и сверхкритическом (СК) состоянии в процессах трансформации тяжелых компонентов нефтей. Для этого предполагается исследовать химическую активность СК низших спиртов в процессах частичного гидрирования, деароматизации, дезоксигенирования, десульфирования, деазотирования, а также восстановительных превращений модельных соединений и тяжелых компонентов углеводородного сырья в присутствии Ni, Co-содержащих гетерогенных катализаторов. Учитывая реакционные параметры целевого процесса и необходимость использования стабильных высокодисперсных гетерогенных катализаторов, которые проявляли бы активность в реакциях переноса водорода, для синтеза катализаторов предлагается использовать разработанные нами оригинальные методы получения высоконаполненных гетерогенных катализаторов, которые основаны на сочетании золь-гель процессов и СКФ технологий. В ходе проекта планируется найти оптимальный метод приготовления металлсодержащих катализаторов с характерным размером частиц активной фазы менее 10 нм при содержании активного компонента более 30 вес. %. Особое внимание в рамках проекта планируется уделить исследованию влияния реакционной среды на строение и морфологию гетерогенных катализаторов, на трансформации каталитически активной фазы в ходе химических превращений тяжелых компонентов в сверхкритических спиртах. В конечном итоге, успешная реализация проекта позволит оценить потенциал применения спиртов в суб- и сверхкритическом состоянии в разнообразных восстановительных превращениях сложных органических молекул и многокомпонентных смесей, включая востребованные процессы переработки фракций тяжелых нефтей. Уникальная комбинация свойств СК спиртов, включая эффективную растворяющую и смачивающую способность, быструю диффузию и массоперенос, которые ускоряют разрушение нативной структуры высокомолекулярных соединений, высокий восстановительный потенциал, достаточный для гидрогенолиза простых связей C–O, C–S,

C–N, C–Hal или гидрирования кратных связей, простота масштабирования обсуждаемых процессов делает настоящий проект актуальным и востребованным в современных условиях. Учитывая комплексный характер сформулированной научной проблемы и сложную взаимосвязь физико-химических процессов, реализующихся в ходе реакций переноса водорода в тяжелых нефтях в суб- и сверхкритических спиртах в присутствии гетерогенных катализаторов, исследования будут проводиться с

использованием комплекса взаимодополняющих методов исследования в режиме *in situ* в сопоставлении с традиционными химическими и кинетическими подходами, что стало возможно только благодаря формированию команды высококвалифицированных химиков и физиков – специалистов в области физической химии, катализа, органической химии и химии неорганических материалов, имеющих успешный опыт многолетней совместной работы по проведению междисциплинарных исследований.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 12203230044-9

ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящем проекте предлагается комплексный подход к разработке научных основ технологий декарбонизации с использованием углеводородного и углеродсодержащего сырья. В качестве основного подхода к решению этой задачи будет использоваться переработка отходов полимеров в среде тяжелых нефтяных фракций в реакции каталитического крекинга на цеолитных катализаторах и в реакции гидроконверсии. Особое внимание в проекте уделено разработке технологий утилизации техногенного диоксида углерода и синтеза на его основе важнейших полупродуктов нефтехимии. В результате выполнения работы проведены теоретические исследования растворения и

термокаталитической деструкции линейных полимеров различного состава в среде тяжелых нефтяных остатков. Проведена модернизация установок и изучены процессы плазмохимической утилизации CO₂. Разработаны методики синтеза модифицированного катализатора конверсии CO₂ в жидкие углеводороды и ароматические соединения - цеолитов типа HZSM-5, HZSM-12, HZSM-11. Оценена активность и оптимальные условия реакции для полученных катализаторов. Изучена активность бифункциональных каталитических систем в конверсии смеси CO₂ и H₂ в непредельные углеводороды и оксигенаты.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121042300053-3

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛЕЙ 3D-МЕТАЛЛОВ

Научная проблема, решаемая в ходе предлагаемого исследования – разработка двух различных, инновационных, эффективных катализаторов, которые необходимы для промышленных процессов: утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) и для очистки воздуха от различных загрязнителей, в частности - бензола. Только в России ежегодно сжигают до 20 млрд м³ ПНГ, что с одной стороны приводит к экономическим потерям, а с другой стороны ухудшает экологическую обстановку в районах нефтегазодобычи. Однако ПНГ, через стадию получения синтез-газа, возможно конвертировать в жидкие углеводороды, которые обладают рядом экологических преимуществ перед природными аналогами (например, отсутствие серы, азота, ароматических углеводородов и др.). Наиболее перспективным является создание мобильных модульных GTL (gas-to-liquid) комплексов, включающих в себя блок синтеза Фишера-Тропша (СФТ), для получения синтетических углеводородов или оксигенатов непосредственно на нефтегазовых месторождениях. Катализаторы для СФТ представляют собой переходные металлы VIII группы (в основном кобальт и железо). Традиционно их применяют в нанесенном виде, в виде «массива» (железо) или в виде металла (железо или кобальт), распределенного по поверхности высокопористого носителя. Их каталитическая активность, стабильность и селективность во многом определяется формой и размером частиц использованного активного компонента. Перед проведением СФТ катализатор подвергают активации при высокой температуре, в связи с этим значительный интерес вызывает создание наноразмерных катализаторов СФТ, не нуждающихся в высокотемпературном восстановлении и не подверженных агломерации в ходе реакции, что

может заметно облегчить проведение процесса и улучшить экономику. К таким системам можно отнести катализаторы на основе двойных комплексных систем, однако в литературе отсутствуют сведения об изучении таких материалов в качестве катализаторов гидрирования СО. Бензол является одновременно ценным химическим сырьем и высокотоксичным летучим органическим соединением (ЛОС). Он загрязняет атмосферный воздух, является канцерогеном и обладает мутагенными свойствами, наносит ущерб озоновому слою и способствует образованию фотохимического смога. Бензол попадает в воздух при неполном сгорании топлива, также он входит в состав продуктов нефтехимии, медицинских препаратов и моющих средств. Удаление бензола из загрязненного воздуха будет способствовать снижению ущерба от его воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Существует несколько способов удаления незначительных количеств ЛОС из загрязненного воздуха. Наряду с термическим и биологическим типами окисления, одним из наиболее эффективных и экономически выгодных способов очистки загрязненного воздуха от бензола является полное каталитическое окисление до CO₂ и воды. Зачастую в состав катализаторов для окисления бензола входят дорогие платиновые металлы, которые показывают высокую прочность и эффективность, но сильно подвержены отравлению во время работы. Данная работа направлена на разработку эффективных катализаторов, полученных путем термодеструкции двойных комплексных солей (ДКС) 3d-металлов. Направленный синтез ДКС позволит регулировать структуру конечного катализатора, что, в свою очередь, позволит формировать однокаталитические системы с заданными свойствами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2022

№ 122040400107-7

СОЗДАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ДИЗАЙНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ И МОТОРНЫХ ТОПЛИВ, ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА, ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И АЛЬТЕРНАТИВНОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

Основным направлением исследований является создание методологий направленного синтеза гетерогенных катализаторов, позволяющих конструировать активные центры на атомно-молекулярном уровне (наноструктурирование). Применение этих методологий в сочетании с методами микро- и макроструктурирования позволит получать высокоорганизованные катализаторы, обладающие высокой активностью и селективностью. В ходе работы будут разработаны катализаторы нового поколения на основе би- и полиметаллических наночастиц с высокоупорядоченной структурой активных центров, наночастиц оксидов благородных металлов, перовскитов,

катализаторов на основе сульфидов переходных металлов, а также целого ряда новых гибридных каталитически активных материалов на основе аморфных алюмосиликатов, цеолитов и металлоорганических каркасных структур. Основными областями применения разрабатываемых катализаторов являются процессы глубокой переработки возобновляемого органического сырья, природного и попутных нефтяных газов, а также CO₂ в ценные химические продукты и топливо, процессы малотоннажной химии и природоохранные технологии, обеспечивающие снижение антропогенного воздействия на окружающую среду.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122040500068-0

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ И ГОРЕНИЯ, УГЛЕРОДНЫЕ И КОМПОЗИТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Быстро растущая потребность мировой экономики в энергии и новых материалах, а также наличие в земной коре огромных нетрадиционных ресурсов углеводородов делают разработку новых высокоэффективных технологий конверсии углеводородного сырья в химические продукты и моторное топливо важной научно-технической задачей. Актуальны разработка и исследование новых эффективных и недорогих катализаторов и каталитических систем для конверсии алканов, спиртов и олефинов для создания новых технологических процессов и получения новых материалов.

Актуально создание новых нанокомпозитных материалов с заранее прогнозируемыми свойствами, эффективных в процессах полного или селективного окисления углеродного сырья, в том числе полупроводников, фотокатализаторов и сенсоров на различные газы. Актуальной проблемой является разработка физико-химических и биологических методов очистки и детоксикации токсичных отходов, в т.ч. переработки углеводородов, УФ-облучением и озонированием с добавлением пероксида водорода при контроле биотестированием.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042500060-8

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА МЕТОДОМ ГОРЕНИЯ РАСТВОРА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Работа основана на использовании новейшего метода получения катализатора – горение растворов. Данный катализатор используется для переработки попутного нефтяного газа. Данная технология обладает уникальностью, поскольку относится к методам CO_x-free методу при котором не образуются оксиды углерода. Последнее преимущество имеет большую важность в силу того, что существующие методы переработки легких углеводородов (например, паровая конверсия метана) не позволяют обойтись без выделения данных вредных веществ в атмосферу. Помимо этого, результаты, полученные в рамках проекта, будут иметь большую значимость для экологии. В частности, в качестве углеводородов может применяться попутный нефтяной газ. Переработка последнего крайне важна в силу того, что его факельное сжигание наносит колоссальный вред окружающей

среде. Полученный в результате этого водород может использоваться в качестве добавки в двигатели внутреннего сгорания транспорта Новосибирской области. Второй продукт: углеродные нановолокна, может использоваться в дорожном строительстве, машиностроении, шинной промышленности, как дешевый армирующий агент, не имеющий аналогов. Основная цель проекта заключается в разработке и усовершенствовании фундаментальных основ приготовления катализатора методом горения раствора, применительно к технологии переработки легких углеводородных газов по реакции $C_nH_m \rightarrow 0,5mH_2 + nC$, сопровождающейся образованием углеродных наноматериалов и водорода, без существенных энергетических затрат, затрачиваемых на нагрев реакции до температур 450-600°C.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062400006-5

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННОГО SnO_2 И КОМПОЗИТОВ SnO_2/TiO_2 ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Стремительный рост населения планеты привел к постоянно растущему спросу на энергию. Фото(электро) - каталитические (ФЭ) методы являются перспективными и экологически чистыми методами преобразования

возобновляемой энергии солнечного света в энергию, используемую в различных целях, например, для синтеза или разложения органических соединений, получения водорода и др. В качестве ФЭ катализаторов большое внимание

привлекают оксиды металлов благодаря своей превосходной химической стабильности, подходящему расположению краев полос, низкой стоимости. Основными недостатками используемых полупроводниковых оксидов является высокая скорость рекомбинации фотогенерированных зарядов и отсутствие поглощения света в видимой области. Для повышения эффективности фотокатализаторов в данном проекте планируется разработка и исследование новых материалов на основе диоксида олова, легированного сурьмой и металлическим оловом, а также гетероструктур и твердых растворов $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$. Несмотря на ряд преимуществ SnO_2 (высокая подвижность носителей заряда, фотохимическая стабильность и др.) его использование в качестве (фото) электрокатализатора окисления органических веществ мало

изучено. Основной идеей проекта является использование электрохимических методов и подходов как для повышения эффективности фотокатализаторов в процессах окисления за счет варьирования электрохимического потенциала катализатора, так и для определения положения валентной зоны и зоны проводимости полученных материалов. Мы полагаем, что использование новых материалов и предложенные подходы в фотокаталитических процессах в условиях электрохимического контроля потенциала позволяют значительно повысить эффективность реакций полного или частичного окисления органических веществ в целях их удаления из природных вод, а также получения ценных химических продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122092200002-6

КАТАЛИЗАТОРЫ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СВЯЗЫВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ДРУГИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВЫСОКОМАРЖИНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030». Цель работы - разработка и адаптация группы катализаторов для переработки болотного газа (биогаза) в высокомаржинальный продукт, с целью снижения выбросов парниковых газов. Проект посвящен разработке методик синтеза высокотемпературных катализаторов конверсии болотного газа ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) не содержащих металлов платиновой группы, устойчивых: к зауглероживанию, термоударам, активных в комбинированной конверсии метана. А также разработке способа проведения процесса переработки болотного газа с получением синтез-газа с соотношением $\text{H}_2:\text{CO}=2:1$ (оптимальным для синтеза метанола). 1) Будут разработаны методики синтеза высокотемпературных катализаторов комбинированной

конверсии метана, не содержащих металлов платиновой группы, устойчивых: к зауглероживанию, термоударам, активных в комбинированной конверсии метана. 2) Будут разработаны основы комбинированной конверсии метана с получением синтез-газа с заданным соотношением $\text{H}_2:\text{CO}$ (для оксосинтеза, синтеза метанола, синтеза диметилового эфира). 3) Результаты адаптации промышленных катализаторов синтеза метанола и синтезированных систем к условиям работы на синтез-газе с низким содержанием водорода ($\text{H}_2:\text{CO}=2:1$) и высоким содержанием CO_2 . 4) Оценка производительности катализаторов при давлениях 30-50 атм., в сравнении с применяемым в промышленности - 70 атм. 5) Будет подготовлен проект пояснительной записки для проектирования укрупненной установки переработки метана.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122102800024-8

РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ, НА ОСНОВЕ МИКРОМЕЗОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Привлекательной технологией для получения углеводородных топлив из биомассы растительного происхождения является быстрый пиролиз. Быстрый пиролиз – высокотемпературный процесс, в котором субстрат (например, опилки) быстро (<0.5 с) нагревается в отсутствие воздуха, испаряется и конденсируется в виде темно-коричневой жидкости, называемой бионефтью. Бионефть содержит в своем составе воду (до 50%), деполимеризованный лигнин, спирты, альдегиды и карбоновые кислоты. Продукты первичной переработки биомассы невозможно использовать напрямую в качестве компонентов топлив вследствие высокого содержания воды, кислородсодержащих соединений, повышенной кислотности. Для устранения указанных недостатков в настоящее время применяются различные облагораживающие подходы. Наиболее перспективной и исследованной технологией повышения качества бионефти является процесс гидрооблагораживания (гидродезоксигенации, ГДО). Существенным преимуществом каталитического гидрооблагораживания является низкий уровень коксообразования, и, как следствие, меньшие потери углерода и более долгий срок службы катализаторов. При гидродезоксигенации кислород удаляется, прежде всего, с образованием воды, что дает значительно лучшие

выходы жидких углеводородов. Процесс глубокого гидродрооблагораживания является неотъемлемой стадией при производстве современных высококачественных дизельных топлив, авиационного керосина и ракетных топлив. Гидрирование высокоароматических отходов, представляющих собой, главным образом, концентраты бициклических и трициклических ароматических углеводородов, является привлекательным процессом, поскольку получаемые в процессе глубокого гидрирования нафтеновые углеводороды являются желаемыми компонентами высокоплотных авиационных керосинов, кроме этого, существенно повышается глубина переработки нефти. Кроме того, гидрирование смесового сырья бионефти и высокоароматических фракций возможно проводить на установках гидроочистки современных НПЗ. В чистом виде бионефть является крайне нестабильной сложной физико-химической смесью, что существенно усложняет ее переработку. Именно на решение проблемы создания новых эффективных каталитических систем для глубокого гидрооблагораживания высокоароматических отходов и бионефти, как отдельно, так и в смеси направлен предлагаемый проект.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122110900070-9

РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ШИРОКОГО НАЗНАЧЕНИЯ (СТРОИТЕЛЬСТВО, АВТОТРАНСПОРТ) НА ОСНОВЕ МАЛООТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА, ФЕНОЛА И АЦЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Исследования направлены на получения комплекса научных данных по основам технологии получения безопасных катализаторов алкилирования бензола пропиленом, трансалкилирования диизопропилбензолов, разложения гидроперекиси изопропилбензола, обеспечивающих увеличение выхода целевых продуктов и импортозамещение. Реализация проекта в промышленности позволит создать технологии получения отечественных катализаторов алкилирования, трансалкилирования и разложения гидроперекиси, для создания экологически

безопасных промышленных производств на основе малоотходной технологии производства изопропилбензола, фенола и ацетона с использованием гетерогенных катализаторов. В результате реализации технологии следует ожидать замену промышленных высокотоксичных и коррозионноактивных катализаторов, увеличение доходности нефтеперерабатывающей отрасли и повышение безопасности и эффективности технологических процессов нефтеперерабатывающих заводов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062400028-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОКОНВЕРСИИ ТЕРМОЛИЗНОГО МАСЛА (ПРОДУКТА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКОВ) В КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

В настоящее время в мире и в России накоплено огромное количество отходов различных пластиков. По данным Счётной палаты, в 2019 году в России было образовано около 65 миллионов тонн твёрдых коммунальных отходов, где пластик, в частности упаковка, составил половину объёма коммунального мусора России.

Основной проблемой утилизации отходов пластиков является их неоднородный химический состав, например, такое простое изделие, как бутылка для напитков, состоит из двух различных пластмасс – обычно, сама бутылка из полиэтилентерефалата, а крышка и ручка – из полиэтилена низкого давления. В отходах также присутствует значительное количество галогенсодержащих пластмасс – фторопласты и ПВХ.

Поскольку сортировка отходов пластмасс по отдельным сортам чрезвычайно трудоёмка, при переработке преимущество имеют технологии, позволяющие получать из смеси разных пластмасс один целевой продукт. К таким технологиям относится термоліз – термическое разложение без контакта с воздухом. Основным продуктом термоліза является термолізное масло, представляющее собой смесь углеводородов с различными температурами кипения, загрязнённую токсичными соединениями галогенов, серы, азота и кислорода. Однако, по ряду своих основных свойств – фракционному составу, отношению Н/С, низкой коксуемости и низкой концентрации минеральных примесей термолізные масла во многом превосходят такой ценный природный ресурс, как нефть. Кроме того, поскольку термолізные масла могут производиться в непосредственной близости от городов, где расположены нефтеперерабатывающие заводы, то с точки зрения логистики, термолізные масла выглядят гораздо привлекательнее, чем традиционная нефть, которая ещё нужно доставить к местам переработки. Таким образом, термолізные масла представляются весьма привлекательным сырьём не для получения энергии, а для высокомаржинального производства либо готовых экологически чистых моторных топлив, либо высококачественного сырья для ряда топливных процессов классической нефтепереработки.

Основной проблемой на пути широкого использования термолізных масел в процессах получения экологически чистых моторных топлив является состав содержащихся в этих маслах гетероатомов, где наряду с типичными для традиционного нефтяного сырья соединениями серы и азота, присутствуют в значительных концентрациях соединения кислорода и галогенов.

Поскольку представительных количеств сырья с таким составом гетероатомных соединений ранее не существовало, то не было ни специальных технологий, ни катализаторов для его переработки.

Сейчас, наряду с прогнозируемым развитием процессов

термоліза отходов пластиков, создание гидрогенизационных технологий переработки термолізных масел в качественные экологически чистые моторные топлива стало весьма актуальным.

Не менее актуальной задачей является создание специализированных катализаторов для этих процессов.

В рамках предлагаемого проекта прежде всего предлагается, с использованием известных катализаторов гидрогенизационных процессов, создать научные основы для последующего развития технологии гидроконверсии сложных смесей разных классов гетероатомных, ненасыщенных и конденсированных ароматических соединений, предлагается выявить взаимовлияние конкретных типов соединений на превращение других, определить граничные условия процессов, обеспечивающих максимальные выходы и наилучшее качество отдельных целевых углеводородных фракций.

В области создания новых катализаторов предлагается сначала оценить влияние компонентов сырья и параметров процесса на селективность катализаторов и стабильность их каталитического действия, а далее, на основании имеющегося научного задела перейти к созданию новых, специализированных катализаторов, обеспечивающих и протекание гидроконверсии в заданных условиях, и получение продуктов с заданными качественными и количественными характеристиками.

Принципиальной научной новизной настоящего проекта является изучение возможностей каталитической гидрогенизационной переработки углеводородного сырья широкого фракционного состава с концом кипения более 500 °С, имеющего высокую концентрацию ароматических и ненасыщенных углеводородов и содержащего одновременно соединения серы, азота, кислорода и галогенов. При этом продукты гидрогенизационной переработки характеризуются ультранизким содержанием гетероатомов (концентрация серы, азота и галогенов в бензиновых фракциях ниже 1 ppm, в среднедистиллятных фракциях ниже 10 ppm) и облегченным по сравнению с исходным сырьём фракционным составом.

Вторым элементом новизны является разработка не описанных нигде ранее специализированных катализаторов, позволяющих стабильно и селективно превращать сложные смеси углеводородов с гетероатомными соединениями в целевые фракции с ультранизким содержанием гетероатомов.

При этом, основными параметрами, определяющими стабильность и селективность катализаторов, будут дисперсность и морфология сульфидных частиц, а также текстура, кислотность, фазовый состав и параметры модифицирования носителя на основе оксида алюминия. Третьим элементом новизны будет оценка влияния послышной загрузки выполняющих различные функции катализаторов на

параметры гидроконверсии термолизного масла, выходы и свойства получаемых продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122122000112-8

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОДУКТЫ

Целью работы является создание фундаментальных основ технологии производства наноструктурированных катализаторов нового поколения на основе природных и синтетических алюмосиликатов или их композитов для каталитических процессов переработки возобновляемого и традиционного углеродсодержащего сырья в компоненты моторных топлив и ценные продукты нефтехимии. Исследования будут направлены на решение проблемы отсутствия отечественных активных и стабильных катализаторов гидрооблагораживания компонентов

бионефти, гидроизомеризации линейных алканов средне-дистиллятных фракций и гидроизомеризации фракции С-8 (ксилолы, этилбензол). Проект включает в себя создание, оптимизацию и развитие подходов к синтезу наноструктурированных катализаторов на основе природных или синтетических алюмосиликатов, или их композитов, для гидропроцессов переработки альтернативного и ископаемого углеродсодержащего сырья в компоненты моторных топлив и сырье для нефтехимии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 122112500015-8

ПРИРОДОВОДОХНОВЛЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ

Проект «Природовдохновленный химический инжиниринг» (Далее – Проект) является частью стратегического проекта «Природовдохновленный инжиниринг: нано и микро-размерные технологии для экономики будущего» (Далее – СПЗ) программы развития «Приоритет 2030». Проект направлен на создание исследовательской и образовательной среды, формирующей компетенции ФАГОУ ВО «Тюменский государственный университет» (Далее – ТюмГУ) в области химического инжиниринга химико-технологических процессов и микро- и наноструктурированных каталитических систем на основе природовдохновленных подходов для реализации исследовательских инициатив, технологических разработок и новых образовательных программ. Реализация проекта в ТюмГУ будет оказывать позитивное влияние на экономическое развитие макрорегиона путем создания устойчивого потока разработок и инженерных кадров по прорывным технологическим направлениям. Современные инженеры должны обладать компетенциями по созданию новых продуктов и технологий, актуальными для системы разделения труда в передовых областях знания. ТюмГУ в соответствии с отраслевой структурой экономики региона развивал инженерное образование в сфере нефтяной промышленности. В то же время наибольшие ожидания среди технологических областей, основанных на материальных объектах (material based), в ближайшее десятилетие связывают с разработками нано- микроустройств, а количество зарегистрированных в мире патентов, на которые за последние пять лет, показало четырехкратный рост (по данным аналитических систем Questel Orbit и Lexis Nexis). Их значимую долю составляют результаты, основанные на принципах природовдохновленного инжиниринга. Для формирования опережающего технологического задела в области природовдохновленного химического инжиниринга будут запущены междисциплинарные исследовательские работы по следующим направлениям: иерархические каталитические системы и «зеленые» технологии выделения и модификации природных объектов, переработка неклассического углеводородного сырья и решение природоохранных задач (загрязнение окружающей среды углеводородами, выбросы парниковых газов – CO₂, метана) через переработку и расширение спектра продуктов газохимии в части производства высокоценных рыночных продуктов с высоким уровнем добавленной стоимости. Их реализация с одновременным выстраиванием партнерств с индустрией позволит создать образовательное пространство нового типа, отвечающее требованиям формирующегося технологического уклада. Для этого будут использованы сквозные технологии по следующим направлениям: новые

материалы, моделирование и создание цифровых двойников и аддитивного производства на нано- и микроуровнях. Неотъемлемой частью обучения станет технологическое творчество в центрах прототипирования ТюмГУ и региона, что позволит будущим инженерам в ходе обучения выполнять проекты полного цикла (от проблемы до апробированного решения). В рамках данного проекта до 2025 г. предполагается решить восемь основных задач: 1. Создать экспериментальную (прикладную) площадку (лабораторию) для разработки и оптимизации новых химических технологий в области решения природоохранных задач, нефти и газопереработки и др.; 2. Разработать и оптимизировать новый метод химической «зеленой» технологии выделения и модификации природных объектов на примере бетулина и его производных; 3. Создать международный консорциум по природовдохновленному химическому инжинирингу для реализации технологических проектов по заказу промышленности; 4. Открыть магистерско-аспирантскую программу для формирования компетенций в сфере создания и разработки эффективных химических процессов, и продуктов на основе природовдохновленных подходов в широком междисциплинарном спектре (физика, химия, катализ, гидродинамика); 5. Разработать мобильные мало- и среднетоннажные установки для переработки попутного и природного газа, добываемого на малых и низкодебетовых месторождениях в продукты с высоким уровнем добавленной стоимости (синтетическая нефть, метанол); 6. Открыть магистерскую программу «Химия природных и биологически активных веществ» для формирования компетенций в сфере создания, изучения и разработки новых эффективных биологически активных веществ природного и синтетического происхождения с междисциплинарным участием (фармакология, ветеринария, медицинская химия, органическая химия); 7. Разработать «зеленые» технологии получения продуктов сельскохозяйственного назначения (кормовые пищевые и биологически активные добавки, профилактические и лечебные ветеринарные препараты, продукты агрохимии и т.д.) на основе отходов растительного происхождения. 8. Разработать химическую технологию для решения природоохранных задач (загрязнение окружающей среды углеводородами, выбросы парниковых газов – CO₂, метана) через переработку и расширение спектра продуктов газохимии в части производства высокоценных рыночных продуктов с высоким уровнем добавленной стоимости. В итоге выполнения проекта будет получен комплекс научной и технической информации – от фундаментальных знаний в сфере гетерогенного катализа, поверхностной химии и теоретических основ химической технологии до

практических рекомендаций по производству катализаторов и разработок «зеленых» технологий получения продуктов сельскохозяйственного назначения, мобильных технологий переработки природного и попутного нефтяного газа, а также образовательной деятельности. В работе будут широко задействованы методы и подходы из разных областей

науки – катализа, физической химии, механики сплошных и дисперсных сред, гидродинамики, тепло- и массообмена, теплофизики, математического моделирования, инженерных наук, что обеспечивает очевидно мультидисциплинарный характер исследования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122111000068-2

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ СМОЛ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ, ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ОБЛАГОРАЖИВАНИИ В НЕКАТАЛИТИЧЕСКОМ И КАТАЛИТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССАХ АКВАТЕРМОЛИЗА

В рамках реализации данного проекта путем объединения экспериментальных данных и данных моделирования будут получены данные по каталитическому и некаталитическому механизму превращения смол, выделенных из тяжелой нефти, установлена общая методология целенаправленного выбора каталитических систем для процессов акватермолиза тяжелой нефти, которые могут снизить вязкость тяжелых фракций и повысить подвижность тяжелой сырой нефти и способствовать получению более ценных продуктов конверсии высокомолекулярных фракций, таких как смолы. Комплексное исследование с использованием методов одновременного экспериментального тестирования и

кинетического моделирования не только поможет лучше понять каталитический механизм нефтерастворимых катализаторов, но и будет способствовать созданию методологии целенаправленного подбора каталитических систем для процесса акватермолиза. Использование смол, выделенных из тяжелой нефти, и четкого каталитического механизма предоставит нам исчерпывающую информацию и надежные данные для численного моделирования каталитического и некаталитического процесса акватермолиза, которые будут полезны для предсказания компонентного состава.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122032800155-9

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЖИДКОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ГОРЕНИИ СИСТЕМ ТЕРМИТНОГО ТИПА, В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ПЕРЕГРУЗОК И ДАВЛЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УНИКАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

СВС-металлургия, основанная на горении, позволяет реализовать высокую температуру за счет внутренних источников тепла и дает возможность получения уникальных, полезных для практики, литых материалов, защитных покрытий и изделий, которые используются в авиационной и космической промышленности, металлургии и машиностроении. Полученные в предлагаемом проекте результаты станут научной основой для разработки новой высокопроизводительной малоэнергоемкой технологии получения тугоплавких соединений, композиционных материалов и сплавов. Эта технология дополнит возможности классической порошковой металлургии в проблеме создания новых образцов техники и развития существующих производств. Исследования нацелены на решение ряда важнейших проблем, в том числе экологических. К ним относится очистка газовых выбросов техногенного происхождения, включающая как процессы глубокого окисления, так и восстановления. В настоящее время по литературным данным широким фронтом ведутся работы по использованию СО и СО₂ как альтернативных источников углеродсодержащего сырья для получения топлив и полупродуктов органического синтеза. Диоксид углерода планируется извлекать из продуктов сгорания различных производств, уменьшая таким образом загрязнение атмосферы парниковыми газами. Актуальной задачей является также переработка природного и попутного газа с целью получения востребованных продуктов – топлив, кислородсодержащих соединений и олефинов. Разработка предлагаемых катализаторов основана на использовании энергосберегающих, короткостадийных и низкоотходных методов, таких как СВС и горение. Получаемые катализаторы, прежде всего на основе СВС-интерметаллидов и металлических носителей с активированной поверхностью, представляют собой новый, ранее неизвестный в литературе класс полиметаллических катализаторов с высокой активностью и селективностью как в окислительных, так и

в восстановительных процессах. Технологии парциального окисления низших алканов в ключевые кислородсодержащие продукты нефтехимии до настоящего времени в мире не разработаны из-за отсутствия достаточно активных катализаторов. Поэтому, данная проблема остается актуальной, и разработка новых каталитических систем активно ведется как в нашей стране, так и за рубежом. Основные возникающие трудности связаны с проблемой выделения целевых продуктов из реакционной среды с катализатором. Целью работ является исследование процессов, протекающих при горении высокоэкзотермических смесей термитного типа под воздействием давления и перегрузки, последующей гравитационной сепарации расплава продуктов горения и формирования кристаллической структуры и фазового состава. Полученные в фундаментальных исследованиях знания будут использованы для создания полезных для практики материалов и СВС-технологий их получения, используемых в гражданской и оборонной технике. Одним из важных направлений является разработка и исследование нового класса высокоактивных многофункциональных полиметаллических катализаторов на основе СВС-материалов, применяемых как в качестве активных фаз, так и носителей, катализаторов на полиметаллических носителях с активированной поверхностью, а также получаемых в процессе низкотемпературного горения на поверхности неорганических носителей и путем гетерогенизации гомогенных каталитических систем на основе благородных металлов. Образцы катализаторов планируется испытать в процессах глубокого окисления СО, углеводородов и восстановления NO_x, функционализации углеродсодержащего не нефтяного сырья (СО, СО₂) и парциального окисления природного и попутного газа. Будут получены данные по активности, селективности и стабильности полученных каталитических систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.Г. МЕРЖАНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111000069-9

РАЗРАБОТКА КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА АКВАТЕРМОЛИЗА

«В данном проекте, анализ экспериментальных результатов и кинетическое моделирование позволяют получить четкое представление о механизме превращения асфальтенов в процессе акватермолиза, лучше понять каталитический эффект нефтерастворимых катализаторов и общую методологию для соответствующей разработки моделей акватермолиза, что может быть использовано в практических задачах по повышению эффективности добычи тяжелых углеводородов. Научную новизну можно свести к следующим аспектам: (1) Осаждение, фракционирование и анализ свойств и состава асфальтенов - это основной подход, который предоставит исчерпывающие и надежные данные для лучшего понимания механизма превращения

асфальтенов в процессе акватермолиза. (2) Кинетический анализ изменений состава и структуры асфальтенов с катализаторами и без них позволит уточнить каталитические эффекты в процессе акватермолиза. Кроме того, каталитические испытания помогут значительно повысить эффективность процесса акватермолиза и его широкое применение в различных методах повышения нефтеотдачи. (3) Разработка соответствующей кинетической модели, основанной на алгоритме оптимизации и статистическом анализе, предоставит исчерпывающие и надежные данные для численного моделирования процесса каталитического акватермолиза, которые будут полезны для прогнозов эффективности разработки месторождений тяжелой нефти.»

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122090200042-8

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОТОПЛИВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОМАССЫ

Целью проекта является разработка катализаторов, содержащих наночастицы переходных и благородных металлов и носители на основе мезопористого оксида циркония и алюмосиликатов, для получения компонентов биотоплив из продуктов переработки лигноцеллюлозной биомассы. Их каталитические свойства будут исследованы и

оптимизированы в реакциях гидродеоксигенации типичных структурных фрагментов, содержащихся в продуктах переработки биомассы, с целью разработки катализаторов для процессов получения компонентов товарных топлив и сырья для нефтехимии из лигноцеллюлозной биомассы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 122011200063-8

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ ЦЕОЛИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Цеолиты – микропористые материалы, играющие важную роль в нефтехимической промышленности. Катализаторы на основе цеолитов хорошо зарекомендовали себя во многих промышленных реакциях, однако истощение традиционных источников энергии и стремление общества к развитию «зеленой» химии требует постоянного совершенствования этих материалов. Для оптимизации каталитических процессов, требуется однозначное определение структурных особенностей катализатора, и одними из методов, непосредственно используемых на производствах при синтезе цеолитов, являются спектроскопия комбинационного рассеяния и инфракрасная спектроскопия. Данные методы по принципу «отпечатков пальцев» позволяют установить, какие типы связей, функциональные группы и структурные единицы присутствуют в материале. Однако, во-первых, они не позволяют дать количественную оценку структурных особенностей, а во-вторых, в ряде случаев до сих пор не установлено однозначное соответствие между наблюдаемыми пиками и структурными единицами цеолитов. Цель проекта – классификация колебательных мод цеолитов по типу структурных единиц цеолитов и установление зависимостей их частот от структурных параметров с использованием теоретических расчетов из первых принципов. 1. Классифицировать структуры цеолитов по типу элементарных структурных элементов и составлена размеченная выборка. 2. Произвести теоретическое моделирование колебательных спектров для более чем 50 различных типов цеолитов, которые будут дополнены экспериментальными структурами

из коммерческих и открытых баз данных. 3. С использованием методов машинного обучения, с одной стороны, а также путем визуализации колебательных мод, все колебательные моды, наблюдаемые в различных диапазонах теоретических и экспериментальных спектров сопоставить со структурными мотивами, ответственными за эти частоты. 4. Ввести теоретические зависимости положений колебательных частот от структурных параметров (углов и длин связи) цеолитов, а также натренированы алгоритмы машинного обучения для предсказания данных структурных параметров по теоретическим и экспериментальным спектрам. Полученные результаты будут иметь фундаментальную научную значимость, поскольку это будет первое исследование, в которой методы машинного обучения будут применены к колебательным спектрам для извлечения структурных параметров (стоит отметить, что и объект-признак, т.е. матрица частот, и целевая переменная являются непрерывными параметрами). С другой стороны, будет разработана методика, которая позволит в разы повысить информативность спектров комбинационного рассеяния света и инфракрасных спектров, что имеет огромную практическую значимость и может быть применено к широкому спектру объектов. Например, это позволит ограничиться на этапе начальной диагностики цеолитов измерением спектров комбинационного рассеяния и исключить более дорогостоящие и трудоемкие методы (ЯМР, дифракцию), что существенно ускорит процесс производства новых цеолитов с необходимыми структурными параметрами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122090500073-9

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ

В связи с ужесточением требований к качеству моторных топлив и продуктов нефтехимии, стремительным истощением минерально-сырьевых запасов и переходом мировой экономики к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, возникает необходимость разработки и оптимизации гетерогенных катализаторов, а также промышленных процессов углубленной гидропереработки, направленных на вовлечение в переработку низкокачественного тяжелого углеводородного сырья; удаление ароматических соединений, в частности, бензола, и гетероароматических соединений серы, содержание которых в товарных топливах строго регламентировано; вовлечение в переработку с целью гидрооблагораживания сырья лигноцеллюлозного происхождения для удаления кислородсодержащих соединений и получения продуктов с приемлемыми эксплуатационными характеристиками. Целью данного проекта является разработка подходов к синтезу и применению новых носителей на основе микро-мезопористых цеолитов (полученных при использовании галлуазита в качестве источника алюминия и модифицированных для оптимизации кислотных свойств, создания мезопор в их структуре путем деалюминирования) и композиционных иерархических материалов (полученных путем направленного «роста» упорядоченного мезопористого каркаса оксида кремния на внешней поверхности или во внутренней полости алюмосиликатных нанотрубок) для конструирования катализаторов с повышенной активностью в гидрировании ароматических соединений (селективного гидрирования бензола), гидрооблагораживания бионефти лигноцеллюлозного происхождения и гидропереработки тяжелого углеводородного сырья. С целью создания катализаторов гидродеокисигенации бионефти, устойчивых к действию воды, будет применен подход, основанный на закреплении активного компонента во внутренней полости алюмосиликатных нанотрубок галлуазита с гидрофобизированной внешней поверхностью. В случае

гидроочистки разработка материалов с иерархической структурой, содержащей транспортные каналы (алюмосиликатные трубки галлуазита) для эффективной диффузии крупных молекул к активным центрам катализаторов со сбалансированными кислотными свойствами, позволит вовлекать в переработку тяжелое нефтяное сырье с получением высококачественных компонентов товарных топлив, отвечающих современным экологическим стандартам, повысить эффективность и глубину переработки углеводородного сырья. Разработка технологий и катализаторов гидрооблагораживания бионефти, полученной пиролизической переработкой лигноцеллюлозной биомассы, позволит решить вопросы экологической безопасности, диверсифицировать производство энергоносителей, снизить нагрузку на ископаемые топлива, что внесет вклад в решение вопросов ресурсосбережения и рационального природопользования. Результаты выполнения данного проекта могут лечь в основу работ, направленных на создание отечественных технологий производства алюмосиликатных носителей и катализаторов для широкого круга процессов нефтехимии и нефтепереработки, поскольку предполагают оптимизацию как состава, структуры и свойств материалов, так и технологических параметров процессов в зависимости от характеристик сырья и требований к целевым продуктам. Решение поставленных задач потенциально позволит повысить эффективность не только вновь создаваемых, но и существующих катализаторов на основе структурированных алюмосиликатов. Предлагаемые в проекте материалы и подходы к их синтезу являются принципиально новыми, а каталитические свойства таких систем до настоящего времени не были изучены. Более того, результаты работ в этом направлении могут послужить основой для развития мультидисциплинарных подходов по созданию функциональных материалов с прогнозируемыми свойствами для широкого спектра задач.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 122032900082-7

ПРОМОТИРОВАННЫЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ И АЛЮМОФОСФАТЫ С ЗАДАННОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ – ГЕТЕРОГЕННЫЕ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

В настоящее время показаны широчайшие возможности применения цеолитсодержащих катализаторов для процессов нефтепереработки, нефтехимии и основного органического синтеза. Так, за последние 20 лет технологии производства низкосаistyающих дизельных топлив, базовых синтетических масел и биодизеля интенсивно развиваются, благодаря разработке и внедрению процессов гидроизомеризации n-парафинов C16+, входящих их в состав. Указанные процессы позволяют селективно превращать n-парафины C16+ в изопарафины с выходом около 80%. При этом, улучшаются низкотемпературные свойства топлив и масел, а также существенно увеличивается выход конечных продуктов по сравнению с процессами, основанными на извлечении n-парафинов. Процессы гидроизомеризации n-парафинов C16+ стали возможны в результате разработки Pt-содержащих катализаторов на основе среднепористых

алюмосиликатных (ZSM-23) и силикоалюмофосфатных (SAPO-11) молекулярных сит с одномерной канальной структурой и средним размером пор ~ 0,5 нм. Для создания новых каталитических систем, обеспечивающих выход изопарафинов более 80%, необходимо еще уменьшить вклад побочных реакций гидрокрекинга. Еще одно из актуальных направлений исследований в области разработки, и в особенности, их применения следует отнести создание новых перспективных методов синтеза таких азотсодержащих соединений, как пиридины, хинолины, фенантролины, триоктиламин, производства которых в Российской Федерации отсутствуют. Потребности в упомянутых выше азотгетероциклах (пиридины, хинолины, фенантролины) и высших алифатических аминах весьма значительны и все эти классы ценных азотсодержащих оснований, имеющих многоцелевое назначение, полностью закупают за рубежом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122110900072-3

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ В ПРИСУТСТВИИ НАНОЧАСТИЦ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Процесс внутрипластового горения является одним из перспективных подходов, используемых для извлечения тяжелых нефтей. При его применении, тепло и давление генерируются путем окисления части нефти внутри пласта и используются для повышения нефтеотдачи. Этот метод также позволяет улучшить свойства нефти при добыче. Однако внутрипластовое горение имеет ряд недостатков, одним из которых является неустойчивость фронта горения. Применение каталитических систем, стимулирующих процесс окисления, является одним из возможных путей повышения его стабильности. Во многих исследованиях сообщается, что

различные добавки, такие как глины, минералы, катализаторы на основе металлов, ускоряют горение нефти в пористой среде. Среди известных каталитических систем наиболее перспективными для применения в опытно-промышленных испытаниях считаются системы на основе микро- и наночастиц переходных металлов и оксидов металлов. Научная новизна заключается в установлении взаимосвязи между характеристиками наночастиц на основе переходных металлов (химический состав, морфологические и текстурные параметры) и их каталитической активностью при помощи комплекса методов физико-химического анализа

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122091300044-8

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРА ПРОЦЕССА НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Современная нефтепереработка невозможна без использования катализаторов. Применение методов математического моделирования для прогнозирования каталитической активности позволяет существенно ускорить разработку новых эффективных каталитических систем, и как следствие снизить трудозатраты на их

синтез. Целью работы является разработка программного продукта для прогнозирования активности катализаторов процесса изомеризации с применением метода Монте-Карло. Результаты могут быть использованы при синтезе катализаторов изомеризации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122082200081-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ

Настоящий проект направлен на решение проблем эффективного преобразования углеводородного сырья с высоким содержанием гетероатомов в компоненты моторных топлив, а также в ценные продукты нефтехимии. Предлагаемый в работе подход заключается в разработке новых высокоэффективных катализаторов на основе пористых

ароматических каркасов как для процессов снижения содержания гетероатомов в сырье с одновременным выделением продуктов окисления, так и для отдельных последующих процессов получения ценных нефтехимических продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 122120500011-5

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН ТЕТРАГАЛОГЕНИДОВ 3D-МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОЦЕССОВ ИЗОМЕРИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ БЕНЗИНОВ

Неизбежная конечность природных ресурсов заставляет человечество задуматься об увеличении глубины переработки нефти, а ужесточение экологических требований к автомобильным бензинам и потребность в увеличении доли высокооктановых неароматических компонентов при получении автомобильных бензинов заставляет обновлять технологии химической переработки природных энергоносителей. Созданием и совершенствованием каталитических систем для низкотемпературной переработки углеводородов с целью энергоэффективного производства автомобильных бензинов, а также увеличением степени конверсии сырья и глубины переработки нефти, непрерывно занимаются мировые производители катализаторов UOP, Merichem Co, Haldor Torsoe, транснациональные компании BP, Royal Dutch Shell, Chevron Corporation, CopocoPhillips, Total S.A. и др. В России основными лидерами производства качественного топлива являются «Лукойл» и «Роснефть». Комсомольский-на-Амуре государственный университет состоит в многолетних отношениях с ООО «РН-Комсомольским НПЗ» по вопросу подготовки рабочих кадров высшей квалификации для решения производственных

задач и постоянного развития технологий производства. Преподавательский состав кафедры «Химии и химических технологий» курирует профиль подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», следит за мировыми тенденциями в области нефтепереработки, направлениями работы АО «ВНИИУС» и ВНИИНП, а также вовлекает в НИР студентов. На сегодняшний день наиболее актуальным химическим направлением стало создание гибридных материалов, а в области нефтепереработки - многокомпонентных каталитических систем. Координационные соединения входят во многие из них, однако ввиду уникальности свойств каждого катализатора, молекулярный дизайн соединений с целью придания желаемых характеристик является нетривиальной задачей, на решение которой российским химикам нужны не только энтузиазм, но время и материальная возможность. Работа требует углубления для изучения механизма катализа и направленного дизайна тетрагалогенидов 3d-металлов для получения высокоэффективных каталитических систем процессов изомеризации углеводородов с целью получения высокооктановых компонентов бензинов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122040500058-1

ФИЗИКА И ХИМИЯ НОВОХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Наноструктурированные системы и композитные материалы – новый перспективный тип материалов с набором уникальных свойств. Среди возможных направлений их использования можно выделить следующие: катализаторы для крупнотоннажного химического производства, в т.ч. нефтехимии, а также для переработки экологически опасных отходов вредных примесей и загрязнений; защитные покрытия и сенсоры; элементы новых экологически чистых источников энергии – твердооксидных топливных элементов и другие. Известно, что химические, в т.ч. каталитические свойства наночастиц и систем на их основе могут кардинально отличаться от свойств макроскопических частиц того же элементного состава. Яркий пример этого утверждения – золото, которое является инертным материалом в привычном нам масштабе, но приобретает каталитические свойства, будучи преобразованным в наночастицы. Изменение свойств наноматериалов связано не только и не столько с уменьшением линейных размеров, но, главным образом, с перестройкой их атомной и электронной структуры. При этом также необходимо учитывать такие факторы, как неоднородность различных участков наносистем, связанную, например, с взаимодействием с носителем и окружающими наночастицами (или средой), присутствием

дефектов, вариацией элементного состава и т.д. Как правило, эти факторы учитываются лишь в минимальной степени, поскольку обычно исследуют систему в целом без детального рассмотрения ее локальных особенностей. В то же время именно дефекты (неоднородности) той или иной природы могут иметь решающее влияние на химические, в т.ч. каталитические свойства наночастиц и систем на их основе. Кроме того, для адекватного описания наблюдаемых явлений необходима разработка моделей, а также построение теории процессов физико-химического «конструирования» и модифицирования различных наноструктурированных и композитных материалов, адекватно описывающих процессы, происходящие в данных системах, и имеющие прогностическую силу для оптимизации и создания новых технологий. Таким образом, перед современными исследователями стоит задача определения особенностей протекания химических процессов на масштабе нанометров с учетом локальных неоднородностей частиц и воздействия внешних факторов. В настоящем исследовании предлагается новый подход к решению этих проблем с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, позволяющих проводить изучение систем с нанометровым пространственным разрешением.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122030400421-5

ГИДРИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ – ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ И АКТИВНЫЕ ИНТЕРМЕДИАТЫ РЕАКЦИЙ ДИМЕРИЗАЦИИ И ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ АЛКЕНОВ

Реакции олигомеризации широко используются в промышленности для преобразования легких олефинов, образующихся в результате различных процессов (термический и каталитический крекинг, синтез Фишера-Тропша и т.д.), в более тяжелые олефины, которые находят применение в области энергетики или нефтехимии. Эта реакция осуществляется каталитически с помощью различных технологий, таких как гетерогенный кислотный катализ, который в основном применяется для производства топлива, или гомогенных каталитических систем, используемых в основном для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью. Классический механизм катализируемой металлами олигомеризации алкенов, предложенный Косси, подразумевает включение алкена по связи М-Н (например, Shell Higher Olefin Process (SHOP)) или связь М-алкил (например, олигомеризация этилена в системах с триэтилалюминием) на начальных стадиях процесса. Обрыв цепи осуществляется путем β-Н элиминирования с генерированием металлгидридов или переносом растущей β-цепи на алкен. Таким образом, гидриды металлов следует рассматривать в качестве доминирующих реакционных центров данных каталитических систем. Связь металл-Н обладает высокой реакционной способностью и, как следствие, широким спектром каталитических свойств в реакциях восстановления

непредельных соединений, ди-, олиго- и полимеризации алкенов различного строения, а также функционализации олефинов и ацетиленов (реакции гидрометаллирования, гидросилилирования, гидроаминирования и т.д.). Поэтому изучение структуры и реакционной способности металлгидридных комплексов является актуальной задачей современной химии. Представленный проект направлен на решение фундаментальной задачи по разработке новых каталитических систем на основе гидридных комплексов металлов III, IV, VIII подгрупп для синтеза димеров и олигомеров алкенов и диенов, выяснение роли структурных и динамических особенностей металл-гидридных интермедиатов в изучаемых процессах, установление зависимости хемо- и стереоселективности реакций от природы переходного металла, активатора и структуры субстрата. Результаты, полученные в ходе выполнения проекта, внесут значительный вклад в понимание природы и принципов действия активных центров в гомогенных каталитических системах типа Циглера-Натта, что создаст фундамент для дальнейшего развития и разработки новых высокоэффективных процессов и технологий переработки углеводородного сырья с получением практически важных продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122101700010-5

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И МЕТАНА В УКСУСНУЮ КИСЛОТУ В СРЕДЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

Сжигание ископаемых топлив для обеспечения нужд промышленного производства, а также динамично развивающийся парк автомобилей с двигателями внутреннего сгорания приводят к выбросам углекислого газа, который, в свою очередь, вносит вклад в изменение климата Земли за счет парникового эффекта. В этом отношении, переработка углекислого газа в новые источники энергии,

синтетическое топливо или ценные продукты нефтехимии является важной и приоритетной задачей для ученых всего мира. Проект направлен на решение проблемы утилизации (переработки) углекислого газа методами плазмохимической и плазменно-каталитической конверсии с получением ценных нефтехимических продуктов: синтез-газа, метанола и уксусной кислоты. Получение последнего соединения представляется

наиболее интересной задачей, поскольку позволит заместить многостадийную дорогостоящую технологию получения

уксусной кислоты простым и эффективным процессом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123042000117-3

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КАТАЛИЗА СИСТЕМАМИ НА БАЗЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ СЕЛЕКТИВНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ

Цель научного исследования: Дизайн и физико-химические свойства бифункциональных высокоселективных каталитических систем на основе полимерных, высокопористых ячеистых, мембранных каталитических систем, иммобилизованных ионных жидкостей и наночастиц металлов в реакции углекислотной конверсии углеводородов, в окислительно-восстановительных реакциях кислородсодержащих органических субстратов. Описание задач, предлагаемых к решению: Изучение физико-химических закономерностей реакций каталитического гидрирования карбоновых кислот и их эфиров, в том числе получаемых ферментацией глюкозы (молочная, янтарная), жирных кислот растительных масел, глицерина. Синтез и исследование новых гетерогенных каталитических систем, в том числе на основе высокопористых ячеистых материалов, для реакций гидрирования. Установление механизма реакций гидрирования.

Установление связи структуры и состава катализаторов с их каталитической активностью и селективностью. Разработка способов синтеза мембранных катализаторов на основе соединений Mo, а также твердых растворов $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ и кинетическое исследование углекислотной конверсии метана/пропана в реакторе с мембранным катализатором. Разработка математической модели и выявление условий автотермического протекания процесса кислородно-углекислотной конверсии метана в реакторе с мембранным катализатором.

Осуществление комплексного теоретического и экспериментального скрининга полимерных материалов, обладающих потенциалом к применению в качестве газоразделительных мембран для задач концентрирования компонента/компонентов газовой смеси для осуществления каталитической конверсии метана/пропана. Экспериментальное исследование эффективных «реальных» газотранспортных характеристик ряда наиболее перспективных мембранных материалов на примере газовых смесей для задач концентрирования компонентов газовой смеси для осуществления каталитической конверсии, для задач улавливания продуктов каталитической конверсии и их последующей очистки. Разработка и создание лабораторного аналитического комплекса для исследования процесса каталитической конверсии углеводородов (метана/пропана) на мембранном катализаторе. Такой комплекс будет оснащен

газоанализатором на основе масс-спектрометра и оборудован прецизионной системой контроля расхода и давления газа для приготовления газовой смеси. Математическое моделирование ряда технологических схем на основе мембранного газоразделения для задач концентрирования компонентов газовой смеси для осуществления каталитической конверсии, для задач улавливания продуктов каталитической конверсии и их последующей очистки.

Создание лабораторных образцов технологических схем на основе мембранного газоразделения (предпочтительно с использованием полволоконных мембранных модулей) и исследование на них влияния природы материала мембран и ряда параметров процесса (перепад давления, доля отбора, температура исходной смеси, селективность и проницаемость мембраны) на концентрирование компонентов газовой смеси для осуществления каталитической конверсии, для задач улавливания продуктов каталитической конверсии и их последующей очистки.

Определение оптимальных параметров и условий проведения процесса с целью достижения предельных значений концентрации продукта в отбираемом потоке и степени его извлечения. Возможная практическая значимость: Методология целенаправленного синтеза эффективных катализаторов для процессов гидрирования карбоновых кислот и их эфиров, высших жирных кислот и их эфиров, глицерина, каталитической конверсии биоэтанола, кислородно-углекислотной конверсии метана; Установление диапазонов оптимальных значений параметров (состав компонентов; температура; давление; удельная нагрузка на катализатор; конверсия) для реализации исследуемых объектов в укрупненном масштабе. Будет экспериментально определены эффективные «реальные» газотранспортные характеристики наиболее перспективных мембранных материалов.

Будут определены ряд технологических решений для задач предварительного концентрирования компонентов газовой смеси, подлежащих дальнейшей каталитической конверсии, улавливания продуктов такого процесса и их дальнейшей очистки. Результаты проекта будут включены в лекционные курсы и методические пособия по теории химических процессов газопереработки, органического и нефтехимического синтеза, теории и практики катализа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

№ 123102400025-8

СЕЛЕКТИВНАЯ ПИРОЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА И ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ

В результате работ будут получены значимые научно-технические результаты, обеспечивающие создание новой технологии переработки углеродсодержащего сырья растительного происхождения в высококачественные моторные топлива и сырье для нефтехимии.

Основными преимуществами технологии является возможность получения ценных продуктов из отходов, а также высокая степень экологичности.

Созданный опережающий научно-технический задел должен лечь в основу прикладных НИР, а затем ОКР и ОТР по

разработке новых высокоэффективных технологий получения высококачественных топлив и сырья для нефтехимии из отходов биомассы. При успехе соответствующих ОКР и ОТР будет разработан комплекс новых технологий, обеспечивающих снижение выбросов техногенного углекислого газа в атмосферу и вовлечение биомассы в производство топлив и сырья для нефтехимии.

Повышение энергоэффективности технологии совместной переработки бионефти и нефтяных фракций ожидается не менее, чем на 25% по сравнению с традиционными

способами. Основной задачей проекта является разработка научных основ процесса каталитического обогащения

бионефти с целью получения ценных продуктов для нефтехимии на высокоэффективных пористых катализаторах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123053000114-8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СОРБЦИОННОГО УЛАВЛИВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЯДОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Сорбционные процессы широко применяются в химической технологии, в частности, в нефтепереработке. На развитие нефтеперерабатывающей отрасли в России влияет целый комплекс различных факторов. Прежде всего – это увеличение в общем сырьевом балансе доли тяжелых, высокосернистых нефтей. Это приводит, к тому, что наряду с распространенными металлами и механическими примесями (Ni, V, Fe и др.) в нефтяных фракциях появляются соединения кремния (Si) и щелочные металлы, в частности, натрий (Na), которые являются каталитическими ядами и вызывают необратимую дезактивацию катализаторов гидропроцессов (гидроочистка, гидрокрекинг), являющихся ключевыми в нефтепереработке. Для защиты катализаторов используются пакеты сорбционно-каталитических материалов – защитные слои, которые загружаются послойно сверху основного катализатора, выполняющие гидрирующие и защитные функции. Эта послойная композиция ранжирована по размеру зерен и активности. Состав защитных слоев определяют в большинстве случаев поставщики катализаторов – иностранные компании. В связи с планируемым в 2022 году пуском завода по производству отечественных конкурентоспособных катализаторов гидропроцессов (г. Омск) и переходом НПЗ на отечественные катализаторы, необходима разработка методов формирования каталитических слоев в реакторах. Публикации, посвященные изучению кинетики (динамики) сорбционно-каталитического взаимодействия каталитических ядов и механических примесей с материалами защитных слоев, отсутствуют в открытой литературе. Поэтому, задача разработки методики для расчета пакета защитных слоев

оптимального состава и реактора в целом, является одной из важных задач отечественной нефтеперерабатывающей промышленности. Решение этой задачи направлено на обеспечение стабильности производства моторных топлив (дизельное топливо, бензин, керосин), отвечающих жестким экологическим стандартам в условиях ухудшения качества (утяжеления) нефтяного сырья. Данный проект направлен на решение именно этой актуальной задачи. Для её успешного выполнения планируется использовать оригинальный комплексный подход, включающий в себя следующие методы: экспериментальное изучение процесса сорбции каталитических ядов (Si, Na), CFD-моделирование динамики улавливания механических примесей, математическое моделирование реактора гидроочистки в целом. Будет разработана нестационарная математическая модель трехфазного реактора, учитывающая как процессы тепло- и массообмена, так и влияние концентрации каталитических ядов и механических примесей на гидроочистку дизельного топлива и создана на ее основе компьютерная Программа, будет проведена апробация работы Программы на примере глубокой гидроочистки нефтяного сырья с получением дизельной фракции соответствующей стандарту Евро-5. Полученные в ходе выполнения проекта научные знания могут использоваться при оптимизации состава каталитических слоев в реакторах как в нефтеперерабатывающей отрасли (гидроочистка и гидрокрекинг вакуумного газойля) так и в трехфазных каталитических реакторах различных процессов химической технологии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123041300022-0

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕДИЦИНЫ

Целью проекта является - разработка новых систем гомогенного катализа и функциональных веществ и материалов, в том числе для медицины; - разработка новых термостабильных связующих для композиционных материалов на основе цианатных смол; - установление закономерностей влияния структуры органических молекул на глубину переохладения расплава для систем аккумуляции тепла; - разработка высокоэффективных алюмооксидных носителей для катализаторов нефтехимии и нефтепереработки; - разработка нового способа скрининга метастабильных полиморфов лекарственных веществ, нового способа инкапсуляции летучих органических соединений

нативными циклодекстринами; - создание твердых дисперсий противотуберкулезного лекарственного препарата – парааминосалициловой кислоты с возможностью ингаляционной доставки и повышенной растворимостью и биодоступностью; - создание новых биологически активных материалов для сельского хозяйства и медицины на основе полифункциональных ациклических и гетероциклических аналогов природных соединений; - разработка безотходного способа синтеза биологически активных 2,5-дикетопиперазинов из дипептидов и способа получения текстурированных пленок для медицинских применений на их основе

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123030700053-4

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ ДЛЯ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОНЕФТИ

Проект направлен на решение проблемы отсутствия активных и стабильных катализаторов гидрооблагораживания бионефти, полученной из лигноцеллюлозного сырья. Актуальность проекта определяется потреблением мировой экономики снизить зависимость от ископаемых энергоносителей. Перспективным вариантом решения проблем диверсификации структуры потребления углеродсодержащих энергоносителей и декарбонизации

мировой экономики может стать вовлечение в переработку альтернативных источников, в частности, возобновляемой лигноцеллюлозной биомассы. Сверхнизкое содержание азота (0–0,02%) и полное отсутствие серы в бионефти, полученной из лигноцеллюлозного сырья, открывают широкие возможности для получения экологически чистых компонентов моторных топлив и продуктов нефтехимии. Однако высокая концентрация кислородсодержащих соединений отрицательно сказывается

на эксплуатационных свойствах биотоплив – ухудшает их теплотворную способность, термическую и химическую стабильность, повышает коррозионную активность. Поэтому для производства высококачественного биотоплива требуется каталитическое гидрооблагораживание, в частности, гидродеоксигенция первичных жидких продуктов (бионефти). Научная новизна предлагаемых подходов и решений заключается в применении в качестве компонентов носителей катализаторов гидрооблагораживания бионефти новых микро-мезопористых алюмосиликатов, полученных из природных алюмосиликатных нанотрубок галлуазита. Галлуазит – уникальный природный минерал, представляющий собой многослойные трубки, образованные скрученными пластинами каолина, длиной порядка 0,5-1,5 мкм с внешним и внутренним диаметрами 40-60 и 10-30 нм, соответственно. Нанотрубки галлуазита обладают рядом уникальных свойств, таких как разноименно заряженные внутренняя (-Al-OH) и внешняя (-O-Si-O-) поверхности, мезопористая внутренняя полость, сравнительно высокая удельная площадь поверхности (60-100 м²/г), высокая химическая и термическая стабильность, умеренная кислотность, а также способность прочно удерживать наночастицы активной фазы во внутренней полости трубки. Использование галлуазита и функциональных материалов на его основе в качестве носителей катализаторов позволит

контролировать их кислотные и текстурные характеристики. Применение алюмосиликатных нанотрубок галлуазита и иерархических материалов на их основе позволит получать новые катализаторы с контролируемой кислотностью и микро-мезопористой структурой, что обеспечит проведение заявленных процессов с высокой селективностью по целевым продуктам. Возможность введения наночастиц металлов во внутреннее и/или внешнее пространство носителей обеспечит высокую дисперсность активной фазы, доступность каталитических центров для адсорбции молекул субстрата, а также стабильность к вымыванию кислотными компонентами бионефти. Это позволит контролировать процессы гидрирования и деоксигенации, за счет чего будут определены маршруты превращения сырьевых компонентов, установлены закономерности влияния размеров пор, кислотных характеристик и способа синтеза носителя на селективность по целевым продуктам. Реализация данного проекта позволит создать научный задел по синтезу новых микро-мезопористых катализаторов на основе природных алюмосиликатов для гидрооблагораживания сырья растительного происхождения, что с высокой вероятностью поспособствует научно-технологическому развитию в области энергетической эффективности и получения продуктов с высокой добавленной стоимостью из нетрадиционного углеродсодержащего сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

2. Газовая отрасль

2.1 ЭФФЕКТИВНЫЕ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ АГРЕГАТЫ

2021

№ 122022200202-7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ПО ЭМИССИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (NO_x И CO_x)

Проект связан с разработкой новейшей технологии и методов предиктивной аналитики технического состояния узлов газоперекачивающего агрегата по эмиссии вредных веществ (NO_x и CO_x) для внедрения на объектах ПАО «Газпром» и включает в себя: экспериментальные исследования зависимостей выбросов загрязняющих веществ от эксплуатационных параметров работы газоперекачивающего агрегата (с использованием газоанализатора Полар «Универсал»); разработку функциональной зависимости эмиссии NO_x и CO_x на газоперекачивающий агрегат с приводом АЛ-31СТ; построение эталонных характеристик эмиссии NO_x и CO_x на всех рабочих режимах работы; разработку методики расчета эмиссии NO_x и CO_x от эксплуатационных параметров работы газоперекачивающего

агрегата в режиме реального времени для мониторинга отклонении от нормативов допустимых выбросов; разработку функциональных требований для реализации алгоритмов расчета выбросов загрязняющих веществ на газоперекачивающий агрегат с приводом АЛ-31СТ; методику расчета эмиссии NO_x и CO_x от эксплуатационных параметров работы газоперекачивающего агрегата в режиме реального времени для мониторинга отклонении от нормативов допустимых выбросов; реализацию алгоритмов расчета в информационных системах газотранспортного предприятия; разработка методов предиктивной аналитики технического состояния узлов газоперекачивающего агрегата по эмиссии вредных веществ (NO_x и CO_x)

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123020700039-9

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (NO_x И CO_x) ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГАЗА ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ

Проект направлен на получение оперативной информации об эмиссии NO_x и CO_x в режиме реального времени для осуществления производственного экологического мониторинга.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122090200058-9

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И КИСЛОРОДА МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В настоящее время остро стоит вопрос сохранения и улучшения экологической обстановки окружающей среды. ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» эксплуатирует 133 газоперекачивающих агрегата (ГПА), в процессе работы которых выбрасываются значительные объёмы дымовых газов, состоящие, в основном, из углекислого газа (CO_2), азота (N_2) и водяного пара (H_2O). Углекислый газ является наиболее важным по влиянию на климат парниковым газом, который вызывает глобальный парниковый эффект. Ежегодные выбросы углекислого газа от ГПА, эксплуатируемых ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» составляют около 750 тысяч тонн. Получение органических соединений, таких как метанол или диметиловый эфир при утилизации углекислоты, позволяет получить дополнительную выгоду. Диметиловый эфир (ДМЭ) можно использовать в качестве моторного топлива, в технологическом транспорте и энергетических установках ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» или как самостоятельный коммерческий продукт, востребованный как растворитель и пропеллент, а также как сырьё для химической

промышленности. При использовании ДМЭ в качестве топлива выбросы вредных веществ существенно ниже, чем при использовании дизельного топлива: CO – в 5...6 раз, CH_x – в 3...3,5 раз, CO_2 – в 2...2,5 раза, NO_x – в 3...4 раза. Метанол может быть использован, как ингибитор гидратообразования при транспорте газа и, так же как и ДМЭ, в качестве моторного топлива или сырья для химической промышленности (самостоятельная товарная продукция). Высокоочищенный кислород, образующийся при электролизе дымовых газов (диоксида углерода и водяного пара), может быть подан на вход приводной турбины ГПА, что приведет к повышению эффективности сгорания топливного газа, соответствующему снижению, как его потребления, так и снижению содержания в выбросах угарного газа (CO), углеводородов (CH_x) и оксидов азота (NO_x). Кроме того, получаемый по данной технологии кислород, вследствие его высокой чистоты может быть использован как самостоятельный дорогостоящий коммерческий продукт. Таким образом, можно говорить о синергетическом эффекте предлагаемой технологии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122092800011-2

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПОДВЕСА РОТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСЕВОГО ГИБРИДНОГО АКТИВНОГО МАГНИТНОГО ПОДШИПНИКА

Целью проекта является создание одностепенного магнитного подвеса ротора лопаточной машины с использованием системы активных магнитных подшипников,

для подтверждения результатов расчёта разрабатываемых численных моделей классических и гибридных активных магнитных подшипников. Заявленная разработка нацелена

на решение проблем модернизации и импортозамещения в сфере промышленности и энергетики. Гибридные магнитные подшипники представляют собой комбинацию из активных магнитных подшипников (осевых и радиальных) и постоянных магнитов, обеспечивающих необходимое магнитное смещение. Для обеспечения возможности контроля классической системы электромагнитного подвеса ротора с использованием АМП необходимо подать дополнительный ток на электромагниты (ток смещения), который позволит обеспечить магнитное смещение, необходимое для линеаризации магнитной силы. В предложенной схеме с использованием гибридных магнитных подшипников необходимое магнитное смещение будет обеспечиваться постоянными магнитами. Таким образом магнитное смещение будет реализовываться при минимальном потреблении электроэнергии. По сравнению с классической системой АМП предложенная схема позволит при постоянстве размеров снизить потребляемую мощность (экономия энергии от 71 до 92 % на номинальном и от 34 до 42 % на максимальном рабочем режиме), что также положительно скажется на массе блоков питания системы и позволит сократить стоимость всей системы на 15-18%. Магнитный подвес ротора с использованием гибридных активных магнитных подшипников позволит заменить существующие классические АМП, применяемые в вакуумной, криогенной и насосной технике, сократить расходы на электроэнергию, без изменения геометрических параметров корпусов существующих агрегатов. Данный проект направлен на решение проблемы импортозамещения, так и на модернизацию имеющихся газоперекачивающих агрегатов. Электромагнитные подвесы широко применяются в установке перекачки и сжижения

природного газа на объектах ПАО «Газпром» и ПАО «Новатэк». Согласно комплексной программе реконструкции технического перевооружения объектов переработки газа и жидких углеводородов до 2025 года планируется замена 100-120 ГПА (газоперекачивающий агрегат) в год. При этом более 50% ГПА оснащаются электромагнитными подвесами. Помимо этого, электромагнитный подвес почти не имеет альтернативы при необходимости обеспечения работы машин в области сверхчистых технологий или агрессивных средах. Предложенная схема будет использована в двигателях, турбомашин и агрегатах, изготавливаемых в России, что обеспечит повышение их эффективности и конкурентоспособности, а также может найти широкое применение в энергоустановках, турбодетандерах и газоперекачивающих компрессорах. Помимо этого, концепция «электрического двигателя», рассматриваемая Объединённой двигателестроительной корпорацией (ОДК), включает в себя опытные работы по разработке и испытаниям энергоэффективных, облегчённых магнитных опор. Применение активных магнитных подвесов роторов установок особенно целесообразно при минусовых температурах окружающей среды в холодном умеренном климате (большая часть территории РФ), в арктических широтах и условиях крайнего севера (северный морской путь), в связи со значительным упрощением требований к их эксплуатации и обслуживанию по сравнению с опорами скольжения и качения, использующие масляную систему. Так же магнитный подвес ротора почти не имеет альтернативы при необходимости обеспечения работы машин в области агрессивных сред, сверхчистых технологий или космических установок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122112800007-0

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ ГАЗОТУРБИННОГО ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

На сегодняшний день газотурбинные установки (ГТУ) получили широкое распространение в качестве привода центробежных нагнетателей природного газа в составе газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на дожимных и линейных компрессорных станциях магистральных газопроводов. Целью исследования является разработка алгоритма обработки термогазодинамических параметров работы ГПА с применением методов машинного обучения при определении коэффициентов технического состояния приводных газотурбинных установок. Актуальность и научная значимость исследования определена современными тенденциями в развитии интеллектуальных систем предиктивной аналитики состояния оборудования. В научном исследовании решается проблема обработки параметров работы ГПА в условиях эксплуатации с идентификацией установившихся режимов

работы оборудования, анализируется деградационный ряд параметров, характеризующий техническое состояние газотурбинной установки, разрабатывается алгоритм выявления аномалий в деградационном ряде, исследуются различные модели машинного обучения для определения коэффициентов технического состояния ГТУ. Используя язык программирования Python 3, создан программный код, с помощью которого проводится исследование реальных эксплуатационных данных ГПА и разрабатываются рекомендации для инженерной практики. Результаты работы смогут использоваться при реализации перехода к ремонту ГТУ по фактическому состоянию, для повышения надежности и эффективности эксплуатации ГПА, снижения рисков возникновения аварийных ситуаций.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122120900005-0

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы Самарского университета. Аддитивные технологии позволяют существенно сократить длительность технологической подготовки производства новых, достаточно сложных по форме изделий, использовать принципиально новые конструкторско-технологические решения, снизить в конечном счете трудоемкость и себестоимость изготовления отечественной продукции, а также сократить машинное и оперативное время изготовления детали. Создаваемые в рамках данного проекта прогрессивные конструкторско-технологические решения создания изделий будут востребованы на

предприятиях аэрокосмической и авиационной отрасли, нефтегазовом комплексе, атомной энергетике, робототехнике и станкостроении. Результаты проекта найдут широкое применение при изготовлении направляющих лопаток турбин, применяемых в составе различных газотурбинных установок (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатов (ГПА) морского и наземного базирования различных поколений ГТД. Цель проекта: разработка комплексной интегрированной технологии аддитивного производства деталей авиационно-космической техники на базе применения прогрессивных конструкторско-технологических решений, обеспечивающих заданные функциональные свойства, точность и

множественные параметры качества деталей. Основные задачи проекта: - разработка методики моделирования сложных геометрических структур, состояния микроструктур (макро, мезо) синтезированных слоев материала (отечественного металлического порошка), обеспечивая связанность параметров «геометрия (форма)-материал-свойства-процесс-структура»; - разработка технического задания на программные средства для новых проектных решений для изделий аэрокосмической техники, которые можно изготовить с помощью аддитивных технологий; - категоризация и классификация геометрической сложности, функционального назначения изделий аэрокосмической техники по параметрам: материал, свойства, срок использования и т.п.; - разработка технологии изготовления заготовок из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104 методом СЛС; - разработка программ и методик исследовательских испытаний технологии изготовления заготовок деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104; - проведение оптимизации технологических параметров селективного лазерного сплавления отечественных металлических порошков с использованием серого реляционного анализа. Ожидаемые результаты: - концептуальные методы проектирования, в

том числе автоматизированные (на отечественном ПО) и обратного инжиниринга изделий аэрокосмической техники, получаемых с помощью аддитивных технологий (методика проектирования изделий аэрокосмической техники и технологических процессов их аддитивного производства) для повышения качества и преодоления ограничений аддитивного производства; - техническое задание на ПО для конструкторско-технологической подготовки аддитивного производства; - классификатор изделий аэрокосмической техники, изготавливаемых аддитивными технологиями; - комплект предварительной технологической документации на технологию изготовления заготовок деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями: СЛС отечественного металлического порошка конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104; - программы и методики исследовательских испытаний технологии изготовления заготовок деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями (СЛС) из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104; - результаты испытаний технологических процессов изготовления заготовок деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями (СЛС) из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123020700033-7

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА ГАЗА

Проект направлен на снижение эксплуатационных затрат и повышение эффективности эксплуатации газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций

магистральных газопроводов и предназначенный для раннего обнаружения зарождающихся дефектов и предотвращения отказов технологического оборудования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2023

№ 123062200009-7

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В процессе работы проводятся следующие исследования: обобщение и анализ статистических данных приемо-сдаточных испытаний смазочных масел и гидравлических жидкостей, поставляемых в ПАО «Газпром», а также статистических данных деятельности химико-аналитических лабораторий ДО ПАО «Газпром» по проведению анализов масел в процессе эксплуатации; разработка математической модели оценки информативности показателей качества масел и гидравлических жидкостей в процессе приемо-сдаточных испытаний по оценке изменения энтропии системы проведения лабораторных анализов данной продукции, а

также математической модели системы анализа смазочных масел при эксплуатации ГПА с использованием положений теории марковских процессов. Результат работы – Комплексная математическая модель системы анализа смазочных масел при эксплуатации газоперекачивающих агрегатов. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области транспортировки, подземного хранения и использования газа, при контроле мероприятий по обеспечению, применению и утилизации смазочных масел на компрессорных станциях ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123122100090-7

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШТАТНЫХ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

При выполнении работы проводятся следующие исследования: анализ состояния парка средств измерений параметров вибрации и осевого сдвига; анализ параметров вибрации газоперекачивающих агрегатов, контролируемых штатными системами виброзащиты газоперекачивающих агрегатов на объектах ПАО «Газпром», и методов контроля

поверки и калибровки средств измерений, входящих в состав этих систем; сбор и анализ статистики метрологических отказов средств измерений вибрации и осевого сдвига в процессе эксплуатации газоперекачивающих агрегатов в ПАО «Газпром»; сбор и анализ статистической информации о показателях работы эксплуатирующихся газоперекачивающих

агрегатов и их систем виброзащиты; определение зависимости показаний средств измерений параметров вибрации и осевого сдвига газоперекачивающих агрегатов от режима, времени непрерывной работы и времени наработки газоперекачивающих агрегатов; разработка метода(ов) контроля метрологических характеристик систем виброзащиты газоперекачивающих агрегатов на основе дискретного подтверждения неизменности во времени метрологических характеристик измерительных каналов штатных систем виброзащиты газоперекачивающих агрегатов; разработка порядка определения межконтрольных интервалов при контроле метрологических характеристик систем виброзащиты газоперекачивающего агрегата в

процессе его работы, учитывающий время наработки газоперекачивающего агрегата. Результат работы — отчет о НИР «Разработка методологии контроля метрологических характеристик штатных систем виброзащиты газоперекачивающих агрегатов». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области систем автоматизации обеспечения единства измерений, при планировании, организации и контроле мероприятий по метрологическому обслуживанию штатных систем виброзащиты газоперекачивающих агрегатов, эксплуатируемых в ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123071800014-7

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (NO_x , CO_x) ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ (СТАЦИОНАРНОГО И СУДОВОГО ТИПА) И ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ГАЗА, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ОБЪЕКТАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Проект направлен на получение оперативной информации об эмиссии NO_x и CO_x от стационарных источников выбросов в режиме реального времени для осуществления

производственного экологического мониторинга.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного

2021

№ 122081700056-8

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОМПРЕССОРОВ ОТПАРНОГО ГАЗА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СПГ-ТЕРМИНАЛОВ В РАМКАХ ПОДПРОГРАММЫ «СОДЕЙСТВИЕ ПРОВЕДЕНИЮ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТНЫХ РАЗРАБОТОК В ГРАЖДАНСКИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ»

Целью работ является изучение технологических процессов, в которых задействовано компрессорное оборудование, проработка конструктивного исполнения и технических требований, предъявляемые к компрессорному оборудованию, изготовление и экспериментальное исследование ступеней для центробежных компрессоров (ЦК) нового поколения, с межопорным расположением рабочих колёс и получение экспериментальных характеристик, необходимых для проектирования проточной части с применением полученных данных в создание низкотемпературных центробежных корпусов сжатия,

участвующих в технологии СПГ. Освоение производства компрессоров отпарного газа позволит: - создать собственной типовой ряд компрессоров отпарного газа и закрыть потребность отрасли (производства СПГ) по данному виду оборудованию. - структурировать индустрию производства, хранения СПГ, с учетом существующих технических и технологических потенциалов; - адаптировать развития индустрии СПГ РФ под существующие реалии; - сделать вывод о предпочтительности интенсивного пути развития технологий.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАНСКИЙ ЗАВОД КОМПРЕССОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

№ 123080300016-8

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТНЫХ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СРЕДНЕ- И КРУПНОТОННАЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА СПГ

НИОКТР направлены на выполнение расчетно-конструкторского обоснования технических решений, отработки технологии, изготовление и испытание опытного

образца детандер-генератора с различными вариантами отечественных комплектующих

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ ИМЕНИ И. И. АФРИКАНТОВА»

2022

№ 122051600118-7

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНИТНЫХ ЭФФЕКТОВ ФУЛЛЕРЕНОВ В МОЛЕКУЛЯРНОМ КРИСТАЛЛЕ ФУЛЛЕРИТА

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет — 2030». Цель работы заключается в изучении неисследованного ранее гироманетокалорического эффекта молекулярных кристаллов фуллерита, возникающего при вращении и переориентации роторов молекулярного (фуллеренов)

кристалла в магнитном поле и их взаимодействия с молекулами проходящего через кристалл газа. Задачи исследований - провести математическое и компьютерное моделирование молекулярной динамики вращательного движения эндодрального интеркалированного ферромагнетиком фуллерена исследование его гироинерциальных,

гиромангнитокалорических и гироэлектродинамических свойств, а также процесс молекулярно-кинетического обмена импульсами молекулярных роторов и набегающих молекул. Молекулярный кристалл фуллерита представляет из себя структуру кубической сингонии с очень крупными порами, через которые способны пройти атомы и молекулы газа, в узлах которой находятся крупные молекулы фуллеренов (например, C₆₀ с атомным весом 720 а.е.м). Поэтому гиромангнитокалорический эффект фуллеренов должен быть

интенсивнее классического магнетокалорического эффекта, порождаемого изменением энтропии доменной структуры ферромагнетика. Проходящий под давлением природный газ через такой кристалл может значительно охлаждаться и стать альтернативой технологиям производства СПГ. Планируется разработка научно-технических основ по созданию новой технологии охлаждения природного газа на базе гиромангнитокалорического эффекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122053000005-0

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В УГЛЕРОДНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЦЕЛЯХ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО МЕТОДА ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Цель проекта - исследовать оригинальный аналог магнитного холодильного цикла, в котором круговому процессу подвергается температура и новый термодинамический параметр – обобщенный орбитальный момент частиц системы, т.е. ориентация частиц по полю и раскручивание или торможение частиц в магнитном поле. Примером такой системы является, молекулярный кристалл фуллерита, состоящий из углеродных сферических молекул фуллеренов C₆₀/C₇₀. Планируется построение математического описания и прямое численное моделирование вращений узлов кристалла фуллерита. Затем, с использованием полученных

результатов, планируется решение задач молекулярной статистики по восстановлению макроскопических параметров системы. Будут созданы научно-технические основы новой технологии магнитного охлаждения на базе вращения/ориентации (гиромангнитокалорический эффект) узлов углеродных молекулярных кристаллов интеркалированных ферромагнетиком, которая может быть использована для создания бытовых холодильников нового типа, промышленных холодильных установок, а также циклов производства сжиженного природного газа (СПГ).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062200001-1

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА ХЛАДАГЕНТА С ПРИВОДОМ ОТ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ (БОЛЕЕ 65 МВт)

Целью работ является изучение и проработка конструктивного исполнения, технических требований предъявляемые к компрессорному оборудованию, изучение технологических процессов в которых задействовано компрессорное оборудование, изготовление и экспериментальное исследование ступеней для центробежных компрессоров (ЦК) нового поколения, с межполюсным расположением рабочих колёс и получение экспериментальных характеристик, необходимых для проектирования проточной части с применением полученных данных в создание низкотемпературных центробежных

корпусов сжатия, участвующих в технологии СПГ. Освоение производства компрессоров смешанного хладагента позволит: - создать собственной типовой ряд компрессоров смешанных хладагентов и закрыть потребность отрасли (производства СПГ) по данному виду оборудованию. - структурировать индустрию производства, хранения СПГ, с учетом существующих технических и технологических потенциалов; - адаптировать развития индустрии СПГ РФ под существующие реалии; - сделать вывод о предпочтительности интенсивного пути развития технологий

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАНСКИЙ ЗАВОД КОМПРЕССОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

№ 123040700031-1

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОПРИВОДНОГО ДОЖИМНОГО КОМПРЕССОРА СЫРЬЕВОГО ГАЗА БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ (БОЛЕЕ 35 МВт) С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ

Целью работ является анализ конструктивного исполнения, технических требований и международного опыта по созданию дожимных компрессоров сырьевого газа, проведение концептуального (эскизного) проектирования и расчетных работ с целью определения конструктивного облика и основных технических решений. Задачи реализуемые в ходе выполнения работ: - анализ современной мировой индустрии производства и размещения заводов СПГ, структура, проблемы, особенности технологических процессов, градация мирового производства СПГ и анализ перспективных направлений их совершенствования; - проведение расчетов для подбора и оптимизации конфигурации проточной части, проведение прочностных расчетов критически-важных узлов, а также динамических расчетов для определения стабильности работы ротора дожимного компрессора сырьевого газа;

- проработка конструктивного исполнения дожимных компрессоров сырьевого газа, используя опыт производства машин, для сжатия углеводородных и водородсодержащих газов, кислорода, гелия и холодильных центробежных компрессоров; - определение оптимального материального исполнения дожимного компрессора сырьевого газа; - анализ процедуры испытания, проверки и критерии приемки динамического оборудования и вспомогательных элементов компрессорного оборудования для технологии СПГ. Освоение производства компрессоров сырьевого газа позволит: - создать собственной типовой ряд компрессоров и закрыть потребность отрасли (производства СПГ) по данному виду оборудования и адаптировать развития индустрии СПГ РФ под существующие реалии.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАНСКИЙ ЗАВОД КОМПРЕССОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

№ 123032100014-5

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, УСТАНОВЛИВАЮЩЕЙ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЯЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Сжиженный природный газ (СПГ) является перспективным энергоносителем. Резервуары для хранения сжиженного природного газа выполняются с двойными стенками. Наиболее ответственная часть всего сооружения – внутренний резервуар. Такой фактор, как низкая эксплуатационная температура, который в сочетании с неизбежными конструктивно-технологическими несовершенствами может привести к хрупкому разрушению, предопределяет выбор материалов, конструктивно-технологических требований, направленных на повышение хладостойкости конструкций внутреннего резервуара. Внутренний резервуар выполнен из аустенитной стали с 9% содержанием никеля. Внешний резервуар обычно изготавливается из углеродистой стали. Между резервуарами расположена теплоизолирующая прокладка, как правило – перлитный песок. Для доступа персонала во внутренний резервуар существуют специальные люки-лазы (ГОСТ Р 56352-2015). На основании анализа зарубежного и отечественного опыта проектирования резервуаров и технологий хранения СПГ одним из мероприятий, направленных на снижение вероятности (частоты) возникновения аварийных ситуаций, является проведение работ по неразрушающему контролю качества сварных соединений и основного металла внутреннего резервуара при их строительстве и эксплуатации, где одним из основных методов контроля является ультразвуковой. Важнейшим преимуществом ультразвукового контроля является то, что с его помощью возможно выявление наиболее опасных типов дефектов – плоскостных с малым раскрытием, а при использовании дифракционных методов возможно выявление дефектов с различной ориентацией. Методы ультразвукового контроля обладают более высокой производительностью и относительно невысокой стоимостью проведения работ. Однако для материалов с крупнозернистой структурой применение ультразвукового метода накладывает определенные сложности в связи с отклонением от прямолинейного распространения ультразвуковых колебаний, но к настоящему времени разработаны специальные методики, позволяющие решать и эти задачи. Все существующие в мире крупнотоннажные объекты производства СПГ, в основном, спроектированы, построены

и эксплуатируются по американским и европейским нормам, это связано с тем, что они являются первыми разработчиками технологических процессов. Наиболее комплексно сферу СПГ охватывают стандарт NFPA 59, EN1473:2016, которые базируются на целых группах стандартов, например, API 620, ISO 20421:2019, BS EN 14620-5, 2013 ASME Boiler & Pressure Vessel Code V и др. В России практически отсутствуют нормативные документы в области промышленной безопасности объектов СПГ. При анализе отечественных нормативных документов выявлена тенденция разработки стандартов на основе зарубежных аналогов. Так упомянутый ГОСТ Р 56352-2015 является неполным аналогом американского NFPA 59 A и содержит требования к комплексам СПГ в целом. Это приводит к сложности применения отечественных стандартов из-за отличий в методологии проектирования и оценки соответствия документации в России и за рубежом, разнородный состав зарубежных стандартов, которые принимаются за основу при создании российских стандартов, приводит к снижению качества разработанных стандартов из-за отсутствия системности и возможных противоречий в требованиях, а также не содержат конкретных требований к безопасности. Необходимо отметить, что на сегодняшний день потребности РФ в продукции для хранения СПГ удовлетворяются в основном за счет зарубежных поставок. Строительство заводов по производству СПГ выполняется, что называется «под ключ». Новый стандарт планируется к применению во время проведения периодических работ по диагностированию и оценке технического состояния резервуаров СПГ, а также может быть включен в перечень технических требований при реализации ЕРС контрактов. В связи с вышеизложенным, особую актуальность приобретает разработка отечественной нормативной документации в области проведения неразрушающего контроля для обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров СПГ, устанавливающей единые требования, в частности к оборудованию и технологиям проведения неразрушающего ультразвукового контроля основного металла и сварных соединений как во время их строительства, так и при эксплуатации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «СВАРКА И КОНТРОЛЬ» ПРИ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»

2023

№ 123092000004-1

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, УСТАНОВЛИВАЮЩЕЙ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЯЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Сжиженный природный газ (СПГ) является перспективным энергоносителем. Резервуары для хранения сжиженного природного газа выполняются с двойными стенками. Наиболее ответственная часть всего сооружения – внутренний резервуар. Такой фактор, как низкая эксплуатационная температура, который в сочетании с неизбежными конструктивно-технологическими несовершенствами может привести к хрупкому разрушению, предопределяет выбор материалов, конструктивно-технологических требований, направленных на повышение хладостойкости конструкций внутреннего резервуара. Внутренний резервуар обычно выполнен из аустенитной стали или стали с 9% содержанием никеля. Внешний резервуар обычно изготавливается из углеродистой стали. Между резервуарами расположена теплоизолирующая прокладка, как правило – перлитный песок. Для доступа персонала во внутренний резервуар существуют специальные люки-лазы (ГОСТ Р 56352-2015). На основании анализа зарубежного и отечественного

опыта проектирования резервуаров и технологий хранения СПГ одним из мероприятий, направленных на снижение вероятности (частоты) возникновения аварийных ситуаций, является проведение работ по неразрушающему контролю качества сварных соединений и основного металла внутреннего резервуара при их строительстве и эксплуатации, где одним из основных методов контроля является ультразвуковой. Важнейшим преимуществом ультразвукового контроля является то, что с его помощью возможно выявление наиболее опасных типов дефектов – плоскостных с малым раскрытием, а при использовании дифракционных методов возможно выявление дефектов с различной ориентацией. Методы ультразвукового контроля обладают более высокой производительностью и относительно невысокой стоимостью проведения работ. Однако для материалов с крупнозернистой структурой применение ультразвукового метода накладывает определенные сложности в связи с отклонением от прямолинейного распространения

ультразвуковых колебаний, но к настоящему времени разработаны специальные методики, позволяющие решать и эти задачи. Все существующие в мире крупнотоннажные объекты производства СПГ, в основном, спроектированы, построены и эксплуатируются по американским и европейским нормам, это связано с тем, что они являются первыми разработчиками технологических процессов. В России практически отсутствуют нормативные документы в области промышленной безопасности объектов СПГ. При анализе отечественных нормативных документов выявлена тенденция разработки стандартов на основе зарубежных аналогов. Так упомянутый ГОСТ Р 56352-2015 является неполным аналогом американского NFPA 59 A и содержит требования к комплексам СПГ в целом. Это приводит к сложности применения отечественных стандартов из-за отличий в методологии проектирования и оценки соответствия документации в России и за рубежом, разнообразный состав зарубежных стандартов, которые принимаются за основу при создании российских стандартов, приводит к снижению качества разработанных стандартов

из-за отсутствия системности и возможных противоречий в требованиях, а также не содержат конкретных требований к безопасности. Необходимо отметить, что на сегодняшний день потребности РФ в продукции для хранения СПГ удовлетворяются в основном за счет зарубежных поставок. Строительство заводов по производству СПГ выполняется, что называется «под ключ». Новый стандарт планируется к применению во время проведения периодических работ по диагностированию и оценке технического состояния резервуаров СПГ, а также может быть включен в перечень технических требований при реализации ЕРС контрактов. В связи с вышеизложенным, особую актуальность приобретает разработка отечественной нормативной документации в области проведения неразрушающего контроля для обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров СПГ, устанавливающей единые требования, в частности к оборудованию и технологиям проведения неразрушающего ультразвукового контроля основного металла и сварных соединений как во время их строительства, так и при эксплуатации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «СВАРКА И КОНТРОЛЬ» ПРИ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»

№ 123070400031-1

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ПОГРУЖНОГО КРИОГЕННОГО НАСОСА ДЛЯ РЕГАЗИФИКАЦИИ КРИОПРОДУКТА (СЖИЖЕННОГО ГАЗА)

Российский рынок технических газов развивается в соответствии с мировыми тенденциями и уже стал частью глобального рынка. Однако текущая политическая ситуация вносит некую неопределенность в развитие отрасли. Санкции Запада против России уже сказались на деятельности иностранных компаний в нашей стране, они уходят с рынка. Структура российского рынка промышленных газов сложилась в советское время, когда крупные и средние потребители покупали оборудование и сами его эксплуатировали. Бизнеса по схеме on-site фактически не существовало. Эксперты полагают, что в дальнейшем доля снабжения по этой схеме будет расти, ввиду рентабельности бизнеса по поставкам газов крупным и средним потребителям. Увеличение масштабов использования жидких криогенных продуктов привело к необходимости создания систем для хранения и выдачи продуктов потребителям с требуемыми параметрами – газификационных установок. Газификационная установка, или газификатор – устройство, предназначенное для перевозки и хранения газа (в частности, преимущественно оно совместимо с аргонном, азотом, кислородом и их смесями), а также последующего перевода его из жидкого в газообразное состояние с заполнением баллонов

и других ёмкостей, либо выдачей непосредственно в технологическую линию для дальнейшего использования. Криогенные насосы, используемые в газификаторах, предназначены для перекачивания криогенных продуктов. При создании криогенных насосов возникают сложности, обусловленные свойствами криогенных продуктов, особенно их пониженной температурой. Таким образом, можно сказать, что эффективность работы насоса для перекачивания криогенного продукта во многом зависит от того, как при его конструировании решены характерные проблемы крионасосов, связанные с особыми свойствами среды. В рамках данного проекта планируется разработать конструкцию и запустить производство погружного криогенного насоса для регазификации криопродукта (сжиженного газа). Будет предусмотрена возможность использования, как в разрабатываемой компанией параллельно газификационной автоматизированной установке (газификаторе), так и для дальнейшего серийного выпуска и продажи в качестве готового изделия. Также будет возможно использование данного насоса в качестве замены советских насосов серии НСГ в действующих газификационных установках.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГАЗТЕХНАБ»

2.4 НОВЫЕ ВЫСОКОПРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОЧЕГО ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБ

2021

№ 121032200044-3

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И РЕСУРСА МАШИН И КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО КЛИМАТА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ ХЛАДОСТОЙКИЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ С СУБМИКРОСТРУКТУРОЙ, ИХ НЕРАЗЪЁМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, С УЧЕТОМ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МНОГОУРОВНЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Одними из приоритетных для районов Крайнего Севера и Арктики являются проблемы, связанные с развитием энергетической отрасли и нефтегазовой промышленности, железнодорожного, речного, автомобильного и воздушного транспорта. В частности, большое значение придается вопросам надежности, эффективности и ресурса энергооборудования, трубопроводов, узлов тягового и подвижного составов, рельсовых путей, хладостойкости материалов в экстремальных климатических условиях.

Моделирование процессов накопления повреждений стальных конструкций, эксплуатирующихся в условиях низких климатических температур, с частыми фазовыми переходами I и II рода, для прогнозирования их поведения, предупреждения аварий и инцидентов, оценки и продления ресурса, требует знания микромеханизмов разрушения. Анализ неоднородности упрочнения стали, на поверхности железнодорожных колес, возникающего при контакте с рельсом, на микроуровне, например, позволяет не

только идентифицировать процесс контактно-усталостного разрушения, но и установить его характер, чтобы понять закономерности процесса и разработать меры по предотвращению или снижению износа. Проведение таких исследований на различных масштабных уровнях с помощью

детальных электронно-микроскопических исследований и количественных методов анализа изображений позволяет получить данные, достаточные для построения многоуровневых моделей с достаточной общностью и высокой прогнозной точностью

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ЯКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2022

№ 122040600126-6

КОГЕРЕНТНЫЕ СОСТОЯНИЯ, ДИНАМИКА И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Целями научного исследования являются: Определение закономерностей формирования аморфно-нанокристаллических структур в сплавах на основе алюминия, железа, кобальта, циркония в процессе термообработки и деформации. Установление влияния параметров внешних воздействий на формирование наноструктуры с разными структурными параметрами.

Определение зависимости магнитных свойств от уровня механических напряжений в образцах разной конфигурации. Установление особенностей фазовых превращений в оксидных системах, содержащих редкоземельные компоненты.

Развитие методов исследования локальных микроискажений кристаллической решетки, обусловленных дефектами. - Расширение барического диапазона синтеза новых гидридов в атмосфере водорода с 9 ГПа до 11–12 ГПа, предельно достижимых в твердосплавных камерах. Получение массивных образцов гидридов и дейтеридов тантала, родия и циркония, кварцевого стекла и силикатов при давлениях до 7–11 ГПа.

Определение позиций атомов водорода в необычных кристаллических структурах полученных новых фаз методом нейтронной дифракции и изучение динамики решетки методами неупругого рассеяния нейтронов и комбинационного рассеяния света.

Изучение *in situ* при высоких давлениях фазовых переходов, кристаллической структуры и фоновых спектров новых фаз ферроцена и других металлоценов, а также донорно-акцепторных комплексов фуллерена C₆₀ с металлоценами

Будут определены кристаллические структуры новых органических проводников на основе катион-радикальных солей, содержащих анионы с эффектом спин-кроссовера, исследованы структуры новых молекулярных магнетиков на основе молекул с ионами редкоземельных и переходных металлов в неоктаэдрической координации, будет исследовано низкотемпературное поведение молекулярных роторов в кристаллических структурах.

Будет проведен обобщенный кристаллохимический анализ для изученных структур, выявлены релевантные структурные параметры для установления связи структура-свойства.

Ожидается, что полученные данные позволят установить общие тенденции формирования функциональных молекулярных кристаллов, а также структурные факторы, ответственные за физико-химические свойства этих материалов.

Это будет способствовать осуществлению целенаправленных шагов на пути к открытию новых физических явлений и материалов с полезными свойствами. Будут определены закономерности магнитной релаксации и нелинейной динамики неоднородных спиновых структур – доменных границ, вихрей-антивихрей, скирмионов, содержащихся в ферромагнитных слоистых гетероструктурах, исследованы экспериментально и промоделированы численно изменения структуры и смещения доменных границ в них под действием внешних магнитных и электрических полей и протекающего через эти слои тока, установлен характер спин-орбитального взаимодействия на интерфейсе.

Исследованы механизмы взаимодействия волновых и вихревых систем на поверхности классической и квантовой

жидкостей.

Изучены механизмы формирования прямых и обратных каскадов энергии и энтропии в вихревой и волновой системах. Будут получены и исследованы жидкокристаллические фотонные кристаллы с различным типом упорядочения, реализована управляемая трансформация их оптических характеристик при внешних воздействиях и вариации материальных параметров.

Будут определены условия возникновения и развития неустойчивостей в двумерных жидкокристаллических структурах с ориентационным и трансляционным упорядочением. Изучены особенности процессов самоупорядочения, явлений, связанных с нелинейной динамикой жидкокристаллических структур. Актуальность исследования свойств нанокристаллических материалов обусловлена установлением физических закономерностей формирования материалов нового типа, исследованием их свойств и определением корреляции структуры со свойствами, что необходимо для совершенствования существующего приборного парка и разработки новых приборов с более высокими потенциальными возможностями.

Низкоразмерные магнитные наноконкомпозиты характеризуются нарушением трансляционной симметрии на их поверхности и границе раздела фаз и, как следствие, появлением новых типов анизотропии – поверхностной и (или) обменной, что приводит к переориентации спинов в основном состоянии и к формированию во внешних магнитных и электрических полях состояний со специфическим спектром и нелинейным откликом, знание которых важно при разработке новых элементов магнитной наноэлектроники и спинтроники. Разрабатываемые технологии материалов и устройств предназначены для механического и химического упрочнения конструкций в полевых условиях (например, корпусов кораблей, трубопроводов, линий электропередач в Арктике), повышения чувствительности рентгеновских детекторов для улучшения медицинской диагностики и радиационного мониторинга, экологических преобразователей радиации в электроэнергию. С использованием уже имеющихся методик высокого давления будет изучено взаимодействие с водородом железо- и магнийсодержащих минералов в ранее труднодоступном диапазоне температур выше 450 °С.

Исследования ИФТТ РАН в этом направлении являются пионерскими и представляют интерес для геофизики и геологии, поскольку, по современным представлениям, в наиболее глубокой части верхней мантии Земли такие минералы пропитаны разнообразными флюидами, значительную часть которых должен составлять молекулярный водород под давлением в несколько ГПа. Кристаллы органических проводников являются новыми объектами в физике конденсированных сред, относятся к сильно коррелированным электронным системам, проявляют богатую P-T фазовую диаграмму электронных состояний: чередование металла, моттовского диэлектрика, антиферромагнетика и сверхпроводника в узкой области гелиевых температур и небольших давлений.

Исследование механизмов формирования энергетических каскадов в волновых и вихревых системах важно для понимания нелинейных процессов происходящих в космическом пространстве, на поверхности океанов и морей,

в атмосфере Земли, в кровеносных сосудах и т.д. В рамках данной темы предполагается решение следующих основных задач: - Разработка принципов создания новых материалов с высокими прочностными и магнитными свойствами. Развитие методов исследования структуры и свойств аморфных и нанокристаллических материалов разного состава: металлических оксидных, органических.

Определение условий формирования материалов с разными структурными параметрами и установление корреляции структуры/свойства. - Синтез новых гидридов при давлениях до 7–11 ГПа методом термобарической закалки, изучение их кристаллической структуры и колебательных спектров. Исследование азидов щелочных металлов, металлоценов и их комплексов с фуллеренами *in situ* при высоком давлении. - Поисковые исследования связи структура-свойства в кристаллах новых ион-радикальных и молекулярных комплексов. Разработка методов дизайна функциональных кристаллических структур таких комплексов.

Развитие методов монокристаллической и порошковой дифракции для исследования таких кристаллов при низких температурах и высоких давлениях. Установление закономерностей магнитной релаксации и нелинейной динамики неоднородных спиновых структур – доменных границ, вихрей-антивихрей, скирмионов и т.п., содержащихся в ферромагнитных слоистых гетероструктурах, исследование и моделирование изменений структуры и смещения доменных границ в них под действием внешних магнитных и электрических полей и протекающего через эти слои тока, выяснение характера спин-орбитального взаимодействия на интерфейсе.

Установление механизмов взаимодействия волновых и вихревых систем на поверхности классической и квантовой жидкостей.

Определение механизмов формирования прямых и обратных каскадов энергии в вихревой системе. Исследование процессов распространения энтропии в турбулентных системах. Получение жидкокристаллических фотонных кристаллов с различным типом упорядочения и перестраиваемыми спектральными характеристиками, исследование их оптических свойств. Исследование двумерных жидкокристаллических структур с ориентационным и трансляционным упорядочением. Изучение самоупорядочения, микро- и макродинамики, нелинейной динамики и неустойчивостей в жидких кристаллах.

Предполагаемые результаты и их возможная практическая значимость: - Определение закономерностей формирования аморфно-нанокристаллических структур в сплавах на основе алюминия, железа, кобальта, циркония в процессе термообработки и деформации. Установление влияния внешних воздействий на формирование наноструктуры с разными параметрами. Определение зависимости магнитных свойств от уровня механических напряжений в образцах разной конфигурации. Установление особенностей фазовых превращений в оксидных системах, содержащих редкоземельные компоненты. Развитие методов исследования локальных микроискажений кристаллической решетки, обусловленных дефектами. - Расширение барического диапазона синтеза новых гидридов в атмосфере водорода с 9 ГПа до 11–12 ГПа, предельно достижимых в твердосплавных камерах. Получение массивных образцов новых гидридов и дейтеридов переходных металлов и их сплавов, кварцевого стекла и силикатов при давлениях до 7–11 ГПа. Определение позиций атомов и молекул водорода в структурах полученных новых фаз методом нейтронной дифракции; исследование динамики решетки методами

неупругого рассеяния нейтронов и комбинационного рассеяния света. Изучение *in situ* при высоких давлениях фазовых переходов, кристаллической структуры и фононных спектров новых фаз ферроцена и других металлоценов, а также донорно-акцепторных комплексов фуллерена C₆₀ с металлоценами. - Определение кристаллических структур новых органических проводников на основе ион-радикальных комплексов.

Наличие неспаренной электронной плотности на ион-радикалах в составе таких соединений (комплексов) способствует эффективному магнитному обмену, а при условии плотной кристаллической упаковки базовых анионов из стопок, цепочек или слоев – появлению высокой проводимости и, возможно, сверхпроводимости.

Определение структурных особенностей в кристаллах со спин-кроссовера переходом, новых мономолекулярных и цепочечных магнетиков на основе молекул с ионами редкоземельных и переходных металлов в неоктаэдрической координации.

Изучение эффекта замораживания вращения молекулярных роторов в кристаллических структурах при понижении температуры. Анализ структурных проявлений Ян-Теллеровских искажений в анион-радикалах плоских C₂, C₃- и C₄-симметричных металлоорганических молекул и фуллеренов C₆₀.

Будут определены закономерности магнитной релаксации и нелинейной динамики неоднородных спиновых структур – доменных границ, вихрей-антивихрей, скирмионов, содержащихся в ферромагнитных слоистых гетероструктурах, исследованы экспериментально и промоделированы численно изменения структуры и смещения доменных границ в них под действием внешних магнитных и электрических полей и протекающего через эти слои тока, установлен характер спин-орбитального взаимодействия на интерфейсе.

Исследованы механизмы взаимодействия волновых и вихревых систем на поверхности классической и квантовой жидкостей.

Изучены механизмы формирования прямых и обратных каскадов энергии и энтропии в вихревой и волновой системах.

Будут получены и исследованы жидкокристаллические фотонные кристаллы с различным типом упорядочения, реализована управляемая трансформация их оптических характеристик при внешних воздействиях и вариации материальных параметров.

Будут определены условия возникновения и развития неустойчивостей в двумерных жидкокристаллических структурах с ориентационным и трансляционным упорядочением.

Изучены особенности процессов самоупорядочения, явлений, связанных с нелинейной динамикой жидкокристаллических структур. Возможная практическая значимость ожидаемых результатов: - Исследование взаимосвязи атомной и магнитной структуры материала, их корреляции со свойствами, позволяют разработать концепцию создания новых функциональных материалов, что открывает возможности разработки приборов или устройств с более высокими потенциальными возможностями и совершенствования существующего приборного парка. - Обобщенный кристаллохимический анализ изученных структур позволит установить общие тенденции формирования функциональных молекулярных кристаллов, а также структурные факторы, ответственные за физико-химические свойства этих материалов. Эта информация необходима для осуществления целенаправленных шагов на пути к открытию новых физических явлений и материалов с полезными свойствами

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122122900019-1

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ НОВЫМ ТИПОМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ АДАПТИВНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Проект направлен на решение актуальной проблемы повышения эффективности оценки повреждений в оборудовании и элементах конструкций, выполненных из металлических и неметаллических конструкционных материалов. В настоящее время с разработкой и активным внедрением в промышленность новых материалов существует проблема, связанная с отсутствием достоверных критериев и параметров оценки поврежденности данных материалов.

Это связано с тем, что становление теории разрушения металлических материалов происходило десятилетиями и позволило сформировать подходы к проектированию на основе теоретических расчетов. Быстрое внедрение новых материалов порой не позволяет сформировать достаточный объем теоретических знаний об их свойствах, с учетом недостатка экспериментальных данных по использованию данных материалов.

Это требует компенсации недостающих знаний о поведении материалов в различных условиях необходимым контролем или постоянным мониторингом структурного состояния (Structural Health Monitoring). Однако существует на настоящий момент и недостаток в достоверных критериях оценки степени поврежденности листовых конструкций и аппаратов из ПКМ на основе метода акустической эмиссии (АЭ), зарекомендовавшего себя при контроле ответственных конструкций из металлических материалов.

Основные подходы к использованию метода АЭ основываются на идентификации типов и опасности развивающихся дефектов. Применение имеющихся критериев в листовых конструкциях осложнено трансформацией волн АЭ при их распространении в пластинах из-за дисперсии скорости звука. Использование локальных пьезоэлектрических датчиков имеет ряд ограничений, связанных с их низкой помехозащищенностью, слабой защищенностью от окружающей среды.

В настоящее время предлагаются решения, использующие новый тип пока еще мало используемых волоконно-

оптических датчиков АЭ на базе адаптивных голографических интерферометров. Однако данные типы датчиков являются распределенными в отличие от локальных пьезоэлектрических датчиков.

Проблема связана с отсутствием на настоящий момент достоверных методов диагностики поврежденности оборудования и конструкций на основе использования метода АЭ с применением волоконно-оптических преобразователей на адаптивных лазерных голографических интерферометрах в качестве сенсоров.

Существующие критерии оценки параметров повреждений на основе регистрируемых параметров АЭ не подходят для оценки повреждений в ПКМ при использовании в качестве датчиков распределенных преобразователей АЭ на базе волоконно-оптических датчиков.

Данные типы датчиков еще мало изучены, однако имеют устойчивую перспективу применения в протяженных конструкциях типа резервуаров, трубопроводов, а также корпусных изделий летательных аппаратов.

Проблема диагностики подобных конструкций, прежде всего, связана с их размерами и трансформацией ультразвуковых волн акустической эмиссии в процессе их распространения при возникновении повреждения.

Правильная идентификация повреждения в конструкции важна как для исключения ложных срабатываний, так и для обеспечения недопустимости пропуска опасного повреждения.

Отсутствие достаточной практической информации и сформированной теоретической базы не позволяет внедрять новые методы диагностики на действующем оборудовании или летательных аппаратах.

В связи с чем, повышение достоверности в определении характера и степени поврежденности конструкций с использованием локальных пьезоэлектрических и новейших волоконно-оптических датчиков при использовании метода АЭ является важной задачей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122031600265-0

СДВИГ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ И ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕМПЕРАТУРА В ИНТЕНСИВНО ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВАХ

Сплавы на основе меди обладают высокой электропроводностью, высокой коррозионной стойкостью, отличной пластичностью и ударной вязкостью в широком диапазоне температур.

Таким образом, сплавы Cu играют важную роль в качестве материалов для архитектуры, автомобильной промышленности, строительных применений (включая сантехнику, пожарные разбрызгиватели и т.д.), систем трубопроводов природного газа, электроники, электротехники, машиностроения, судостроения и т.д.

В связи с настолько широкой областью применения существует большой спрос на дальнейшее развитие сплавов на основе меди с улучшенными свойствами.

Например, широкое использование солнечной или ветровой энергии потребует совершенно новой архитектуры электрических сетей, поскольку производство энергии больше не будет сосредоточено в нескольких местах, и каждое домашнее хозяйство будет одновременно потребителем и производителем энергии.

Для реструктуризации электрических сетей потребуется также новое поколение медных сплавов, обладающих одновременно более высокой проводимостью и повышенной прочностью.

Это может быть достигнуто, например, путем

проектирования границ зерен путем создания более низкой концентрации легирующего элемента в объемах зерен и более высокого содержания легирующей примеси (легирующих примесей) в границах зерен.

Разработка нового поколения медных сплавов требует также новых подходов в материаловедении.

Цель настоящего проекта – создать научную основу для такого нового подхода.

Основной задачей современного материаловедения является разработка новых материалов.

Нанокристаллические материалы, особенно полученные методом интенсивной пластической деформации (ИПД), являются сравнительно новым классом материалов, привлечших повышенное внимание исследователей ~15 лет назад.

Хотя им и посвящено множество работ, детально процессы, протекающие при ИПД и придающие этим материалам новые комбинации свойств, до сих пор не изучены.

Также существуют различные теории о роли и конкретных механизмах влияния дефектов кристаллической решетки на свойства металлов, подвергнутых ИПД.

Общая цель исследований в этой области состоит в том, чтобы добиться возможности предсказания фазового состава и основных особенностей микроструктуры после ИПД, если

известно состояние до ИПД и условия самого ИПД.

ИПД может вызвать образование или разложение пересыщенного твердого раствора, растворение фаз, разупорядочение упорядоченных фаз, аморфизацию кристаллических фаз, синтез низкотемпературных, высокотемпературных или аллотропных модификаций высокого давления и нанокристаллизацию в аморфной матрице. В некоторых случаях ИПД, проведенная при температуре окружающей среды, воздействует на материал таким образом, как если бы материал был деформирован (или отожжен) при определенной повышенной температуре Teff с последующим охлаждением или закалкой. Этот эффект дает в руки материаловедов и инженеров совершенно новый инструмент, который дополняет обычные механические и термические обработки. Это позволяет адаптировать

микроструктуру и свойства материалов.

Подход с эффективной температурой Teff выглядит очень перспективно. Этот метод позволяет использовать (хорошо известные) равновесные фазовые диаграммы для описания процессов ИПД, описываемых (неизвестными) неравновесными фазовыми диаграммами. В этом проекте мы планируем изучить один из простых случаев, а именно вызванную ИПД конкуренцию между выделением и растворением частиц в сплавах на основе Cu.

Предлагаемый проект призван ответить на следующие открытые вопросы: - Как состав, структура и морфология фаз после интенсивной пластической деформации (ИПД) зависят от фаз до ИПД при фиксированных условиях ИПД? - Как условия ИПД (полная деформация, скорость деформации, температура ИПД и т.д.) влияют на состав, структуру и морфологию фаз после ИПД?

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123021000013-3

Волны деформации в упругих соосных цилиндрических оболочках с дробной и комбинированной физической нелинейностью, образующих кольцевой канал, заполненный вязкой жидкостью

Проект посвящен построению и исследованию неклассических моделей нелинейной волновой динамики деформируемых систем. Задачей проекта является исследование процессов распространения нелинейных дисперсионных волн в стенках кольцевого канала, содержащего вязкую несжимаемую жидкость, образованного двумя соосными упругими цилиндрическими оболочками с дробной или дробно-квадратической физической нелинейностью. Исследование нелинейных волновых процессов в упругих телах является актуальной проблемой, в рамках которой можно выделить изучение поведения деформационных волн в упругих оболочках, выполненных из физически нелинейных материалов. Следует отметить, что новые материалы обладают особыми свойствами, обусловленными нелинейностью их механических свойств. Известны работы, в которых рассматривались оболочки с кубической и квадратической физической нелинейностью. По данным анализа литературных источников, влияние на волновой процесс в физически нелинейных упругих материалах, имеющих дробную нелинейность (Шамеля) или дробно-квадратическую нелинейность, вязкой жидкости,

заполняющей оболочки из таких материалов не изучалось. Сказанное выше обуславливает научную новизну заявляемого исследования. Учитывая широкий спектр использования цилиндрических оболочек – от проектирования несущих конструкций авиакосмических аппаратов, магистральных трубопроводов и различных строительных конструкций – до моделирования наносистем, видится актуальным и научно значимым проведение заявляемого исследования. Результаты проекта позволят выявить новые закономерности в процессе распространения нелинейных дисперсионных волн в оболочках, выполненных из новых материалов, содержащих вязкую несжимаемую жидкость, и послужат созданию фундаментального научного задела в области исследования новых эффектов при распространении волн в сплошных деформируемых средах, взаимодействующих через границы контакта. Исследование новых волновых эффектов позволит определять физические свойства и состояние тонкостенных конструкций, взаимодействующих с жидкостью, что определяет практическую важность заявленного проекта для развития методов неразрушающего контроля.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

2.6 Новые типы наружных антикоррозионных покрытий для снижения коррозионной опасности трубопроводов, повышения срока их службы и сокращения затрат на ремонт

2023

№ 123121500032-6

Защитное композиционное покрытие на алюминиевых сплавах, эксплуатируемых в морских условиях

Разработка способа защиты алюминиевых сплавов за счет формирования композиционного покрытия (КП) с использованием плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) и нанесения ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ) с термической обработкой – задача материаловедения, для решения которой требуется новый и эффективный подход. Ужесточение требований по экологической безопасности и сокращению объема выделяемых парниковых газов, а также оптимизация ресурсо- и энергопотребления в разных отраслях промышленности приводит к необходимости замены тяжелых стальных конструкций более легкими, т.е. выполненными из алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы находят все более широкое применение в морской технике как для строительства корпусов судов, так и для изготовления различного судового

оборудования, например, трубопроводов [1]. Однако применение алюминиевых сплавов в элементах морской техники, подвергающихся прямому контакту с морской водой или работающих в условиях морской атмосферы, требует разработки мер по улучшению антикоррозионных свойств [1]. В литературе представлено достаточно научных статей [2–7], посвященных исследованию влияния наносимого УПТФЭ в самом процессе формирования [2–4] и поверх ПЭО-покрытий [5–7] на алюминии и его сплавах. В частности, введение УПТФЭ приводит к снижению коэффициента трения [4, 5] и увеличению антикоррозионных и гидрофобных свойств [6, 7] композиционных слоев, создаваемых на базе ПЭО-слоя. Анализ литературы показывает, что применение фторполимера для модификации поверхности ПЭО-покрытия положительно влияет на защитные свойства обрабатываемых

алюминиевых изделий и может применяться для решения проблем морской коррозии и снижения биообрастания [8]. Однако отсутствует информация о результатах испытаний на атмосферную и морскую коррозию полимерсодержащих покрытий, формируемых на алюминиевых сплавах, востребованных в судостроительной отрасли и морском хозяйстве (АМг3, АМг5, АМг6 и т.д.). В этой связи, в данном проекте предполагается, что трехстадийная обработка поверхности (ПЭО, нанесение УПТФЭ, термообработка) алюминиевых изделий, в частности, выполненных из алюминиевого сплава АМг3, обеспечивает их долгосрочную защиту даже в тяжелых эксплуатационных условиях при воздействии как атмосферных осадков, так и морской воды. Однако получение высокобарьерных покрытий сопряжено с нерешенными на данный момент проблемами, связанные с установлением режима поляризации для получения развитой поверхности ПЭО-покрытия и получения оптимальной толщины полимерной пленки для сохранения целостности при эксплуатации в условиях ультрафиолетового излучения

и биообрастания. Новизна представляемого проекта заключается в понимании и нахождении оптимальных решений данных проблем, путем исследования особенностей формирования ПЭО-слоев на алюминиевом сплаве АМг3, а также установления закономерностей влияния условий подготовки и нанесения суспензии УПТФЭ на физико-химические свойства формируемых КП. Перспективными преимуществами нового способа предполагается запечатывание фторполимером дефектов ПЭО-слоя и значительное увеличение срока службы алюминиевых изделий, за счет нанесения на их поверхность УПТФЭ-слоя, являющегося инертным к агрессивной среде, снижающим биообрастание и наряду с высокой химической стойкостью, обладающим одним из самых низких коэффициентов трения, как следствие, значительно снижающим износ и механические повреждения поверхности обработанных изделий. Следовательно, формируемые композиционные слои можно рассматривать как перспективные материалы для применения в судостроительной отрасли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123051500101-9

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Актуальность исследований обусловлена решением проблем импортозамещения, стоящих перед отечественной промышленностью, где огромную роль играет применение передовых технологий и разработка инноваций. Проводимые исследования объединяют совместными задачами науку, технику, производство, потребление, применение интеллектуальных ресурсов, создание высокотехнологичных производств, финансовую систему и приоритеты экономики. Фронтирные инженерные задачи в интересах высокотехнологичной нефтегазовой промышленности с обеспечением импортозамещения: 1. Создание новых материалов для сложных климатических условий зон Крайнего севера и Арктики (комплекс материалов и технологий рентабельной добычи). Разработка групп мероприятий для создания технологического суверенитета, замещение хладостойких сталей, в том числе нержавеющей с применением композиционных материалов. 2. Создание решений фронтирных задач (передовые цифровые и производственные технологии, новые материалы) в области развития строительной инфраструктуры в районах многолетних мерзлых грунтов, в том числе с применением композиционных материалов. 3. Проработка новой нормативной технической документации для внедрения и применения разработанных продуктов и решений. 4. Развитие кросс-отраслевого применения материалов в рамках решения задач по импортозамещению. 5. Разработка интеллектуальных систем предиктивной аналитики разрушения оборудования, работающего на объектах нефтегазовой инфраструктуры в экстремальных регионах. 6. Создание технологий, конструкций и материалов для обустройства нефтегазовой инфраструктуры в районах многолетних мерзлых грунтов. 7. Создание современных цифровых моделей эксплуатационных процессов (коррозионных, металлургических, трибологических и так далее) для оценки применимости материалов в рамках фронтирных задач. 8. Разработка и испытания перспективных импортозамещающих материалов для очистки и осушки газов. В проекте будут разработаны новые перспективные подходы к созданию полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе позволяющие оценить их применимость в нефтегазовой отрасли, оценить текущее качество отечественной продукции из композиционных материалов; сформировать базу данных о поведении композиционных материалов в различных агрессивных воздействиях (коррозия, низкие температуры, эрозионное воздействие); ускорить процедуру исследований и выбрать минимальный и достаточный объем испытаний;

регламентировать / сформировать процедуру механических испытаний. Большинство новых месторождений газа (93%) и нефти (70%) располагаются на Крайнем Севере и в зоне многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Обустройство месторождений отличается высокими капитальными (CAPEX), операционными затратами (OPEX) и высокой совокупной стоимостью владения (TCO). Отрасли требуются легкие, коррозионностойкие решения из ПКМ, но на данный момент минимальный опыт эксплуатации и отсутствие экспериментальной базы ограничивает применения изделий из ПКМ. Разработка методик в проекте позволит оценить стойкость композиционных материалов в широком диапазоне температур, давлений и агрессивных сред (растворы солей, газонасыщенные сероводородом, углекислым газом и проч.) Результаты, которые будут получены при испытании материалов, позволят составить объемную испытательную базу и могут быть применимы в других технических отраслях. Выполненный комплекс исследований по методикам позволит сформировать систему стандартизации для нефтегазовых компаний, объединяющую в себе информацию из отечественных и зарубежных стандартов, дополненную практическими данными лабораторных испытаний. Результаты проекта: 1.1 Разработана методика испытаний ПКМ, включающая в себя комплексное исследование материалов, состоящее из автоклавных испытаний, климатических испытаний, оценки механических воздействий на композиты, а также исследований в агрессивных средах, имитирующих эксплуатационное воздействие и гидроабразивных испытаний. 1.2 Разработаны новые расчетно-экспериментальные методики создания высокоэффективных ПКМ. 1.3 Разработаны подходы к оценке циклической прочности композиционных конструкций сложной формы, в том числе для исследования механического поведения крупногабаритных изделий из ПКМ. 1.4 Созданы опытные образцы конструкций (композитные сваи, модульное оборудование, трубопроводы, запорная арматура, крепежи для элементов, емкости под давлением) для обустройства нефтегазового месторождения на Крайнем Севере. 1.5 Методика утилизации и переработки полимерных ПКМ. 2.1 Проведен анализ ПКМ и анализ их преимуществ по отношению к металлическим материалам; проведен анализ химически стойких и огнестойких покрытий. Проведен анализ работоспособности конструкций из ПКМ в условиях Крайнего Севера (работоспособность при экстремально отрицательных температурах, переходах через 0 градусов и влагопоглощения). Выполнен патентный поиск национальных и зарубежных

технологий создания конструкций из ПКМ; предложен ряд предэскизных проектов строительных конструкций из ПКМ (п. 1.4). Проанализированы международный и национальный

рынки в части производителей элементов строительных конструкций из полимерных композиционных материалов, а также исходных компонентов ПКМ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

2.7 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ГАЗОПРОВОДОВ

2021

№ 121080400139-5

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ СНАРЯД ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Диагностика газопроводов осуществляется внутритрубными снарядами, приводимыми в движение перекачиваемым газом. Необходимым условием диагностики является постоянство скорости снарядов. При наличии неоднородностей, движение становится неравномерным. Для обеспечения движения снаряда с постоянной скоростью необходимо, чтобы давление в трубопроводе было не менее 30 атм. В трубопроводах для попутного нефтяного газа давление, обычно, не превышает 10-20 атм. В России существует несколько тысяч километров газопроводов низкого давления предназначенных для транспортировки

попутного нефтяного газа от нефтяных скважин до пунктов сбора и переработки. Поэтому актуальной является проблема диагностики состояния трубопроводов низкого давления. В рамках настоящего проекта предлагается разработать концепцию нового диагностического снаряда для трубопроводов попутного нефтяного газа низкого давления. В процессе математического моделирования планируется оценить эффективность контроля скорости движения снаряда за счет управления перепадом давления на снаряде, уменьшения взаимодействия снаряда со стопорами и бесконтактного торможения на стадии разгона.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2.8 ЦИФРОВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ РЫНОЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОСТАВЩИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

2021

№ 121122600029-4

РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ТРЕХОСЕВОГО ДАТЧИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В соответствии с Федеральным законом от 27.12.2018 г. № 522-ФЗ, с 1 июля 2020 года потребители освобождены от ответственности за свои приборы учёта, замену проводят гарантирующие поставщики и сетевые организации, либо ставит застройщик. По постановлению Правительства РФ от 19 июня 2020 г. № 890 интеллектуальный прибор учёта электроэнергии должен обеспечивать контроль наличия внешнего переменного и постоянного магнитного поля, фиксацию воздействия с указанием и записью даты и времени и визуализацией индикации. Интегральный 3х-осевой датчик магнитного поля устанавливается в

интеллектуальный прибор учёта электроэнергии и служит в качестве компонента антивандальной защиты. Датчик предназначен для измерений величины индукции магнитного поля, преобразования сигнала в цифровой код и передачи в интеллектуальную систему учёта электроэнергии. Датчик изготавливается по интегральной технологии, конструкция датчика включает чувствительные элементы Холла для осей X, Y и Z, схему оцифровки сигнала, схему термокомпенсации и цифровой интерфейс. Производство датчика планируется на отечественном предприятии.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИДМ-ПЛЮС»

3. Угольная отрасль

3.1 Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве

2021

№ АААА-А21-121012290021-1

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИМИ КОМПЛЕКСАМИ БЕЗ ПОСТОЯННОГО ПРИСУТСТВИЯ ЛЮДЕЙ В ЗОНАХ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ, СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ИХ РЕСУРСА И ОБОСНОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

Объектами исследования являются месторождения угля, в том числе с трудноизвлекаемыми запасами и сложными горно-геологическими условиями, методы оценки их запасов, а также технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, технологии первичной переработки угля, роботизированные горнодобывающие комплексы и методы оценки их технического состояния и диагностики ресурса. Основная цель исследования: развитие научных основ обоснования технологий освоения в различных горно-геологических условиях запасов месторождений угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ. Основные задачи исследования: обосновать эффективные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ; обосновать научно-аналитическое, нормативно-методическое и правовое обеспечение воспроизводства минерально-сырьевой базы с учётом горно-геологических, горнотехнических, горно-технологических условий и физико-химических свойств угля; обосновать конструктивные решения узлов, агрегатов и систем управления роботизированных горнодобывающих комплексов с применением цифрового моделирования, а

также методы оценки технического состояния и диагностики их ресурса. Для решения задач будет использован комплексный подход, основанный на методах натурных экспериментальных исследований, имитационного и математического моделирования основных процессов геотехнологии, методы оценки технического состояния и диагностики ресурса горношахтного оборудования, новые подходы к оценке неопределённости горно-геологической информации, достоверности горно-геометрических моделей месторождения, к учёту изменения состояния угля от нативного (пластового) до техногенно-измененного. Проект соответствует Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года, Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, Закону РФ «О недрах», Национальному проекту «Наука», Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 - 2030 годы), государственной программе Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации»

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2022

№ 122112900002-4

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА МОНИТОРИНГА ФУГИТИВНЫХ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ИХ СОКРАЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧИСТЫХ УГОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Актуальной проблемой для научно-технического решения в рамках комплексной программы, является увеличение объемов добычи угля, сопровождаемое переходом к отработке угольных пластов, залегающих на более глубоких горизонтах с высокой газоносностью. Для обеспечения безопасного извлечения угля в этих условиях необходимо совершенствование методов и средств мониторинга шахтного метана. Задачей комплексной программы, направленной на решение научно-технических и социально-экономических задач угледобывающего субъекта Российской Федерации, является: организация в установленном порядке мониторинга выбросов парниковых газов и оценка их сокращения в результате реализации планируемых технических и технологических мероприятий на долгосрочную перспективу.

Ожидается, что при выполнении проекта будет: - создана структура цифровой платформы мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов, обеспечивающая эффективную обработку запросов на анализ исходных данных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий в интерактивном режиме; - разработаны алгоритмы восстановления значений временных рядов объемов добычи угля подземным и открытым способами, метанообильности угольных шахт, объемов обогащения и транспортировки угля; - получена и апробирована методика расчета чувствительности фугитивных выбросов к переменным модели (объемы добычи угля, газообильность угольных пластов, объемы переработки угля и его транспортировки).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

3.2 Интеллектуальные технологии обеспечения безопасного ведения горных работ

2022

№ 122030100425-6

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ, ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ И АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В настоящее время в горной промышленности присутствует тренд на увеличение интенсивности ведения горных работ, расширение шахтных полей и освоение всё более глубоких

залежей полезных ископаемых. В этой ситуации шахты и рудники становятся всё более сложными горнотехническими системами, в которых протекает множество взаимосвязанных

природных и технологических процессов. Анализ таких систем становится невозможен без комплексного рассмотрения различных связанных между собой физических процессов, проведения компьютерного моделирования протекания этих процессов в горнотехнических системах в различных штатных и аварийных ситуациях. На решение именно таких задач направлен коллектив молодежной лаборатории «Математического моделирования горнотехнических процессов». Актуальность проведения таких исследований

обусловлена необходимостью обеспечения безопасного и энергоэффективного ведения горных работ в сложных геологических и горногеологических условиях. Безопасность и энергоэффективность процессов горного производства становятся достижимы при комплексном анализе состояния исследуемых объектов с использованием синтеза различных научных направлений: аэрологии, геомеханики, геофизики и т.д.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062100070-9

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «АЛЗАМИР-Контакт» для сбора, обработки и анализа данных, получаемых с многофункциональной системы безопасности горнодобывающих и горно-обогащительных предприятий, с функцией передачи данных в территориальный орган государственного надзора (Ростехнадзор) и должностным лицам опасного производственного объекта

Разрабатываемый комплекс программного обеспечения «АЛЗАМИР-Контакт» предназначен для повышения безопасности ведения горных работ и контроля требований промышленной безопасности на всех этапах ведения добычи и обогащения угля. Комплекс программного обеспечения будет являться универсальным средством сбора, обработки и анализа данных с систем безопасности опасных производственных объектов. В рамках НИОКТР для реализации проекта будут разработаны универсальные

протоколы, позволяющие оперативно и достоверно получать информацию со всех систем МФСБ Российского и зарубежного производства. Данный комплекс позволит контролировать безопасность ведения работ при добыче и обогащении угля и при нарушении требований промышленной безопасности уведомит об этом ответственных лиц предприятия и Ростехнадзора и позволит контролировать их устранение на за счет протоколирования всех действий и сопоставления с данными МФСБ.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «АЛЗАМИР»

3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана

2021

№ 121081600044-7

ОТРАБОТКА МЕТАНОНАСЫЩЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ, СКЛОННЫХ К ГОРНЫМ УДАРАМ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Экспансия промышленной отработки месторождений полезных ископаемых во всем мире приводит к ежегодному углублению выработок на несколько метров в год. С увеличением глубины горизонтов отработки месторождений значительно усугубляются горнотехнические условия и возрастают риски аварийных ситуаций с летальными исходами. Усугубляются условия в основном из-за того, что усиливается совместное действие механических и газодинамических связанных явлений. При этом скорости продвижения забоев современных комплексов механизированной очистки угольных месторождений существенно ограничены сверху по «газовому фактору». Обусловлено это тем, что газ в угле находится в связанном состоянии, а угольные пласты обладают крайне низкой проницаемостью, что существенно снижает эффективность комплекса мероприятий по заблаговременной и предварительной дегазации угольных пластов. Данные

ограничения снижают экономическую эффективность и энергоэффективность отработки метанонасыщенных угольных пластов, склонных к внезапным выбросам газа, а индуцированные аварии зачастую становятся причиной летальных исходов. Инженерный персонал сталкивается с этой проблемой на добычных участках всех стран - мировых лидеров по добыче угля. Таким образом, решение данной проблемы является актуальным для повышения экономической эффективности и энергоэффективности, а также снижения смертности на тонну добытого угля. Одним из путей решения данной проблемы является искусственное повышение трещиноватости горного массива, благоприятно влияющего на редуцирование горного давления и генерацию сети трещин, обеспечивающей наличие каналов эффективной миграции флюида.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011400319-4

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ УКРЕПЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

На сегодняшний день угольная промышленность России обладает значительными разведанными запасами угля, возможностями для их эффективного извлечения и дальнейшего использования с целью стабильного обеспечения внутристрановых потребностей в угольной продукции и развития экспорта. По итогам структурных преобразований в топливно-энергетическом комплексе РФ, отрасль одной из первых была успешно адаптирована к условиям рынка. Но есть ряд масштабных вызовов, которые оказывают существенное влияние на развитие угольной

промышленности России, а именно: нестабильность конъюнктуры угольных рынков в мире, растущая конкуренция на мировых угольных рынках, потенциальная возможность снижения объемов потребления угля в мире по экологическим и климатическим соображениям, переходом отдельных стран на низкоуглеродные стратегии развития, рост доли возобновляемых источников энергии и природного газа в энергобалансах развитых и развивающихся стран и др. Данный научный проект направлен на поиск путей повышения конкурентоспособности угольной отрасли и

поиск комплексного решения для повышения экономической эффективности угольной промышленности как условие укрепления энергетической безопасности России. В работе также будет предложено решение по снижению

экологической нагрузки при утилизации попутного метана и дано обоснование с точки зрения обеспечения энергетической безопасности России целесообразности применения метода заблаговременной дегазации угольных пластов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

2022

№ 122062700053-6

ПРОВЕДЕНИЕ ШАХТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СКВАЖИНАМИ С ПОВЕРХНОСТИ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ШАХТЫ ИМ. С.М. КИРОВА

С ухудшением горно-геологических условий с углублением горных работ, а также в зонах горно-геологических нарушений, для поддержания безопасных условий отработки и выполнения плановых показателей производительности очистных забоев возрастает роль дегазации угольных пластов. При таких глубинах традиционные методы дегазации имеют низкую эффективность в силу низкой проницаемости пластов и ряда других причин. Для обеспечения безопасных по газовому фактору условий разработки угольных пластов на шахте им. С.М. Кирова объемы воздуха на проветривание и дегазацию, а соответственно, и затраты на эти процессы

ежегодно увеличиваются. Так за последние пять лет объем подаваемого в шахту воздуха на проветривание выработок только по пласту Болдыревский вырос на 35 %, расход воздуха на дегазацию за этот же период вырос на 57 %. Объем бурения дегазационных скважин различного назначения по шахте им. С.М. Кирова достигает ежегодно 250-260 км, только пластовые дегазационные скважины бурятся через каждые 20-24 м с обеих сторон выемочного столба. Совершенствование методов и выработка эффективных параметров дегазации является крайне актуальной задачей

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 122071900006-2

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МЕТАНА КУЗБАССА В ПОЛЕЗНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ УЧИТЫВАЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИХ СОСТАВА

Актуальность. Процессы добычи угля сопровождаются высвобождением газа, который содержится в угольном пласте и окружающих породах. Содержание метана в угольном газе колеблется от 1 до 98%. Ежегодно шахты Кузбасса выбрасывают в атмосферу ~1 млрд м³ метана. Угольный метан может быть использован для получения электрической и тепловой энергии, моторного топлива и химических продуктов, однако в настоящее время лишь незначительная его часть (менее 3%) применяется для местного газоснабжения. Выбросы метана в атмосферу приводят к усилению парникового эффекта и разрушению озонового слоя Земли. Как парниковый газ метан имеет высокую степень воздействия на изменение климата. Его прямой радиационный эффект в 26 раз выше по сравнению с углекислым газом. Кроме загрязняющего воздействия на окружающую среду, выделение метана в атмосферу является одним из сдерживающих факторов увеличения добычи угля. Огромные запасы метана угольных пластов Кузнецкого бассейна (~13 трлн. м³), высокий потенциал воздействия на глобальное потепление, а также коммерческая ценность метана обуславливают актуальность разработок инновационных технологий по его попутному извлечению и рациональному использованию. Сокращение выбросов метана в атмосферу и его утилизация снизит антропогенное воздействие на климат, повысит энергоэффективность использования топливно-энергетических ресурсов и позволит создать новое современное направление в угольной отрасли. Перспективным направлением глубокой переработки угольного метана является его конверсия в полезные химические продукты, что находится в соответствии с национальной стратегией снижения выбросов парниковых газов и декарбонизации экономики. Целью проекта является разработка научных основ и технологий комплексной переработки угольного метана Кузбасса в

полезные химические продукты учитывая концентрационные особенности их состава. В основе процесса переработки угольного метана предлагается каталитический три-риформинг метана – процесс, сочетающий паровой риформинг метана, сухой риформинг метана и парциальное окисление метана. Его можно рассматривать как метод снижения выбросов CO₂, а также как процесс производства синтез-газа из метановоздушной смеси переменного состава. Для учета концентрационных особенностей угольного метана при его конверсии в полезные продукты будет проведен термодинамический анализ процесса три-риформинга метана (CH₄+O₂+CO₂+H₂O) и его составляющих реакций – паровой риформинг (CH₄+H₂O), сухой риформинг (CH₄+CO₂), парциальное окисление (CH₄+O₂), автотермический риформинг (CH₄+O₂+H₂O), парогликилатный риформинг (CH₄+CO₂+H₂O) метана, что позволит установить области безопасной конверсии угольного метана и оптимизировать условия его химической переработки. Впервые будет выявлен равновесный состав продуктов конверсии различных видов угольного метана в процессе три-риформинга в зависимости от их концентрационных особенностей. Для комплексной переработки угольного метана методом каталитического три-риформинга в рамках проекта будут созданы новые высокоактивные и стабильные дезактивации каталитические системы. В сотрудничестве с угольной компанией будет создана малогабаритная пилотная установка для испытаний процесса на реальных составах дегазационного метана. Реализация проекта заложит основу для новой технологии комплексной переработки угольного метана в полезные химические продукты с учетом концентрационных особенностей их состава. Цель: разработка технологии комплексной переработки дегазационного угольного метана (СММ) – С > 25-60% в полезные химические продукты.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122040800010-6

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ УКРЕПЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Уголь остается вторым по значимости видом топлива в мире, при этом является номером один по количеству выделяемого углекислого газа в атмосферу. В последние два десятилетия добыча и экспорт этого вида топлива в нашей стране стабильно росли, т.к. угольная промышленность России обладает значительными разведанными запасами угля, возможностями для их эффективного извлечения и дальнейшего использования с целью стабильного обеспечения национальных потребностей и развития экспорта. При этом необходимо отметить некоторые условия, ощутимо влияющие на дальнейшее развитие угольной промышленности РФ: нестабильность конъюнктуры угольных рынков в мире, растущая конкуренция на мировых угольных рынках, потенциальная возможность снижения

объемов потребления угля в мире по экологическим и климатическим соображениям, переходом отдельных стран на низкоуглеродные стратегии развития, рост доли возобновляемых источников энергии и природного газа в энергобалансах развитых и развивающихся стран и др. Данный научный проект направлен на поиск путей повышения конкурентоспособности угольной отрасли и поиск комплексного решения для повышения экономической эффективности угольной промышленности как условие укрепления энергетической безопасности России. В работе также будет предложено комплексное решение вопроса заблаговременного снижения риска взрывов голубого топлива на угольных шахтах с одновременной добычей угольного метана.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

2023

№ 123040600066-4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОСТАДИЙНОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ИХ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКИ НА ШАХТАХ АО «СУЭК-КУЗБАСС»

С ухудшением горно-геологических условий с углублением горных работ, а также в зонах горно-геологических нарушений, для поддержания безопасных условий отработки и выполнения плановых показателей производительности очистных забоев возрастает роль дегазации угольных пластов. При таких глубинах традиционные методы дегазации имеют низкую эффективность в силу низкой проницаемости пластов и ряда других причин. Совершенствование методов дегазации и выработка эффективных параметров технологии

является крайне актуальной задачей. Основанием для разработки технических решений и выработки параметров служит непрерывные исследования оценки эффективности дегазации, в том числе на основе сравнительного анализа зон с различными параметрами скважин. В настоящее время новой вехой в работе по дегазации является освоения скважин с ГРП с использованием глубинных насосов, требующей научно-методическое сопровождение

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 123051600025-7

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СБРОСНЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проект направлен на исследование возможности утилизации свалочного и шахтного газов для производства электрической и тепловой энергии с использованием технологий на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). В рамках проекта будут разработаны новые материалы, каталитически активные в процессах окисления углерода и серы, и новые подходы к изготовлению анодов ТОТЭ. Для уточнения особенностей работы ТОТЭ на различных газовых смесях, будут выполнены модельные эксперименты. Будет проведено термодинамическое моделирование ТОТЭ в режимах утилизации сбросных газов, содержащих различные

концентрации метана и H₂S, определены области безопасной эксплуатации батареи ТОТЭ. Будут выполнены оценки валового и технического потенциала шахтного метана для производства электрической и тепловой энергии с использованием ТОТЭ, а также проанализированы различные схемы гибридных энергоустановок. Будет выполнено картографирование технического потенциала использования современных технологий генерации тепловой и электрической энергии на основе шахтного и свалочного газов с учетом различного содержания метана в этих топливах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

3.4 ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ И ДРУГИХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ В ПРОДУКТЫ ТОПЛИВНОГО И НЕТОПЛИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ВЫСОКОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ2021

№ 121031500194-5

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ, И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШИРОКОГО КЛАССА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЗНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цели проекта: – разработка научных основ и методов получения новых классов углеродных материалов, в том числе сорбентов, с определенными целевыми

характеристиками для очистки шахтовых вод, сточных вод горнорудной промышленности, сточных вод от пестицидов и гербицидов, от тяжелых металлов, от нефтепродуктов, а

также для извлечения цветных и благородных металлов, редкоземельных элементов; – создание научных основ технологии получения функционализированных сорбентов (сульфо-кислотных катионитов) из некоксуемого каменного угля: исследование реакций сульфирования в каменном угле; изучение кинетики ионообменных процессов, определение емкости, селективности и устойчивости катионитов из функционализированных каменных углей ранней стадии метаморфизма; – выявление закономерностей изменения состава органических продуктов термогидролиза бурогоугольного гумусового, сапропелитового и горючесланцевого сырья, в зависимости от вещественно-петрографического состава и степени литогенетической зрелости органической массы; – развитие новых направлений глубокой переработки низкосортных углей с получением жидких топливных фракций и углеводородного сырья для химической промышленности. Актуальность проблемы, предлагаемой к решению Российской Федерацией занимает шестое место в мире по масштабам добычи угля, 2/3 которого применяются для получения энергии и тепла, 1/3 – в химической промышленности, малую часть транспортируют в Японию и Южную Корею. По данным Росстата добыча угля в Российской Федерации в 2019 году составила 439,2 млн тонн. Ископаемые угли являются одним из основных сырьевых источников получения молекулярных адсорбентов, например, активированных углей. Потребность в активированных углях связана с их применением в процессах подготовки питьевой воды, в очистке воздуха, газов, очистке шахтных и промышленных сточных вод от фенолов, пиридиновых оснований, нефтепродуктов, соединений тяжелых металлов, сорбционной емкостью по соединениям золота. Активированные угли также применяются в виноделии, медицинской и химической промышленности. В 2019 году в России было произведено 10 713,5 тонн активированных углей, объем спроса в активированном угле превышает объем предложения на российском рынке [1]. Основными потребителями функционализированных сорбентов, полученных из углей ранней стадии метаморфизма, в частности сульфоуглей (сульфо-катионитов на основе сульфированного угля), являются РАО ЕЭС России, Минсельхоз, Минхим, Миннефтехим, коммунально-бытовые предприятия. Ежегодное потребление сульфоуглей в России составляет 15 тыс. т. Сульфоугли являются ценным продуктом, имеют более низкую цену в сравнении с синтетическими катионитами, широко применяются в энергетике для водоочистки, для получения деминерализованной воды. В России единственным крупным производителем сульфоуглей был завод в Воскресенске, закончивший производство в 2011 году. В настоящее время функционализированные сорбенты в РФ производятся предприятиями ЗАО «Экспериментальный Химический Завод» (Великий Новгород), Научно - Производственное Предприятие «Экофрешкарбон» (Зеленодольск, Респ. Татарстан). Цена сульфоугля марки СК, соответствующего ГОСТ 5696-74, производитель – РФ, составляет от 37 до 48 рублей за кг (без НДС), 69,7 рублей (с НДС). Производитель Китай – \$1,65. Цена активированных углей: АКВА-Сорб-60 рублей, АГ-3-80 рублей, БАУ-А-85 рублей (без НДС). Технологический процесс получения сульфоуглей очень сложен и требует специального оборудования и организации. Сульфоугли получают

при сульфировании каменных углей [2,3]. Ионогенные сульфогруппы могут быть введены только в ароматические кольца, содержащиеся в угле. Анализ работ [4-8] по получению сульфокатионитов сульфированием каменных углей свидетельствует о том, что реакция сульфирования осуществляется в присутствии концентрированной серной кислоты или 20-25% олеума, требует жестких условий проведения процессов. Полученные таким образом сульфокатиониты имеют примеси сульфоновых мостиков, низкую ионообменную емкость и селективность по катионам металлов. Плохая химическая и механическая устойчивость сульфоуглей приводит к загрязнению фильтрата, и они не применяются для получения высокодеминерализованной воды (апиригенной воды в медицине, воды для котлов высокого давления в энергетике). Глубокая термохимическая, в том числе термогидролитическая, переработка гумусового, сапропелитового угля и горючих сланцев позволяет получать продукты основного органического синтеза. В настоящей работе будут выполнены экспериментальные исследования процесса термогидролиза образцов углей [9] следующих месторождений: итатского, (Кемеровская область); мунайского (Алтайский край); багануурского (Монголия); архаро-богучанского (Амурская область); кангаласского (Республика Саха (Якутия)), а также пиролиза барзасского угля (Кемеровская область). Научная значимость и новизна исследования состоит в том, что проект направлен на решение актуальной научной задачи по изучению термодинамики, кинетики химических превращений в бурых и каменных углях, на изучение взаимосвязи окислительно-гидролитических превращений бурогоугольного органического вещества и его петрографического состава, степени литогенетической зрелости. В результате выполнения проекта будут разработаны физико-химические основы технологии глубокой химической переработки угля. Будут определены режимы получения углеродных сорбентов и сульфокислотных катионитов из витринитов каменных углей ранней стадии метаморфизма. 1. Рынок активированного угля в России. Текущая ситуация и прогноз 2020-2024 гг. <https://alto-group.ru/otchet/rossija/326-rynok-aktivirovannogo-uglya-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html>. 2. Бондаренко М.В. Попов А.Е. Способ получения сульфоугля. Патент РФ 2010000. 30.03.1994. 3. Степанов С.Г., Морозов А.Б., Иванов И.П., Судакова И.Г. Способ получения сульфоугля. Патент РФ 2 213 693. 22.11.2002. 4. Yu H., Niu S., Lu C., Li J., Yang Y. Sulfonated coal-based solid acid synthesis // Fuel. -2017. -V. 208. P. 101-110. 5. Hara M., Yoshida T., Takagaki A., Takata T., Kondo J.N., Hayashi S., et al. A carbon material as a strong protonic acid // Angew Chem Int Ed. -2004. -V. 43. P. 2955-2958. 6. Mo X., Lopez D.E., Suwannakarn K., Liu Y., Lotero E., Goodwin J.G., et al. Activation and deactivation characteristics of sulfonated carbon catalysts // J Catal. -2008. -V. 254. P. 332-338. 7. Geng L., Yu G., Wang Y., Zhu Y. Ph-SO₃H-modified mesoporous carbon as an efficient catalyst for the esterification of oleic acid // Appl Catal A Gen. -2012. -V. 427-428. -P. 137-144. 8. Fu Z., Wan H., Hu X., Cui Q., Guan G. Preparation and catalytic performance of a carbon-based solid acid catalyst with high specific surface area // Reac Kinet Mech Catal. -2012. -V. 107. P. 203-213. 9. Федорова Н.И., Хицова Л.М., Исмагилов З.Р. Термоустойчивость бурых углей различных месторождений России и Монголии // Химия в интересах устойчивого развития. 2019. Т. 27. С. 667-674.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121031500511-0

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ УГЛУБЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ И ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Реализация проекта проводится за период 2021-2023 гг. Проектом предусмотрено, с одной стороны, исследование состава, свойств, технологий переработки и обогащения углей, а также вскрышных пород угледобычи в целях обеспечения комплексного использования сырья, с другой стороны -

мышьяксодержащих отходов кобальтового производства с получением товарной продукции. Исследование возможностей обогащения, влияния предварительной активации и физико-химического модифицирования углей Улуг-Хемского бассейна на состав и свойства продуктов

переработки угля. Выявление особенностей физико-химических характеристик углей методами петрографии, ТГА, ДТА, ЭПР-, КР-спектроскопии. Определение фундаментальных взаимосвязей между петрографическим составом и параметрами геохимии органического и неорганического вещества углей. Исследование технологических процессов углубленной переработки вскрышных пород угледобычи и отходов кобальтового производства в товарные продукты. Комплексная переработка угольного ископаемого, базирующаяся на глубоком обогащении горной массы, предварительной активации угля методами механохимического воздействия, селективной химической обработки, а также сверхкритической экстракции, может обеспечить существенное улучшение технико-экономических и экологических показателей в процессах его высокотемпературной переработки. В этой связи актуально исследование влияния специальных зольных добавок к низкзолным концентратам угля. Повышение качества коксующегося угля на современном этапе возможно только с применением методов обогащения углей. [О.И. Усольцева, Ю.В. Передерин, Р.И. Крайденко. Обогащение углей: современное состояние технологий. 2017, № 3. - С.131-136. Плановое изучение Улуг-Хемского бассейна (УХБ), начавшееся в середине прошлого столетия, велось с различных позиций: геологическое строение, стратиграфия, петрография, технологические свойства. Но в ранних исследованиях углей не могли быть использованы современные методы количественного и качественного анализа. Петрографический состав углей (один из основных классификационных параметров) определяется ботанической принадлежностью растений-углеобразователей и условиями их разложения

в торфянике, а последнее есть следствие фациальных, климатических и геотектонических факторов угленакопления. Изучение углеводородов-биомаркеров позволяет получить важную геохимическую информацию об условиях накопления ОВ, стадии термического преобразования, типе исходного ОВ. Анализ опубликованных данных ЭПР-спектров по углям Кузбасса [Хабибулина Е.Р. Изучение углей Кузбасса различных стадий метаморфизма методом ЭПР-спектроскопии // Материалы Ежегодной конференции молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН «Развитие – 2018» Кемерово, 10-12 апреля 2018 г, с. 134-141] показал, что величина g-фактора зависит от петрографического состава углей и отражательной способности витринита. Геохимия неорганического вещества (НОВ) в тувинских углях относится к слабоизученной области знания, описанной по данным полуквантитативной спектроскопии в период геологоразведочных работ до 1993 г. Выявление фундаментальных взаимосвязей между петрографическим составом углей и параметрами геохимии ОВ и НОВ может использоваться для прогноза качества углей УХБ, а также свойств получаемых из них продуктов углубленной переработки. Вскрышные породы угледобычи относятся к крупнотоннажным отходам промышленности, но перерабатывается их не более 10 % общего объема. Исследования технологий получения керамических, теплоизоляционных и композиционных материалов на основе вскрышных пород угледобычи в Республике Тыва, начатые нами в 2017 г., актуальны и требуют их дальнейшего развития. Актуальна проблема утилизации мышьяк-содержащих отходов бывшего комбината «Тувакобальт» как техногенного сырья для извлечения металлов и других ценных компонентов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ТУВИНСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121033100144-8

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ, И МОРФОЛОГИИ УГЛЯ И ПРОДУКТОВ УГЛЕХИМИИ

Разработка научных основ современных инструментальных физико-химических методов исследования углей и продуктов их переработки с целью получения новых сведений о химическом составе, структурной организации макромолекул, её отдельных фрагментов, их количественном соотношении, типе и степени конденсации, ароматичности, замещенности различными функциональными группами и алкильными цепями, природе и характере распределения гетеро-атомов. Задачи - систематические исследования морфологии поверхности и пористой структуры углей ряда метаморфизма, продуктов коксования и углеродных сорбентов методами сканирующей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции азота; - систематические исследования качественного и количественного химического состава органической массы углей и продуктов углехимии, функционально-группового состава и количественном соотношении функциональных групп методами ИК, ЯМР и ЭПР спектроскопии; - систематические исследования степени упорядоченности молекулярной структуры и фазового состава углей и продуктов коксования методом рентгеновской дифрактометрии; - систематические исследования динамики изменений и превращений в углях и углеродных продуктах, полученных на их основе при термическом воздействии в окислительной и восстановительной средах методами термического анализа, рентгеновской дифракции и хромато-масс-спектрометрии; - систематические исследования химического и фазового состава минеральной компоненты углей, химического и фазового состава золы, в том числе определение содержания редкоземельных, токсичных и драгоценных элементов методами оптико-эмиссионной спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии; - разработка рекомендаций по использованию вновь полученных результатов комплекса методов анализа для обоснованного выбора углей, оптимизации процессов переработки с

достижением высокого выхода жидких продуктов заданного фракционного, химического группового и структурно-группового состава; для разработки новых и модернизации существующих технологий переработки для получения ряда углеродных продуктов и материалов с заданными физико-химическими свойствами, таких как коксы, углеродные сорбенты, углеродные нановолокна, оксид графена. В настоящее время в Кузбассе интенсивно ведутся научно-исследовательские работы в области глубокой экологически чистой, безотходной переработки углей и других твердых горючих ископаемых, как для энергетики, так и для получения ценных химических продуктов. При этом огромное внимание уделяется проблемам экологии, связанным с добычей угля и его переработкой. Ископаемый уголь представляет собой сложную дисперсную систему, включающую в себя три взаимосвязанные макросоставляющие: органическую массу, влагу и минеральные компоненты. Они характеризуют марочный состав и определяют пути рационального использования углей. Минеральная часть ископаемых углей влияет практически на все показатели, характеризующие уголь как энергетическое топливо. Очевидно влияние минеральной части на шлакование при нагреве, эрозионный износ, на состав и теплоту сгорания массы угля, выход и состав летучих веществ. Научная разработка и создание комплексных «чистых» технологий глубокой переработки углей с получением широкого набора химической продукции с высокой добавленной стоимостью возможны только при наличии подробных сведений о химическом составе углей, структурной организации угольной макромолекулы, её отдельных фрагментов, их количественном соотношении, типе и степени конденсации, ароматичности, замещенности различными функциональными группами и алкильными цепями, природе и характере распределения гетеро-атомов. Наличие этих сведений позволит установить взаимосвязь

химического состава угля с его реакционной способностью, оптимизировать процессы его переработки с достижением высокого выхода жидких продуктов заданного фракционного, химического группового и структурно-группового состава, а также разработать новые и модернизировать существующие технологии для получения целого ряда углеродных продуктов и материалов с заданными физико-химическими свойствами, таких как углеродные нановолокна, оксид графена, углеродные сорбенты и др.; позволит научно обосновать выбор угля и определить области его рационального применения. Таким образом, можно констатировать, что актуальным и крайне необходимым является использование, развитие и внедрение современных физико-химических методов для исследования химического состава, структуры, морфологии и физико-химических свойств углей и продуктов углехимии, с привлечением для решения этих задач широкого спектра современного научно-исследовательского оборудования. В Кузбассе функционирует и развивается единственный по оснащенности современным дорогостоящим оборудованием на весь регион ЦКП ФИЦ УУХ СО РАН - «Научно-аналитический центр исследования химического состава и структуры углеродистых веществ», на приборной базе которого методами ИК-, ЯМР-спектроскопии проводится изучение функционально-группового состава и структурной организации макромолекулы углей; методом рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа в комплексе с методом спектроскопии комбинационного рассеяния изучается степень упорядоченности и фазовый состав; методами аналитической сканирующей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции азота изучается надмолекулярная структура углей; методом синхронного термического анализа, включающего термогравиметрию, дифференциальный термический анализ и дифференциальную сканирующую калориметрию, исследуется фазовый состав, процессы термодеструкции, окисления и восстановления при нагреве; методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией проводится исследование компонентного состава продуктов ожигания угля, фракций каменноугольной смолы, а также восков и гуминовых кислот, экстрагируемых из углей. Ряд показателей, таких, как степень ароматичности углей, удельная поверхность, объем пор и распределение пор по размерам определяется по уникальным аттестованным методикам, разработанным в ЦКП. Научная новизна работы заключается в следующем: Исследования углей и продуктов углехимии на системной основе с использованием широкого комплекса современных физико-химических методов в Кузбассе и в РФ ставятся впервые. С целью обоснованного выбора углей, оптимизации процессов переработки с достижением высокого выхода жидких продуктов заданного фракционного, химического группового и структурно-группового состава; для разработки новых и модернизации существующих технологий переработки для получения ряда углеродных продуктов и материалов с заданными физико-химическими свойствами, таких как коксы, углеродные сорбенты, углеродные нановолокна, оксид графена необходимо проведение комплексных исследований на системной основе начиная от морфологии поверхности и пористой структуры методами сканирующей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции азота и далее: - исследование качественного и количественного химического состава органической массы углей и продуктов углехимии, функционально-группового состава и количественном соотношении функциональных групп методами ИК, ЯМР и ЭПР спектроскопии; - исследования степени упорядоченности молекулярной структуры и фазового состава методом рентгеновской дифрактометрии. - систематические исследования динамики изменений и превращений при термическом воздействии в окислительной и восстановительной средах методами термического анализа, рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии и хромато-масс-спектрометрии; - исследование

химического и фазового состава минеральной компоненты углей, химического и фазового состава золы, в том числе определение содержания редкоземельных, токсичных и драгоценных элементов методами оптико-эмиссионной спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии. 2021 год 1. Аналитический обзор литературы о возможностях метода сканирующей электронной микроскопии в исследовании надмолекулярной структуры углей. (исп. в.н.с. Созинов С.А.) 2. Исследование методом аналитической сканирующей электронной микроскопии углей ряда метаморфизма с целью выявления структурных параметров, воспроизводимых для разных углей и дающих близкие результаты для углей одной и той же марки, и степени метаморфизма, коррелирующих с известными свойствами углей и приемлемых для однозначного определения. (исп. в.н.с. Созинов С.А.) 3. Исследование методом низкотемпературной адсорбции азота поверхности и пористой структуры углей Кузбасса различных марок и разных месторождений. (исп. н.с. Дудникова Ю.Н.) 4. Аналитический обзор литературы о возможностях метода ЯМР спектроскопии в определении структурных параметров «макромолекулы нерегулярного строения» угля. (исп. н.с. Лырщиков С.Ю.) 5. Исследование методом твердотельной спектроскопии ЯМР распределения С по структурным элементам «макромолекулы» углей ряда метаморфизма и определение ее структурных параметров. Сравнительный анализ полученных данных с данными ИК спектроскопии и элементного анализа. (исп. н.с. Лырщиков С.Ю.) 6. Определение методом ЯМР спектроскопии структурных параметров «макромолекулы нерегулярного строения» гуминовых веществ бурого угля и сравнение полученных данных с данными ИК-спектроскопии и элементного анализа. (исп. н.с. Лырщиков С.Ю.) 7. Аналитический обзор литературы о возможностях метода рентгеновской дифракции в определении фазового состава и структурных параметров углей и углеродных материалов. (исп. с.н.с. Попова А.Н.) 8. Исследование фазового состава и определение структурных параметров фаз методом рентгеновской дифракции для углей разных генотипов в ряду метаморфизма (исп. с.н.с. Попова А.Н.) 9. Исследования фазового состава минеральной компоненты углей методом рентгеновской дифракции. (исп. с.н.с. Попова А.Н.) 10. Исследование парамагнитных центров деминерализованных углей ряда метаморфизма и сравнение полученных результатов с результатами для исходных углей. (исп. н.с. Вальнюкова А.С.) 11. Хромато-масс-спектрометрическое исследование опытных образцов восковых фракций бурого угля Тисульского месторождения с целью идентификации состава по масс-спектрам. (исп. н.с. Сотникова Л.В.) 12. Аналитический обзор литературы о методах анализа микропримесей в оксиде алюминия. (исп. с.н.с. Колмыков Р.П.) 13. Разработка метода определения микропримесей в оксиде алюминия при помощи оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и лазерным отбором пробы. (исп. с.н.с. Колмыков Р.П.) 2022 год 1. Исследование методом аналитической сканирующей электронной микроскопии отдельных мацералов (витриниты, инертиниты) углей Кузбасса. (исп. в.н.с. Созинов С.А.) 2. Исследование методом низкотемпературной адсорбции азота пористой структуры полукокс, полученных из ископаемых углей различных марок углей Кузбасса. (исп. н.с. Дудникова Ю.Н.) 3. Исследование распределения углерода по структурным единицам «макромолекулы» методом ЯМР -спектроскопии для отдельных мацералов (витриниты, инертиниты) углей Кузбасса и сравнительный анализ полученных данных с данными ИК спектроскопии и элементного анализа. (исп. н.с. Лырщиков С.Ю.) 4. Исследование фазового состава и структурных параметров фаз методом рентгеновской дифракции для отдельных мацералов (витриниты, инертиниты) углей Кузбасса. (исп. с.н.с. Попова А.Н.) 5. Исследование парамагнитных свойств отдельных мацералов (витриниты, инертиниты) углей Кузбасса. (исп. н.с. Вальнюкова А.С.) 6. Исследование парамагнитных центров фульвокислот, гуминовых кислот

бурого угля Тисульского месторождения Кузбасса. (исп. н.с. Вальнюкова А.С.) 7. Исследование состава летучих продуктов термолитиза фракции каменноугольного пека с использованием методики аналитического определения полиароматических углеводородов (ПАУ) методом обращено-фазовой ВЭЖХ с масс-селективным детектированием. (исп. н.с. Сотникова Л.В.) 8. Исследование модельных смесей продуктов озонолиза сырого бензола с целью получения масс-спектров промежуточных продуктов, образующихся в реакциях с участием тιοфена и нафталина. (исп. н.с. Сотникова Л.В.) 9. Разработка метода ОЭС ИСП с лазерным отбором проб для определения микропримесей путем создания модельных смесей на основе диоксида кремния, содержащих микропримеси драгоценных и редкоземельных элементов. (исп. с.н.с. Колмыков Р.П..) 2023 год. 1. Исследование методом аналитической сканирующей электронной микроскопии в комплексе с методами термического анализа изменений состава и морфологии углей при термическом воздействии (в процессе коксования) (исп. в.н.с. Созинов С.А.) 2. Исследование методом низкотемпературной адсорбции азота пористости

структуры углеродных сорбентов, полученных на основе ископаемых углей Кузбасса различных марок. (исп. н.с. Дудникова Ю.Н.) 3. Исследование методом ЯМР-спектроскопии изменений молекулярной структуры в процессе коксования углей. Сравнение с данными ИК-спектроскопии и данными элементного анализа. (исп. н.с. Лыршиков С.Ю.) 4. Исследование методом рентгеновской дифракции фазовых и структурных изменений в углях при термическом воздействии (в процессе коксования) (исп. с.н.с. Попова А.Н.) 5. Исследование влияния термической обработки углей различной степени метаморфизма на парамагнитные свойства. (исп. н.с. Вальнюкова А.С.) 6. Исследование методом хромато-масс-спектрометрии компонентов фракций битумоидов модифицированного бурого угля, с повышенным содержанием биологически активных веществ. (исп. н.с. Сотникова Л.В.) 7. Исследование методом ОЭС ИСП с лазерным отбором проб особо чистого оксида железа допированного благородными, редкоземельными и токсичными элементами. (исп. с.н.с. Колмыков Р.П.)

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121121300179-2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ БЕТОНОВ С БЕЗОБЖИГОВЫМ ЗОЛЬНЫМ ГРАВИЕМ С ПЕРЕХОДОМ К ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКЕ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ

ТЭС и ТЭЦ продолжают работу на каменном и на буром угольном топливе. При этом образуется большое количество золошлаковых отходов, захоронение которых представляет

техническую и экологическую проблему. Исследуется возможность замены крупного заполнителя в бетонах гранулированной золой уноса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ АААА-А21-121012090008-4

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОЦЕССОВ ЭФФЕКТИВНОЙ РУДОПОДГОТОВКИ, ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА

Разработка научно-экспериментальных основ создания инновационных эффективных технологий и технических средств по рудоподготовке, обогащению и глубокой переработке минерального сырья и углей способствующих повышению рентабельности освоения месторождений в условиях криолитозоны. Результаты исследований, полученные в рамках выполнения работ, являются пионерными и могут быть использованы при разработке эффективных методов, средств и элементов геотехнологий освоения месторождений области криолитозоны и создании производств по глубокой переработке угольного сырья. Будут проведены апробация методики определения полноты дезинтеграции кусковых геоматериалов в процессах

дробления, что предопределяет возможности раскрытия полезных компонентов и рациональности поэтапного осуществления обогащения, в том числе предварительной сортировки; модернизации конструктивных и режимных параметров работы новых аппаратов рудоподготовки многократного динамического воздействия (дробилок и измельчителей), моделирование разделительных процессов в новых аппаратах обогащения: отсадочной машине в магнитной системой, в крутонаклонном и центробежных концентраторах, пневмосепараторах. Будут разработаны и реализованы новые эффективные способы получения востребованных высококачественных продуктов (гуминовые кислоты, сорбенты) из угольного сырья.

Исполнитель: ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА СЕВЕРА ИМ. Н.В. ЧЕРСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121032400148-6

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА БЕЗОБЖИГОВОМ ЗОЛЬНОМ ГРАВИИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Целью работы является создание нового материала с конструктивными и энергосберегающими свойствами для применения в новой высокопроизводительной 3D-принтерной технологии, обеспечивающего при своем производстве экономию невозобновляемых природных ресурсов, переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике и глубокой переработки угля путем использования золы уноса угольных ТЭС и ТЭЦ. При проведении НИР предполагается использование современных физико-механических, физико-химических, химико-биологических и математических методов исследований, отвечающих требованиям ГОСТ и мировых стандартов. Результатами работы являются авторские статьи; научно обоснованные эффективные

составы композиционных материалов для высокопрочных легких бетонов для 3D-принтерной технологии; образцы строительных материалов на безобжиговом зольном гравии с повышенной долговечностью и улучшенными физико-механическими свойствами. Результаты исследований планируется внедрять при проектировании эффективных составов строительных материалов и изделий на безобжиговом зольном гравии и других вторичных ресурсах, а так при же производстве высокопрочных легких бетонов для 3D-принтерной технологии и других строительных материалов, изделий и конструкций, обладающих улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами, а также на стадии выполнения проектно-конструкторских работ и при

ремонте объектов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК»

№ 121031500124-2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ГРУППОВОГО СОСТАВА, СОРБЦИОННЫХ И БИОАКТИВНЫХ СВОЙСТВ УЗКИХ ФРАКЦИЙ ЛИПИДНЫХ И ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ БУРЫХ УГЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Разработка способов целенаправленного модифицирования органического вещества бурых углей, липидных компонентов, гуминовых веществ с заданными свойствами и получение зависимостей «состав-свойство». Выделение фракций битумоидов, в том числе обогащенных биологически активными компонентами, их идентификация, определение перспективности как сырья для органического синтеза и процессов малотоннажной химии. Процессы химической переработки угля многостадийны и технически более сложны, чем соответствующая технология переработки нефти, так что для равного выпуска химической продукции требуются более высокие капитальные вложения. В этой связи исследования и разработки, направленные на получение уникальных соединений практически напрямую из различных видов твердых горючих ископаемых (ТГИ), являются актуальными. К ним можно отнести экстракционные процессы, а также модифицирование ТГИ химическими методами, что приводит к увеличению или реакционной способности ТГИ, или селективности процессов переработки по заданным продуктам. Химическое модифицирование углей в целях повышения выхода или получения обогащенных экстракционных продуктов может вовлечь в переработку низкобитуминозные формы ТГИ, либо кардинально улучшить существующие методы получения ряда продуктов на основе липидных (горного воска и экстракционных смол) и гуминовых веществ (ГВ). Зависимость функций ГВ (проявление сорбционных свойств, биостимулирующих, окислительно-восстановительных и т.д.) от структурных параметров является широко обсуждаемой проблемой, т.к. области применения ГВ определяются химическим составом и свойствами. Поиск экологически чистых методов и препаратов, способствующих росту растений, является приоритетным в сельском хозяйстве. Применение биологически активных ГВ является одним из наиболее эффективных методов повышения урожайности растений. Стимулирующие свойства ГВ можно отнести к действию органических и неорганических компонентов. Органические компоненты – это производные лигнина (полифенолы), органические кислоты (неароматические и ароматические), витамины и их производные, соединения с сопряженными связями (изопrenoиды, каротиноиды), стерины, другие органические соединения (аминокислоты, альдегиды). Показано, что ГВ [Жеребцов С.И. и др. - 2005-2019гг.] характеризующиеся повышенным содержанием ароматических структур проявляют повышенную биологическую активность. В качестве неорганических компонентов ГК следует отметить в первую очередь микроэлементы, которые играют важную роль в физиологии и биохимии растений. К основным микроэлементам питания растений обычно относят медь, цинк, марганец, кобальт, железо, бор. Изучение механизмов сорбции микроэлементов гуминовыми кислотами, скорости их десорбции в водной

среде, устойчивости полученных соединений открывает выход на целенаправленное получение микроудобрений заданного состава на основе ГВ. Наличие кислородосодержащих функциональных групп, по-видимому, ответственно за сорбцию катионов металлов как по механизму ионного обмена, так и за счет комплексообразования с преобладанием первого или второго. С помощью направленного химического модифицирования можно изменять содержание кислородсодержащих групп в ГК и тем самым улучшать сорбционные характеристики ГК [Лиштва И.И. и др.; Иванова и др. -2011г.], [Жеребцов С.И. и др.- 2013-19гг]. Это создает широкие перспективы использования ГВ для разделения и извлечения катионов металлов из различных сред, очистки сточных и промышленных вод, использования фракций ГВ для иммобилизации катионов – экотоксикантов, например, свинца. В настоящее время нет единого мнения о механизме биологической активности гуминовых веществ. Кроме того, очень мало внимания уделено изучению биологической активности и сорбционных свойств фракциям гуминовых веществ - фульвокислотам, гиматомелановым кислотам, отдельно гумусовым кислотам и остаточному углю (гумину). Установление связи между составом, строением и свойствами фракций ГВ является актуальной задачей, так как это позволит установить механизм поведения совокупного ГВ в природных и технологических процессах, что приведет, в свою очередь, к более рациональному их применению. Другая важная группа веществ, извлекаемых экстракцией из бурых углей – горный воск и продукты на основе его переработки. Общее потребление восков на глобальном уровне достигло 3025 тыс. т. США и Канада возглавляют список производства и потребления в мире, 930 тыс. т и 940 тыс. т, соответственно. Производство восков экспортного качества в Китае в настоящее время достигло 300 тыс. т в год. Стоимость одной тонны горного воска-сырца достаточно высока и составляет около \$3000. По мере переработки сырого воска в более квалифицированные продукты - обессмоленные, рафинированные, этерифицированные воска - его стоимость значительно увеличивается и доходит до \$60-200/грамм. Кроме того, экстракцией веществ липидной природы из бурых углей можно получать жирные спирты, карбоновые кислоты, вещества стероидной, гопановой, терпеновой природы и другие, обладающие повышенной биологической активностью. Обработка семян битумными препаратами подавляет развитие болезней растений. Такие препараты могут обладать хорошими защитными и стимулирующими свойствами при предпосевной обработке семян. Актуальность проекта предопределяется необходимостью реализации комплексного химико-технологического подхода к освоению ископаемых углей, что обеспечит получение широкого класса химических веществ и материалов, которые могут использоваться в различных отраслях промышленности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121042600185-8

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРОГО УГЛЯ

Около 26% добываемого в России угля приходится на бурый уголь, при этом большая его доля не пригодна для использования в энергетике ввиду низкой теплотворной способности и склонности к самовозгоранию, например, при транспортировке на большие расстояния. На данный момент в

России данное сырье практически не используется, что только «сковывает» производительные ресурсы и влечёт проблемы, связанные с рисками самовозгорания. Во многих странах, например, в Китае и Германии, буроугольные отходы добычи энергетических углей идут на производство гуминовых

веществ (сорбентов органических и неорганических загрязнений, мелиорантов почвы). В США и Китае налажены производства по получению редкоземельных металлов из зол бурого угля. Перечисленные продукты обладают высокой добавленной стоимостью и вносят значительный вклад в экономику месторождения. Заявителем проекта ранее была разработана и запатентована механохимическая технология безотходной твердофазной обработки бурого угля, позволяющая получать продукты с высоким выходом гуминовых кислот, а также освобождать их функциональные группы, разрушая комплексы с металлами. Были получены эффективные сорбенты тяжёлых металлов и продукты для восстановления плодородия деградированных почв вдоль крупных автомагистралей, а также были определены режимы механохимической технологии переработки бурого угля, позволяющие сконцентрировать до 99% массы редкоземельных элементов в легкоизвлекаемой растворимой фракции. Главная особенность механохимической технологии переработки угля заключается в том, что ввиду мобильности механохимического оборудования и обвязки, она может быть поставлена непосредственно на месторождении, что исключает перевозку бурого угля и связанные с этим издержки. Проект в первую очередь нацелен на исследование механизмов перераспределения энергии, затрачиваемой механохимическим оборудованием при переработке бурого угля. Общепринятым фактом является то, что большая

часть подводимой к механохимическому оборудованию электроэнергии идёт на движение мелющих тел и выделяемое тепло, а не на прохождение непосредственно реакции. На сегодняшний день наблюдается практически полное отсутствие фундаментальных знаний об энергетике механохимических процессов с участием бурого угля и гуминовых кислот в его составе. Одновременно с этим применение методов механической активации и механохимической модификации бурого угля набирает все большую популярность не только среди исследователей, но и среди производителей различных продуктов глубокой переработки угля, широко внедряющих данные процессы в действующие технологии. Проработка механизмов перераспределения энергии при механической активации необходима для оптимизации условий обработки: загрузки мелющих тел, продолжительность обработки, массы и объема обрабатываемого сырья, количество отводимого тепла, частоты вращения двигателя, влажности реагирующей смеси. Также одной из немаловажных проблем реализации механохимических технологий бурого угля и работы с угольным сырьём в целом является контроль пылеобразования и самовозгорания угля. Фундаментальной задачей, нацеленной на решение данной проблемы, является исследование образования парамагнитных центров в результате обработки и разработка способов регулирования данного процесса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011800089-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОЦЕССОВ ЭФФЕКТИВНОЙ РУДОПОДГОТОВКИ, ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА

Разработка научно-экспериментальных основ создания инновационных эффективных технологий и технических средств по рудоподготовке, обогащению и глубокой переработке минерального сырья и углей, способствующих повышению рентабельности освоения месторождений в условиях криолитозоны. Результаты исследований, полученные в рамках выполнения работ, являются пионерными и могут быть использованы при разработке эффективных методов, средств и элементов геотехнологий освоения месторождений области криолитозоны и создании производств по глубокой переработке угольного сырья. Будут проведены апробация методики определения полноты дезинтеграции кусковых геоматериалов в процессах

дробления, что предопределяет возможности раскрытия полезных компонентов и рациональности поэтапного осуществления обогащения, в том числе предварительной сортировки; модернизации конструктивных и режимных параметров работы новых аппаратов рудоподготовки многократного динамического воздействия (дробилок и измельчителей), моделирование разделительных процессов в новых аппаратах обогащения: отсадочной машине в магнитной системой, в крутонаклонном и центробежных концентраторах, пневмосепараторах. Будут разработаны и реализованы новые эффективные способы получения востребованных высококачественных продуктов (гуминовые кислоты, сорбенты) из угольного сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ЯКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2022

№ 122031500066-4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ИНТЕРПОЛИРОВАННЫМИ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Проект направлен на снижение рисков загрязнения территории при добыче и переработке углей на основе использования комплекса программного обеспечения,

направленного на создание математической модели каждого отдельно взятого месторождения ископаемых углей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122040600014-6

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СТРУКТУРА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, РАЗВИТИЕ ОСНОВ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Цель исследований - получение новых знаний об условиях образования месторождений, химическом строении органического вещества и его преобразовании при термохимической переработке, создание научных

основ для практической реализации технологий глубокой и комплексной переработки углей, горючих сланцев. Тимано-Североуральско-Баренцево-морский геолого-экономический макрорегион характеризуется значительным

ресурсным потенциалом бурых и каменных углей различных марок, горючих сланцев и природных битумов. Вместе с нефтегазовыми ресурсами они составляют надежную сырьевую базу топливной промышленности и энергетики, а также представляют основу для развития новых отраслей промышленности в европейской части России. В течение последних 10 лет углехимические исследования в регионе проводятся только в Институте геологии. Основное внимание уделяется изучению состава и структуры органического вещества, а также различным вариантам термохимической переработки углей и получению обеззолённых углей. Последнее направление представляет особый интерес для

освоения слабо востребованных месторождений углей низкой и средней степени метаморфизма или качественных, но высокозольных углей, расположенных в удалённых северных и арктических регионах. Изучение состава органического вещества на ранжированных уровнях его организации – от изотопного до структурно-группового и углепетрографического, даёт возможность ответить на фундаментальные вопросы об условиях накопления органического вещества в древние геологические эпохи, а значит важно для развития теоретических представлений об этих процессах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОМИ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122051100005-5

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ОСВОЕНИЯ

Проект направлен на снижение рисков радиационного загрязнения территории при добыче ископаемых углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов на основе оценки радиационно-экологического состояния окружающей среды в районе характерных угольных месторождений и последующего обоснования ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий их освоения. Проблема радиационного загрязнения, создаваемого угледобывающими предприятиями и угольными ТЭС, связана с тем, что уголь, как природный сорбент, обладает способностью накапливать естественные радиоактивные элементы уранового и ториевого ряда, а также изотоп 40К. Существующая техногенная экологическая нагрузка в районе проведения планируемых исследований, обусловлена наличием ураноносных угольных провинций и развитием естественной геохимической аномалии. Одним из путей решения данной проблемы является разработка технологических основ добычи и создание системы экологического мониторинга для всех стадий освоения месторождений ископаемых углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов, направленной на рациональное использование минеральных ресурсов с одновременным обеспечением качества угольной продукции и соблюдением требований радиационной

безопасности на прилегающих территориях. Анализ опубликованных результатов исследований в данном направлении, позволил сделать выводы о недостаточной изученности радиационно-экологических проблем, связанных с добычей, транспортировкой и сжиганием углей, а также об отсутствии экологически ориентированных технологий добычи и переработки углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов, позволяющих минимизировать радиационное загрязнение прилегающих территорий. Научная новизна исследований заключается в: - выявлении площадного и объемного размещения углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов на разрабатываемых и перспективных месторождениях; - оценке влияния промышленной отработки месторождений на окружающую среду по радиационно-гигиеническим факторам; - разработке основ экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий освоения месторождений углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов; - обосновании схем и режимов проведения радиологического мониторинга в санитарно-защитной зоне угледобывающих предприятий, а также на прилегающих территориях. Коллектив более 25 лет ведет исследования в области радиоактивности углей, методов их отработки, управления их радиационно-экологическими параметрами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122053100142-1

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ПИРОЛИЗА УГЛЕЙ

Проект направлен на исследование лазерного инициирования процессов горения и пиролиза твердых топлив сложного состава – углей Кузнецкого угольного бассейна (Кузбасс). Исследование процессов горения топлив содержащих твердую пористую структуру и широкий набор конденсированных летучих компонентов является важным направлением для теории и практики сжигания твердых топлив в энергетике и смежных областях. Ископаемые угли относятся к классу топливных веществ, которые условно состоят из двух основных компонентов: твердого углеродного вещества и летучих органических соединений. При подводе энергии (в том числе лазерного излучения) происходит частичное выделение летучих органических соединений в газовую фазу и их воспламенение с последующим зажиганием нелетучего остатка. В силу особенностей строения угольной матрицы физико-химические процессы, протекающие в углях при воздействии мощных лазерных импульсов, будут отличаться от ранее изученных процессов, протекающих в однокомпонентных материалах: дисперсные металлы, графит и т.п. В качестве объекта исследования будут выбраны ископаемые угли Кузбасса разной степени метаморфизма марок: бурый (Б) Тисульского месторождения, длиннопламенный газовый

(ДГ) Соколовского месторождения, газовый (Г) Ленинское месторождение, жирный (Ж) Никитинское месторождение, коксовый (К) Киселевско-Прокопьевского месторождения и антрацит (А) Бунгурского месторождения. Образцы углей будут предоставлены Банком углей ФИЦ УУХ СО РАН. Выбор объектов обусловлен их уникальными свойствами и областью применения в быту и промышленности. Достоинством использования лазерного излучения для инициирования быстротекущих процессов горения и пиролиза углей является возможность контролировать подводимую энергию и длительность ее воздействия. В качестве источника быстрого подвода энергии будут применяться импульсный неодимовый лазер с излучением второй гармоники на длине волны 532 нм при длительности импульса лазерного излучения 14 нс (режим модуляции добротности), лазеры с диодной накачкой на 808 и 450 нм, которые могут использоваться как в непрерывном режиме излучения, так и в импульсном с длительностью от 1 мс. Применение разных видов лазерного излучения для воздействия на угольное вещество позволит установить влияние длины волны и длительности излучения на инициирование процессов горения и пиролиза. Предполагается, что в результате воздействия лазерного излучения на угольное вещество в нем

инициируются быстропотекающие процессы, приводящие к воспламенению угольных частиц, которые можно исследовать в режиме реального времени с помощью регистрирующей аппаратуры с высоким временным разрешением. Процессы начальных стадий лазерного инициирования горения углеводородных топлив и ископаемых углей в зависимости от их химического состава в настоящее время изучены недостаточно. В связи с этим фундаментальные исследования в этом направлении актуальны как для теоретических построений, так и для нахождения оптимальных условий зажигания пылеугольного топлива. В настоящей работе будут выполнены экспериментальные исследования лазерного инициирования горения и пиролиза уникального набора ряда метаморфизма имеющегося в Кузбассе углей. Таким образом, целью проекта является формирование основных фундаментальных представлений о механизмах преобразования энергии различных видов лазерного излучения в ископаемых углях и обозначение перспектив практического применения полученных фундаментальных результатов. В рамках проекта предполагается: 1. Изучить физико-химические характеристики, состав и структуру углей в выбранном ряду метаморфизма от бурого до антрацита. 2. Впервые осуществить экспериментальное определение критических условий лазерного инициирования (энергия, мощность, длительность излучения) зажигания углей в ряду метаморфизма излучением различных длин волн наносекундной длительности (532 нм) и непрерывного действия (450, 808 нм), с возможностью выделения импульсов длительностью от 1 мс. 3. Впервые исследовать временные характеристики процесса горения и спектры свечения углей под действием лазерного излучения с

применением методов оптической спектроскопии с высоким временным разрешением, установить временные интервалы горения летучих веществ и нелетучего остатка, и определить температуру горения нелетучего остатка методом оптической пирометрии. 4. Впервые изучить процессы лазерного пиролиза исследуемых марок углей в инертной атмосфере, установить состав продуктов пиролиза и выхода каждого продукта в зависимости от плотности энергии лазерного излучения. 5. Впервые установить взаимосвязи между характеристиками углей (химический состав, структура и т.д.) и критическими условиями лазерного инициирования процесса горения. 5. Разработать экспериментально обоснованную модель лазерного инициирования горения и пиролиза угля. Научная новизна исследований заключается в том, что для инициирования процессов горения и пиролиза уникального набора углей Кузбасса впервые используется излучение второй гармоники лазерного излучения (532 нм) наносекундной длительности (14 нс), а также применение для инициирования этих процессов непрерывного (с возможностью выделения импульсов длительностью от 1мс) лазерного излучения на длинах волн 450 и 808 нм. Таким образом охватывается широкий диапазон временных (наносекунды, миллисекунды, секунды) и оптических (450, 532, 808 нм) характеристик лазерного излучения. Практическая значимость заключается в перспективе использования полученных фундаментальных результатов для разработки технологии лазерного инициирования термохимических процессов переработки углей, в том числе для подсветки пылеугольного топлива лазерным излучением в котельных установках и создания новых эффективных камер сгорания.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122080200054-2

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УГЛЕЙ И ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редкоземельные элементы (РЗЭ) применяются для изготовления люминофоров, катализаторов, светодиодов, магнитов, аккумуляторов, микрочипов и являются незаменимыми для большинства современных технологичных устройств. Сложившийся на сегодня мировой дефицит редкоземельных элементов объясняется не только возрастающим спросом с одновременным истощением запасов руд, но и большими трудностями извлечения целевых веществ. Разработка способов концентрирования и извлечения РЗЭ из рассеянных источников является актуальной темой исследований, которой посвящаются тысячи научных статей ежегодно. В последние две декады активно ведется работа по рассмотрению новых источников РЗЭ, и уголь все чаще рассматривается как перспективный источник РЗЭ. Это открывает новые вызовы для исследования специфических способов концентрирования и извлечения РЗЭ из углей. Особенностью бурого угля как источника редкоземельных элементов, является высокое содержание фракции органического вещества, включая гуминовые кислоты, которые вовлечены в аккумуляцию редкоземельных элементов [1] (здесь и далее приведены ссылки на список литературы, представленный в пункте 4.5). Фракция гуминовых кислот не содержит силикатов и является 100% растворимой в щелочных растворах, в связи

с чем РЗЭ, связанные с гуминовыми кислотами, извлекаются значительно легче, чем РЗЭ, связанные с минеральной частью угля. Научной проблемой, на решение которой направлен проект, является отсутствие систематических знаний о процессах перераспределения редкоземельных элементов между органической и минеральной фракций угля, необходимых для разработки способов концентрирования и извлечения редкоземельных элементов из углей и отходов угольной промышленности. Механохимическая активация бурых углей показала перспективность для решения разнообразных задач. В частности, автором проекта показана возможность концентрирования редкоземельных элементов в органической части бурого угля Азейского месторождения (Иркутская область, Россия) при помощи однофазовой механохимической обработки бурого угля, не требующей использования растворителей и химических реагентов [2]. В проекте будут исследованы процессы механохимического концентрирования редкоземельных элементов гуминовыми кислотами или другими растворимыми полифенолами, которые будут дополнительно внесены извне в уголь при механохимической обработке. Предполагается, что внесение добавок полифенолов позволит перевести большую часть РЗЭ в органическую фракцию, которую потом можно будет выделить простой щелочной экстракцией.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112100018-3

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА РЕАКТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДОРОГОСТОЯЩИХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цели: разработка технологии автотермической переработки угля под названием ЭкоУглерод для получения дорогостоящих углеродных материалов (кокса,

бездымного топлива) и тепловой энергии при минимальных атмосферных и твердых выбросах для широкого применения как на существующих котельных, так и для

создания новых теплогенерирующих мощностей. Задачи: создать экспериментальный образец реактора, получить технологические карты по получению разных вариантов ДУМ. Актуальность НИОКР обусловлена необходимостью модернизации устаревшего парка генерирующих угольных мощностей крайне негативно влияющих на атмосферу городов, с одновременной возможностью извлекать

ДУМ из недорогих и широко распространенных марок угля. Ожидаемый результат НИОКР: создание технологии, позволяющей получать двойной экономический эффект от использования существующих угольных тепловых мощностей для получения тепла и ДУМ. Потенциальные потребители технологии и ДУМ: малые и средние котельные, металлургические компании, домохозяйства.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВАНТУМ»

№ 123012500163-8

«Умный уголь» - СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время все большую важность приобретают вопросы чистой энергии, для создания и развития которой требуются различные виды сырья, в том числе и углеродсодержащие материалы. Но при этом, горная отрасль столкнулась с проблемой истощения запасов легкообогащаемого минерального сырья, содержащего углерод различной степени метаморфизма. Эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций, так же является основной целью энергетической стратегии. Согласно этой стратегии, потребление энергии к 2030 г. возрастет на 60%, что потребует увеличения производства различных видов энергоносителей. При этом повышаются требования к их экологической безопасности и снижению выбросов CO₂. Характерными особенностями вовлекаемого в переработку минерального сырья являются тонкая вкрапленность, низкие содержания ценных компонентов и близкие физико-химические и поверхностные свойства минералов и пр. В таких условиях первостепенное значение приобретает повышение полноты и комплексности обогащения полезных ископаемых за счет создания высокоэффективных, экологически безопасных технологий на основании глубокого изучения вещественного, химического и минералогического состава, а также использования и разработки методик и методов тестирования минерального сырья на последовательных стадиях трансформации сырья. Но, несмотря на это, основными методами обогащения и переработки такого минерального сырья остаются классификация, флотационное и химическое обогащение. Несмотря на существующий уровень развития научных основ этих процессов обогащения углеродсодержащего минерального сырья, исследования в данной области не потеряли своей актуальности. Актуальность совершенствования существующих технологических режимов также связана с современной тенденцией к ухудшению качества сырья и вовлечением в переработку труднообогащаемого минерального сырья, переработка которого осложнена и зачастую невозможна. Сложность переработки осложняется тонкодисперсной вкрапленностью ценных компонентов в минералы-концентраты, взаимного произрастания минералов друг в друге и в пустую породу, что приводит к значительным потерям. Получение высококлассных углеродных материалов при снижении выбросов CO₂ позволит создать конкурентоспособные высококачественные продукты, снизить экологическую нагрузку за счет повышения комплексности переработки и минимизировать дефицит промышленности углеродных материалах. Также, ухудшение минерально-сырьевой базы и необходимость соблюдения принципов устойчивого развития требуют поиска новых технических решений, с одной стороны обеспечивающих снижение издержек горно-перерабатывающего комплекса, с другой стороны охрану окружающей среды и соблюдение рационального использования природных ресурсов. В этой связи, задача разработки принципов гибкого управления технологией в режиме реального времени является актуальной задачей на любом предприятии, так как от выбора режима обогащения в конечном счете зависит эффективность всей технологической

цепочки горного производства. Научно-технический прогресс в области обогащения и переработки всегда был тесно связан с развитием измерительной техники, обеспечивающей формирование наиболее полного информационного вектора для изучаемого объекта, и применением новейших математико-статистических методов для анализа получаемых данных. Для большего повышения экономической эффективности процесса обогащения, необходимо также использовать новые методы и системы оптимизации, базирующиеся на использовании современных средств аналитического контроля, в том числе с использованием методов «Big Data», а также создание цифровых двойников. Многолетние исследования различных классических алгоритмов, показали, что задачи в обогащении полезных ископаемых, отличающиеся нечеткой логикой и неявным характером, решаются традиционными методами с недостаточной точностью и информационной достоверностью для практического использования в конкретных задачах диагностики, прогнозирования и принятия решений. Сочетание технологических и экономических критериев оптимизации позволяет реагировать на изменение вещественного и минерального состава сырья, его обогатимости с учетом значимости отдельных технологических факторов, что выражается в общем повышении эффективности обогатительного производства. Однако в настоящее время существует проблема разработки новых компьютерных технологий для изучения процессов классификации и сепарации на базе методов «Big Data» и углубленной статистики. Отмечается, что при диагностике результатов промышленных данных традиционно применяются только методы классической дескриптивной статистики и не используется современный математический аппарат углубленной статистики, нейросетевое моделирование и технологии машинного зрения, что снижает достоверность определения взаимосвязей между параметрами изучаемого объекта. Исходя из вышесказанного, актуальная проблема вариативности перерабатываемого углеродсодержащего сырья в процессах обогащения и переработки может решаться посредством разработки эффективных технико-технологических решений. Научная значимость предполагаемого проекта заключается в установлении новых закономерностей, позволяющих за счет положительного синергетического эффекта, направленного на изменение поверхностных свойств минерального сырья в условиях гидродинамических полей повысить эффективность переработки углеродсодержащего минерального сырья различного генезиса, изучении взаимосвязи структурного, вещественного и фазового состава компонентов с физическими, физико-химическими и технологическими свойствами углеродсодержащего сырья, определении термодинамических и кинетических основ в протекающих процессах, сочетании методов физико-химического и математического моделирования процессов обогащения и переработки с экспериментальными исследованиями и на основании накопленных и систематизированных данных. В результате выполнения проекта будут определены минералого-петрографические, структурные, физико-химические характеристики с целью выявления основных закономерностей протекания процессов классификации и флотации с учетом реологии углистых суспензий; созданы

математические модели для повышения точности разделения при обогащении углеродсодержащих материалов. Будут созданы модели поведения частиц в гидроциклонах с учетом реологических свойств при наложении физических и химических воздействий и определены возбуждающие параметры при классификации углистых суспензий. Будут изучены и обоснованы механизмы, а так же исследована кинетика многостадийных процессов, которые относятся к гетерогенным полидисперсным системам, для удаления углистой мелочи (классификация и флотация), получены новые термодинамические и кинетические параметры для интенсификации процессов на основе численного моделирования. Будет разработана технология машинного зрения для оценки количественного распределения флотационного обогащения угольной мелочи с учетом возмущающих факторов и оптимизации конструкций импеллеров и реагентных режимов с учетом динамических факторов, создание динамической модели флотации углеродсодержащих материалов. Будут исследованы процессы химического обогащения углеродсодержащих материалов для повышения качества концентратов, а также развиты кинетические модели сепарации, многоцелевой совместной оптимизации сложных систем обогащения углеродсодержащих материалов. Будет изучено поведение агломерации несферического вязко-влажного материала, установлена дезагрегированная энергия, связанная с основными факторами модели. Будут исследованы сегрегация, расслоение и динамика частиц вязко-влажного материала. Будут созданы вероятностная модель и

кинетическая модель грохочения. Будет разработан метод онлайн мониторинга размера частиц и оценки эффективности процесса классификации в режиме реального времени. Будет создан цифровой двойник процесса грохочения для осуществления интеллектуального мониторинга, раннего предупреждения и диагностики неисправностей состояния грохота. Будет создана модель интеллектуального контроля между переменными процесса и измеренными сигналами, а также предложены методы точного восприятия, совместного извлечения и анализа динамических сигналов в реальном времени. В рамках проекта будет проведен анализ динамических характеристик процесса разделения, предложен алгоритм интеллектуального выбора оптимальной модели, построена киберфизическая система слияния нескольких моделей, управляемая данными из нескольких источников, и разработана оптимальная стратегия управления. Будет предложен совместный метод классификации-грохочения с улучшенной сепарацией минералов. Будет сформирована стратегия автоматического согласования всего процесса обогащения угля для реализации интеллектуального регулирования сложных по составу угольных материалов на основе совместного процесса полной градации, глубокой классификации и усиленного разделения многофазного потока. Планируемые результаты исследований имеют междисциплинарное геологическое, геохимическое, физико-химическое и экологическое значение, обладают научной новизной и оригинальностью и сопоставимы, а по некоторым параметрам превосходят мировой уровень исследований в данной области.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123011300093-3

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОГО ВИДА СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Объектом исследования является сырьевая база (угольная база Кузбасса) для технологии получения пеков, используемых в производстве углеродных волокон и в электродной промышленности. Цель работы – разработка технологии получения пека, используемого как связующее для электродной промышленности, а также пека, используемого как высококачественное сырье для производства углеродных волокон и композиционных материалов на его основе. На основании полученных результатов НИР будут созданы

лабораторные и опытные установки для получения образцов пеков для электродной промышленности и для производства углеродных материалов. Результаты НИР будут востребованы прежде всего предприятиями по производству электродной продукции, углеродных материалов, углеродных волокон и композиционных материалов на их основе. Результаты НИР также будут внедрены в образовательный процесс для студентов технических ВУЗов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»

№ 123011300048-3

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ И УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ С ВЫДЕЛЕНИЕМ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Объектом исследования являются отходы углепотребления и углепереработки Кемеровской области-Кузбасса. Цели работы: 1. Разработка предложений по выбору сырья для технологии получения концентратов оксидов редких и редкоземельных элементов; исследование образцов отходов угледобычи, углепотребления и углепереработки комплексом физико-химических методов исследования. 2. Разработка методов получения концентратов оксидов редких и редкоземельных элементов и отдельных оксидов редких и редкоземельных элементов, наработка

лабораторных образцов для исследований. На основании полученных результатов НИР будут созданы лабораторные и опытные установки для получения образцов оксидов редких и редкоземельных элементов и отдельных оксидов редких и редкоземельных элементов. Результаты НИР будут востребованы теплоэнергетическими, угледобывающими и углеобогащающими предприятиями. Результаты НИР также будут внедрены в образовательный процесс для студентов технических ВУЗов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»

2023

№ 123121300080-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ МЕТОДОМ МАСЛЯНОЙ ГРАНУЛЯЦИИ ПРИ ИХ ПОДГОТОВКЕ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Целью работы является определение в лабораторных условиях закономерности и оптимальных параметров технологии масляной грануляции с применением новых масляных агентов для деминерализации углей разной

степени метаморфизма, а также разработка технологических схем, предусматривающих операции обогащения угля с целью снижения его зольности до требуемых пределов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123030200046-1

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В настоящее время возрастает интерес в нашей стране и в мире к использованию водоугольных суспензий (ВУС) как в теплоэнергетике, так и в глубокой переработке угля с получением синтез-газа. Эффективное применение ВУС в теплоэнергетике ограничивается значительными колебаниями характеристик получаемого топлива, как по гранулометрическому составу, так и по зольности. В результате существенно меняются теплофизические свойства ВУС, что ограничивает их практическое применение. Особенно это сказывается при использовании в качестве исходного сырья угольных шламов, характеристики которых изменяются в широком диапазоне. Предлагаемый проект предназначен для решения указанных проблем и является развитием реализуемого проекта РФФИ 20-43-420016. Проект направлен на разработку научно-технологических основ управления процессами получения водоугольных суспензий с заданными структурно-реологическими и теплофизическими характеристиками. Это достигается путём комплексной обработки исходного материала (уголь, угольный шлам) механохимическим и электроимпульсным воздействиями, что существенно расширяет область применения ВУС. Кроме того, в рамках проекта намечается осуществить разработку научно-технологических основ управления процессом использования ВУС в теплоэнергетике и глубокой переработке угля или угольных шламов путём применения генератора низкотемпературной плазмы. На стадии приготовления ВУС намечается исследовать управление механохимической и электроимпульсной обработкой, которая осуществляется одновременно или последовательно. Научная новизна предлагаемых исследований состоит в последовательном и (или) одновременном применении высокоинтенсивных (с частотой не менее 50 с-1) механохимических и электроимпульсных воздействий с использованием напряжений не менее 250 кВ. В этом случае обеспечивается электрическим пробой частиц твёрдой фазы (присущий электроимпульсным технологиям) в отличие от обычного пробоа, который реализуется в известном способе

приготовления ВУТ методом электрогидравлического удара (эффект Юткина) и применении на порядок более высоких импульсных напряжений 250 – 350 кВ. Кроме того, научная новизна предлагаемого проекта состоит в применении для зажигания, стабилизации горения и газификации в аллотермическом режиме водоугольной суспензии с заданными структурно-реологическими и теплофизическими характеристиками генератора низкотемпературной плазмы, обеспечивающего получение плазменного потока с большим содержанием свободных высокореакционных радикалов (ОН и др.). Намечаемый к применению генератор низкотемпературной плазмы имеет возможность использования высокого напряжения (10 кВ) с частотой воздействия 20 кГц для получения электрического разряда в канале, выполненном из кварцевой трубы. При этом за счет специальных лепестков, смонтированных перед электродами, обеспечивается тангенциальное вращение плазменного потока, что усиливает воздействие свободных электронов на газовый поток. Поскольку на основании существующих научных и практических результатов по электроимпульсному разрушению горных пород и искусственных материалов известно, что разряд ориентируется по границам неоднородностей и это позволяет создать технологии разделения и обогащения полезных ископаемых, то результаты, которые будут получены, в данном проекте позволят подойти к реализации технологии получения деминерализованной водоугольной суспензии с заданными структурно-реологическими и теплофизическими характеристиками (диаметр частиц твердой фазы не более 20 мкм, зольность не более 2%, эффективная вязкость не более 300 мПа·с при скорости сдвига 80 с-1, низшая теплота сгорания не менее 4500 ккал/кг (20 МДж/кг). Область применения полученной ВУС существенно расширяется от возможности использования в качестве жидкого угольного топлива для растопки пылеугольных котлов до газификации с получением синтез-газа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

3.5 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ДОБЫЧИ УГЛЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ, ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗЫ ОБЪЕКТОВ УГЛЕДОБЫЧИ2021

№ 121051700052-4

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭМПИРИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ И ФАКТОРОВ НАКОПЛЕНИЯ ЦЕННЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В УГЛЯХ, ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ МЕТАЛЛОНОСНЫХ УГЛЕЙ И ОЦЕНКА МЕТАЛЛОНОСНОСТИ УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Проблема прогнозирования и выявления металлоносных углей по-прежнему остается одной из чрезвычайно важных проблем для современного общества. Годовая добыча угля в мире достигает 7.8 млрд тонн. При этом Россия занимает

первое место в мире по ресурсам угля и второе - по разведанным запасам. Уголь является благоприятной средой для концентрирования элементов-примесей. Наряду с углями с рядовыми содержаниями ценных и токсичных элементов

известны металлоносные угли. Такие угли распространены не повсеместно и их выявление и локализация возможны только на основе ясного представления о механизмах их формирования. Необходимость теоретического обобщения методов выявления металлоносных углей и их каталогизации давно назрела. Работы по разработке моделей накопления аномальных концентраций различных металлов (U, Ge, Li, Au, REE, Sc) велись и ведутся в России, Китае и ряде других стран (Я.Э. Юдович, В.В. Середин, С.И. Арбузов, В.И. Вялов, А.П. Сорокин, R.B. Finkelman, J. Hower, D. Ren, S. Dai, Y. Sun и др.). Этой проблеме был посвящен реализуемый в 2018-2020 гг. одноименный проект. Основная задача этого проекта - создание обобщенных геолого-геохимических моделей формирования угольных месторождений с разными

уровнями накопления ценных и токсичных элементов, разработка критериев оценки металлоносных угольных месторождений, выявление и вовлечение металлоносных углей в производство с целью расширения минерально-сырьевой базы и минимизации экологического ущерба от сжигания углей, в целом решена. Выявленные в процессе выполнения проекта новые факты, имеющие фундаментальное значение, требуют дополнительных исследований. Несмотря на полностью выполненные обязательства по проекту, коллектив исполнителей обладает обширным заданием на его продолжение в рамках заявленной тематики. Представляется необходимым и рациональным ее развитие для более углубленного изучения намеченных в проекте научных и практических задач

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121112500266-5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕДОБЫЧИ ЗА СЧЁТ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИН И ПРОЦЕССОВ

Создание и верификация имитационных моделей совместной работы машин и оборудования для очистных и проходческих забоев угледобывающих предприятий Кузбасса.

Формирование рекомендаций по повышению эффективности процессов угледобычи и проведения выработок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»

№ 121101300028-5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИИ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРОТЯЖЕННЫМИ НАПРАВЛЕННЫМИ СКВАЖИНАМИ, ПРОЙДЕННЫМИ ПО ВМЕЩАЮЩИМ ПОРОДАМ И УГОЛЬНОМУ ПЛАСТУ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Выполняемые исследования направлены на обоснование и разработку Методических рекомендаций по применению протяженных направленных скважин для эффективной дегазации углепородного массива. Для этого должна быть проведена оценка технологических возможностей проведения дегазации угольного пласта, разрабатываемого длинным забоем. С помощью программ для ЭВМ, разработанных на основе численных моделей массопереноса на первом этапе выполнения проекта (2018-2019 гг.), возможности направленного бурения должны быть адаптированы к геологическим и горнотехническим условиям опытно-промышленного объекта, а также определены места расположения скважин, обеспечивающие максимальную эффективность проведения дегазации углепородного массива. Провести опытно-промышленные исследования, включающие бурение экспериментальных наклонно-направленных дегазационных скважин и регистрацию эмиссии метана на всех этапах отработки выемочного столба (до начала работ, в течение очистных работ и последующей эксплуатации выработанного пространства). Также, необходимо выполнить сравнительный анализ фактических результатов применения предлагаемой технологии и существующих способов дегазации углепородных массивов. Провести технико-экономическое обоснование эффективности применения

предложенной технологии дегазации углепородного массива протяженными направленными скважинами. Результатом выполняемой работы будет теоретическое обоснование технологии дегазации углепородного массива протяженными направленными скважинами, на основании которого будет выбран объект для проведения опытно-промышленных исследований. Будут определены технологические режимы дегазации и проведена промышленная апробация разрабатываемой технологии дегазации углепородного массива протяженными направленными скважинами. В результате выполнения проекта будут разработаны Методические рекомендации по применению протяженных направленных скважин для эффективной дегазации углепородного массива. Результаты проекта могут быть использованы российскими потребителями для: повышения безопасности и увеличения скорости отработки угольных пластов на угледобывающих предприятиях; использования извлекаемого средствами дегазации угольного метана в генерации тепловой и электрической энергии и сокращения объемов выбросов парниковых газов в атмосферу Земли; выпуска нового и усовершенствования существующего технологического оборудования для проведения дегазации углепородного массива и утилизации извлекаемого метана.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2022

№ 122121400077-9

РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Современный этап освоения месторождений твердых полезных ископаемых сопровождается масштабной цифровой трансформацией горно-технических систем. В режиме реального времени или близком к нему осуществляется сбор информации о состоянии горно-технических конструкций (устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов, подземных горных выработок), сотнях параметров

работы горных машин и аппаратов, режимах и параметрах технологических процессов. Генерирование многообразных, различных по типу, структуре и частоте формирования данных в горно-технической системе определяется ее физической сутью – под этим термином понимают совокупность конструкций, оборудования и технологических процессов горного производства во взаимодействии с вмещающим их

участком недр. Ретроспективный анализ объемов данных, генерируемых горно-технической системой, показал, что, если еще 15 лет назад объем информации оценивался сотнями мегабайт в год, к 2021 году он увеличился на 2 порядка. Сегодня на современных производствах только с одного карьерного самосвала регистрируется более 40 параметров о работе узлов и агрегатов; буровые станки оснащены десятками датчиков; системы на основе искусственного интеллекта выбирают маршруты и режимы работы техники, анализируя ускорения и режимы вождения самосвалов; растет объем данных, генерируемых при управлении процессами экскавации и транспортирования горной массы. Расчеты показывают, что данные, генерируемые объектами одного крупного карьера, имеют объем 100 Тб/год и более. Это приводит к необходимости хранения и обработки поистине гигантских массивов данных, не имеющих аналогов в прошлом. Сбор и обработка этих данных должны выполняться исключительно оперативно. Объем, разнообразие и скорость генерирования данных однозначно определяют получаемую информацию о горнотехнической системе как Большие Данные (в международной терминологии Big Data). Несмотря на явный прогресс, фундаментальные концепции, возможности и риски для горнодобывающей отрасли при управлении Большими Данными все еще не ясны. Это обусловлено отсутствием комплексных исследований по ключевым аспектам Больших Данных в горнодобывающей промышленности. Для преодоления этого разрыва требуется интеграция знаний из области БД и горных наук. Проведение фундаментальных исследований, направленных на установление принципов и закономерностей сбора, агрегирования, анализа и оценки Больших данных будет способствовать: - повышению эффективности производственных процессов за счет оперативного принятия решений, контроля и оптимизации процессов в режиме реального времени; - оптимизации затрат энергии каждой технологической операции (бурение, взрывание, экскавация, транспортировка, логистика); - переходу к возобновляемым источникам энергии, характеризующимся крайне нестабильной генерацией и новыми принципами распределения в энергосетях; - сокращению нетехнологических простоев оборудования за счет объективного анализа коэффициента использования оборудования и коэффициента технической готовности горной техники, а также мониторинга требуемых режимов работы; - управлению рисками на базе повышения уровня промышленной безопасности производства; - улучшению оперативного управления техническим обслуживанием и ремонтом на базе прогноза потребности в запасных частях, оптимизации закупок с предотвращением аварийности; - пониманию глубинных причин и снижению рисков негативного воздействия на окружающую среду; - анализу различных сценариев функционирования и развития горнотехнических систем, в зависимости от конъюнктуры цен на полезные ископаемые и социальные аспекты жизни

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

конкретного региона; - анализу гипотетически возможных сценариев развития аварий и предупреждению их в ходе освоения месторождений, прогнозированию рисков и предупреждению техногенных катастроф. Главной проблемой отсутствия реализации подхода эффективного анализа Больших Данных при эксплуатации современных горнотехнических систем является установленный факт, что информация в виде исходных сигналов датчиков не обрабатывается и не хранится на горных предприятиях (максимум - до 3-6 месяцев), если не зафиксировано никаких отклонений, так как не существует принципов обработки и хранения данных в пригодном для последующего анализа виде. Идея проекта состоит в том, что принятие эффективных решений при разработке месторождений твердых полезных ископаемых может быть реализовано только на базе создания и внедрения обоснованных технологий получения, хранения и анализа Больших Данных - всесторонней информации об осваиваемом участке недр, оборудовании и параметрах технологических процессов в их взаимосвязи, при недопущении на базе современных аналитических прогнозов гипотетически возможных аварий и техногенных катастроф. Объекты исследований: горно-технические системы месторождений твердых полезных ископаемых. Исходные данные для реализации проекта будут получены по трем группам месторождений твердых полезных ископаемых - угольных разрезов Кузбасса, железорудных месторождений КМА и золоторудных Сибири, с которыми у исполнителей проекта имеются многолетние партнерские отношения. Для недопущения раскрытия конфиденциальной информации наименования компаний и месторождений публиковаться без согласия недропользователей не будут. Научная новизна проекта состоит в том, что впервые в мире будет обоснован научно-методический подход к сбору, обработке, хранению и анализу Больших Данных горнотехнических систем, который обеспечит поддержку принятия эффективных решений при освоении месторождений твердых полезных ископаемых и предотвращения аварий и техногенных катастроф. Разработанные теоретические основы анализа больших данных и полученные с их помощью результаты позволят горнодобывающим компаниям использовать научно-обоснованный подход при проектировании и внедрении цифровых технологий с учетом требований к хранению, агрегации и анализу данных, позволяющих находить закономерности при эксплуатации горно-технических систем для управления всем технологическим циклом ведения горных работ. Применение технологий анализа больших данных и поиска закономерностей в их интерпретации для эффективной эксплуатации горнотехнических систем позволит создать новое научно-технологическое направление, актуальность которого со временем будет возрастать по мере цифровизации процессов управления в горнодобывающей промышленности.

№ 122122900020-7

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

При ведении горных работ большое количество элементов технологии взаимодействует во времени и ограниченном пространстве. Для получения максимальной производительности необходимо решать ряд задач по согласованию параметров оборудования, времен выполнения операций и др. Методы имитационного моделирования и эволюционной оптимизации позволяют создавать компьютерные модели реальных систем и на их основе с достаточной точностью и высокой скоростью решать указанные задачи. Создание Лаборатории цифровизации процессов проектирования горнотехнических систем позволит разрабатывать специализированные программные

продукты и проводить исследования по выработке рекомендаций для обеспечения рациональных способов внедрения автоматизации основных процессов угледобычи. Это позволит повысить безопасность и производительность добычи угля при сохранении приемлемой себестоимости продукции. В ходе работы будут разработаны системы и цифровые модели технологий открытой и подземной разработки угольных месторождений, в том числе в сложных горно-геологических условиях. Разработанные продукты, отличающиеся применением в расчетах математических методов оптимизации, а также численного и имитационного моделирования, будут служить средством поддержки

принятия решений при проектировании горнотехнических систем. Создание лаборатории с коллективом молодых специалистов в области подземных горных работ, методах численного и имитационного моделирования будет способствовать решению задачи цифровой трансформации угольной промышленности России. Прикладное значение исследований предполагается в разработке программных комплексов, готовых к использованию в проектных организациях, а также на угледобывающих предприятиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122112900001-7

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕГАЗАЦИИ ВЫБРОСОПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Последние крупные аварии под землей в Кемеровской области – Кузбассе произошли в очистных забоях, использующих самую современную в мире технику, призванную обеспечивать безопасность процесса добычи полезного ископаемого. Одной из основных причин взрывов метана является обрушение кровли на значительной площади при отходе лавы, что приводит к образованию избыточного вентиляционного давления, выделению метана и угольной пыли в действующие горные выработки. В момент обрушения кровли происходит резкий выброс скопившегося в завале газа в угольные выработки, резко увеличивая в них содержание метана. Кроме того, зависание кровли вызывает концентрацию горного давления на угольный массив в зоне очистного забоя и на сопряжениях его с горными выработками, что провоцирует горный удар. Аварийные ситуации можно исключить в случае своевременного искусственного обрушения основной кровли – принудительной ее посадки. В то же время, вследствие малого объема дегазационных работ и недостаточной их эффективности на многих газообильных шахтах России сохраняется газовый барьер, препятствующий достижению высоких скоростей проведения выработок и больших нагрузок на очистные забои. По этой причине в угледобывающей промышленности сложилась парадоксальная ситуация, когда технические возможности средств очистной выемки на пологих пластах в несколько раз превышают допустимую нагрузку на лаву по газовому фактору. Однако современная стратегия развития подземной угледобычи предусматривает создание шахт с высоким уровнем концентрации и интенсификации горных работ, что требует создания безопасных условий по газовому фактору для обеспечения повышения нагрузок на очистные и подготовительные забои. Дальнейшее повышение эффективности, технической и экологической безопасности подземной разработки высокогазоносных угольных месторождений неразрывно связано с разработкой комплекса специальных способов и средств управления горным давлением, а также стимулирования газоотдачи неразгруженных угольных пластов. Удовлетворительного технического решения таких задач на стадии ведения очистных и подготовительных работ нет ни в России, ни за рубежом. Предложено создание комплекса технологий и средств

Разработанные с помощью современных информационных технологий программные продукты будут осуществлять организационно-параметрический синтез вариантов внедрения средств автоматизации и роботизации в открытые и подземные горные работы и предлагать рациональные и эффективные варианты для подготовки проектов и паспортов на разработку угольных месторождений в том числе в сложных горно-геологических условиях.

их реализации, повышающих эффективность угледобычи и обеспечивающих высокий уровень промышленной безопасности, а также формирование эффективной системы оценки и управления процессами интенсификации дегазации и управления горным массивом методами направленного гидроразрыва кровли и поинтервального гидроразрыва угольного пласта. Для контроля процессов гидровоздействия на массив горных пород наряду с регистрацией гидравлических параметров (давления и скорости нагнетания жидкости) планируется обосновать применение метода акустической эмиссии для фиксации фактов скачкообразного роста трещины и оценки ее длины, а также спектрально-акустического и геофизического методов контроля для описания физических процессов и количественной оценки напряженного состояния газонасыщенного углепородного горного массива вблизи подготовительной и очистной выработок. При выполнении мероприятия будут получены следующие результаты: комплекс технологий, повышающих эффективность угледобычи и обеспечивающих высокий уровень промышленной безопасности, а также эффективная система оценки и управления процессами управления горным массивом и интенсификации дегазации методами направленного гидроразрыва кровли и поинтервального гидроразрыва угольного пласта для исключения динамических и газодинамических явлений; предложения о средствах реализации способов направленного гидроразрыва кровли, предварительного и оперативного управления горным давлением в различных технологических схемах (первичная посадка кровли, сохранение оставленных межлавных целиков и выработок, а также безопасного захода комплекса в предварительно созданную демонтажную камеру); новые уникальные методы и средства определения коллекторских свойств угольных пластов, повышения мониторинга их газоотдачи; обоснование геофизического метода контроля напряженного состояния газонасыщенного углепородного горного массива вблизи подготовительной и очистной выработки; методика прогнозирования и управления геомеханическим состоянием горного массива в период формирования и проявления динамических осадок основной кровли и его профилактической гидрообработки с целью недопущения динамических и газодинамических явлений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122101400004-7

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

В Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года, утвержденной правительством РФ в 2020 году, отмечена необходимость обеспечения экологической безопасности угольной промышленности, в связи с ухудшением динамики показателей охраны окружающей среды от выбросов предприятий угольной отрасли. В главном угольном регионе России – Кузбассе производится почти 60% всей российской угольной продукции,

при этом наблюдается значительная техногенная нагрузка на окружающую природную среду, в том числе на водные объекты региона. Проблема очистки сточных вод горнодобывающей, в том числе и угольной промышленности кардинально не решена ни в одной стране, так как отсутствует возможность предложить и отработать единую и универсальную схему очистки стоков даже для тех предприятий, которые работают со сходными типами добываемого угля и по близким

технологиям. Так как каждое месторождение имеет свою географическую и геологическую специфику, а также технологические особенности, то и соответственно стоки, образующиеся при его разработке, будут иметь уникальный качественный и количественный состав. Очистка сточных вод угледобывающей промышленности является актуальной проблемой во всем мире, поскольку, проходя через породы, вода обогащается их составными минеральными элементами. Попадание стоков в водоем приводит к снижению его рекреационно-хозяйственных функций, проблемам с

водоснабжением, заболачиванию и т.д. Поэтому их очистка является важной составляющей охраны окружающей среды. Необходимо в будущем усовершенствовать существующие технологии очистки стоков на угольных предприятиях Кузбасса с использованием конструктивно новых эффективных технологических решений, обеспечивающих одновременно эффективность, экономичность, ресурсосбережение и снижение техногенной нагрузки на природную среду угледобывающего региона

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2023

№ 123020700165-5

Динамика концентрации и миграции радона в приповерхностной части литосферы в результате деятельности угледобывающей промышленности

Проект направлен на получение новых данных в области фундаментальной проблемы радоноопасности территорий, используемых для проведения горных работ по добыче полезных ископаемых (угля) подземным способом. Предполагается наличие связи подземных работ с концентрацией и динамикой радона в приповерхностной части литосферы, в том числе в зонах тектонических нарушений и окрестностях шахтных полей. С точки зрения актуальности, участие разрывных нарушений в выносе радона из выработанного пространства, изменение их проницаемости из-за добычи угля и изменение радоноопасности окрестностей шахтных полей не рассмотрено в мировой науке. Также не рассмотренной остается роль тектонических нарушений, располагающихся за пределами или ограничивающих шахтное поле, а их регенерация и раскрытие в результате горных работ на смежном участке литосферы может существенно изменять их первоначальные транспортные возможности для радона. Решение данной научной проблемы будет произведено с помощью комплексного подхода, который определяется: 1. Изучением основных факторов,

способных повлиять на результаты изучения концентрации и динамики радона в верхней части литосферы, а именно учет метеорологических факторов, измерения концентраций урана и тория в грунтах на разных глубинах; 2. Совместной оценкой концентрации радона в грунтах и его динамики на поверхность, которая будет определена плотностью потока радона; 3. Применением геоинформационных систем, что позволит оценить пространственные отличия изучаемых характеристик; Таким образом, представленный комплексный подход позволит достаточно точно определить влияние подземных горных работ на изучаемые параметры. Решение данных вопросов позволит создать научный задел в данной области исследований и станет основой для создания модели поведения радона в верхней части литосферы, в том числе в зонах дизъюнктивных нарушений, в горнодобывающих регионах мира. Полученные закономерности миграции и концентрации радона и их пространственные различия помогут сформулировать положения мониторинга радона для добывающих регионов

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123092700010-5

Эволюция кинетики тепломассопереноса в трещиновато-пористой структуре углевмещающих пород и обоснование технологии извлечения тепловой энергии из самовозгорающихся отходов угледобычи

Развитие горнопромышленных районов Донбасса в значительной мере определяется уровнем комплексного освоения угольных месторождений. Одними из перспективных направлений такого освоения недр является рациональное использование нетрадиционных источников энергии и складированных углеотходов. Подземная разработка угольных месторождений, отвечающая существующему уровню развития техники и технологий, связана с выдачей на поверхность углевмещающих пород и формированием соответствующих техногенных углепородных массивов. Складированные в отвалах отходы угледобычи неизбежно подвергаются окислению, самонагреванию и нередко самовозгоранию. Протекающие в техногенных углепородных массивах физико-химические процессы обычно сопровождаются длительным периодом выделения значительного количества тепла, которое до настоящего времени не утилизируется, а также пирометаморфической трансформацией отвальных пород, не нашедших пока своего промышленного использования. Породные отвалы ныне изучаются преимущественно как техногенные объекты

повышенной экологической опасности, в частности, как источники химического загрязнения воздуха и почвы. Вместе с тем, в рамках комплексного освоения угольных месторождений данные массивы следует рассматривать в качестве мощнейших генераторов и высокотемпературных аккумуляторов тепловой энергии, использование которых позволит повысить энергоэффективность угольных шахт и обогатительных фабрик. Извлекать тепло породных отвалов не представляется пока возможным из-за недостаточной изученности процессов эволюции тепломассопереноса в трещиновато-пористой структуре складированных углевмещающих пород, а также из-за отсутствия надлежащего обоснования эффективных способов отбора тепла от углепородного массива, содержащего очаговый источник тепловыделения и поверхность солнечного нагрева. Предлагаемая научно-исследовательская работа позволит устранить указанные причины и послужит созданию и дальнейшей реализации технологии извлечения тепловой энергии, генерируемой склонным к самовозгоранию породным отвалом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ГОРНЫХ ПРОЦЕССОВ»

№ 123092600006-9

РАЗРАБОТКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ОСНОВ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ РЕЛЬЕФА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ИНТЕНСИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНОГО МАССИВА

Подземные очистные работы на угольных шахтах при управлении кровлей полным обрушением вызывают проседания горного массива и деформации земной поверхности. Это, в свою очередь, негативно сказывается на объектах социальной и производственной инфраструктуры, расположенных на подрабатываемой территории, приводит к их повреждению, вплоть до утраты ими функционального состояния. Проведенные исследования показывают, что влияние мезорельефа на прогнозируемые величины деформаций является значительным и достигает 50-80 % допустимых значений наклонов, кривизны и относительных деформаций для целого ряда охраняемых объектов поверхности. На достаточно крутых склонах мезорельефа существует также проблема устойчивости склонов и склоновых подвижек грунта, представляющая угрозу фундаментам зданий, коммуникациям, трубопроводам и т.д. Не менее серьезную угрозу для объектов поверхности могут представлять и динамические явления, вызванные интенсивными деформациями горного массива при добыче угля и затоплении горных выработок. Теоретическое обоснование прогноза деформаций земной поверхности и выбора мер защиты зданий и сооружений на участках мезорельефа, подрабатываемых подземными горными работами, является актуальной научной задачей, решение которой имеет важное теоретическое и практическое значение для народного хозяйства и способствует повышению безопасности объектов поверхности и эффективности ведения горных работ. Цель работы - разработка геомеханических основ защиты объектов поверхности, в условиях сложной структуры рельефа подрабатываемых территорий для повышения эффективности выбора мер защиты зданий и сооружений и обеспечения их эксплуатационной безопасности; изучение закономерностей сдвижения породных слоёв над

выработанным пространством лав при ведении очистных работ; установление зон интенсивных деформаций пород действующих и закрытых (обводненных) шахт для предотвращения проявления геодинамических явлений на поверхности. При выполнении работы предполагается установить базовые закономерности совместного влияния подработки и мезорельефа на различные типы застройки, характерные для Донбасса, а также закономерности формирования зон интенсивных деформаций горного массива в действующих шахтах. Выполнение исследований призвано разработку математических моделей деформирования земной поверхности на подрабатываемых склонах мезорельефа, а также при активизации процесса сдвижения земной поверхности при затоплении горных выработок закрывающихся угольных шахт и расчёта остаточного деформационного ресурса зданий и сооружений, расположенных на подрабатываемых склонах мезорельефа. В результате выполнения работы предполагается разработка методики выбора оптимальных мер защиты объектов, расположенных на подрабатываемых склонах мезорельефа, а также создание базы данных типовых повреждений зданий на подрабатываемых территориях с мезорельефом, что позволит произвести оптимизацию технологических процессов выемки угля с учетом сохранности объектов поверхности. В результате выполнения данной работы будет представлен новый подход к обеспечению безопасности зданий и сооружений, расположенных на склонах мезорельефа подрабатываемых территорий Донбасса и в зонах влияния геодинамических процессов, что позволит поднять решение задач охраны объектов социальной и производственной инфраструктуры на подрабатываемых территориях на качественно новый, более высокий уровень

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГЕОМЕХАНИКИ, ГЕОФИЗИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА»

3.6 ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ И УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ УГЛЯ2021

№ 121031500512-2

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ, ПИРОЛИЗА И КОКСОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ, ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ, ОБРАЗОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ЗОЛЫ, РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ДЕТАЛЬНЫМ ИЗУЧЕНИЕМ СОСТАВА ПРОДУКТОВ В ГАЗОВОЙ, ЖИДКОЙ И ТВЕРДОЙ ФАЗЕ СОВРЕМЕННЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Разработка научных основ термических превращений, пиролиза и коксования углей современными физико-химическими методами с детальным изучением состава продуктов в газовой, жидкой и твердой фазе. Разработка методики он-лайн контроля состава газовой и жидкой фазы в процессе пиролиза. Изучение углеродной структуры и дефектности углеродного каркаса твердых продуктов физико-химическими методами, в том числе методом спектроскопии комбинационного рассеяния света. Синтез и физико-химическое исследование углеродных наноматериалов, модификация и исследование их свойств в каталитических и электрохимических приложениях. Исследование высокодисперсных частиц угля, золы и техногенных отходов, физико-химическими методами. В соответствии с современным уровнем развития науки об угле и мировым опытом функционирования углехимических производств для производства различных видов химической продукции необходимо учитывать вещественный состав и свойства углей, в первую очередь их органической составляющей — основным носителем свойств ископаемых углей. Особенно это актуально для нашей страны, где уголь используется

практически во всех отраслях промышленности. Термическая переработка каменного угля широко применяется для получения различных углеродистых твердых материалов, и жидких и газообразных продуктов. В связи с этим, в зависимости от назначения конечных продуктов пиролиза, исходным сырьём для переработки может быть практически любой уголь. Газообразным продуктом пиролиза каменного угля является так называемый пиролизный газ, представляющий собой смесь горючих газов и различных химических соединений. Во многих странах мира пиролизный газ сегодня используется как альтернативный источник энергии, в первую очередь, тепловой. Помимо этого, пиролизный газ также как и каменноугольную смолу можно использовать и для получения различных химических соединений. Жидкие продукты коксования используются как сырьё для промышленного производства целого ряда органических веществ. Для более корректного обоснования состава продуктов пиролиза необходимо учитывать степень химической зрелости угля, особенности вещественного и фрагментарного составов органической массы углей. Выполнение работы позволит разработать научные основы

термических превращений, пиролиза и коксования углей. Будут установлены закономерности изменения состава газовой и жидкой фазы в зависимости от генетической зрелости угля. Будет изучена углеродная структура и дефектность углеродного каркаса твёрдых продуктов физико-химическими методами, в том числе методом спектроскопии комбинационного рассеяния света. Научная значимость планируемых результатов – в исследовании направлений и механизмов трансформации компонентного состава углей в процессе пиролиза, установлении зависимостей изменения компонентного состава газообразных, жидких и твердых продуктов пиролиза углей в зависимости от стадии метаморфизма. Практическая значимость проекта – полученные результаты позволят разработать основу новых и скорректировать традиционные технологии углехимических производств для получения ценных продуктов и материалов

на основе угольного сырья. Также в данном проекте будут исследованы процессы синтеза азот- и кислородсодержащих углеродных наноматериалов для создания нанокомпозитов. В рамках проекта будут проведены исследования механизма встраивания гетероатомов в структуру углерода и определение электронного состояния гетероатомов. Функционализация углеродной поверхности гетероатомами повышает прочность связи нанесенных активных компонентов с поверхностью, что чрезвычайно важно при использовании их в качестве носителей катализаторов. Практическая значимость проекта состоит в создании новых углеродных материалов, в том числе модифицированных различными способами и будут проведены систематические исследования функциональных свойств полученных материалов в каталитических приложениях и в электрохимических процессах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121051700136-1

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ КАПЕЛЬ СУЩЕСТВЕННО НЕОДНОРОДНЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ

Проблема технологического отставания отечественного автомобильного двигателестроения от западных (США, Германия, Англия) и восточных (Япония) конкурентов постепенно нарастает. При этом можно отметить, что такая тенденция сохраняется для бензиновых, дизельных и перспективных водоугольных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Но стоит отметить, что до сих пор не разработаны серийные образцы водоугольных ДВС. Последнее связано с не изученностью основных аспектов физики воспламенения частиц водоугольного топлива в условиях, соответствующих камерам сгорания поршневых двигателей. По этой причине разработка основных элементов теории и обеспечивающей ее математической базы процессов зажигания капель ВУТ в условиях, соответствующих камерам сгорания ДВС, является актуальной и не решенной (на данный момент) задачей. Планируется проведение экспериментальных исследований воспламенения частицы водоугольного топлива в условиях, соответствующих камерам сгорания ДВС. С этой целью будут сконструированы и изготовлены экспериментальные стенды для изучения процессов зажигания частиц ВУТ при электроискровом нагреве. Это позволит детально изучить все стадии

термической подготовки, протекающие в индукционный период. В результате экспериментальных исследований будут определены времена задержки воспламенения в зависимости от условий работы камеры. На основе анализа экспериментальных результатов будет сформулирована математическая модель физико-химических процессов тепло- и массопереноса, протекающих совместно в условиях интенсивных фазовых (испарение воды) и термохимических (термическое разложение органической части топлива, термохимическое взаимодействие водяных паров и углерода кокса, окисление продуктов пиролиза) превращений при радиационно-конвективном и электроискровом нагреве. Будут решены соответствующие задачи зажигания частиц водоугольного топлива. Верификация математической модели будет проводиться путем сравнения результатов экспериментов и теоретических следствий. В результате выполнения проекта будут разработаны рекомендации по выбору конструктивных характеристик водоугольных ДВС. Последние (в перспективе) могут стать основой при проведении опытно-конструкторских работ по двигателям на ВУТ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121040100067-8

РАЗРАБОТКА УГЛЕРОД-НЕЙТРАЛЬНОГО ЦИКЛА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ

Сравнительно недавно фокус промышленной химии сместился с традиционных понятий о выходах реакций и объемах добычи полезных ископаемых в область приоритета технологий устойчивого развития (sustainable technologies), использования возобновляемых ресурсов и альтернативных источников энергии. Основным стимулом развития новой химической парадигмы послужили: 1) поиски альтернативных углеводородных ресурсов и 2) неотложная необходимость ликвидации накопившихся отходов. С одной стороны, истощаемость (конечность запасов) углеводородного сырья очевидна, поэтому так или иначе современной науке приходится искать безуглеводородные пути производства для ключевых индустриальных продуктов. С другой стороны, затраты на ликвидацию отходов некоторых современных производств в десятки и сотни раз превосходят стоимость полученных целевых продуктов, что существенно тормозит развитие промышленности. Одновременное решение обеих проблем можно получить путем переработки имеющихся отходов в ценный продукт: карбид кальция. Карбид кальция – одно из самых важных неорганических соединений. Это единственный карбид, который производится

промышленностью практически с момента открытия в крупнотоннажном формате. Синтез карбида осуществляется из неорганических ресурсов: углерода и извести. Причем в качестве источника углерода используются самые разнообразные ресурсы: уголь, кокс, антрацит, сажа и пр., а сам процесс проходит при температурах близких к 2000 °С. Таким образом, формат сырья не является принципиальным в данной реакции (процесс толерантный). Если в качестве источника углерода использовать не уголь, а органические отходы или отходы от переработки биомассы, то при таком нагреве практически все органические соединения будут подвергаться пиролизу, основным продуктом которого является углерод, который будет реагировать с известью и переходить в карбид. Посредством такого синтеза многие отработанные органические соединения могут быть возвращены в производственный цикл, в том числе, отходы от переработки биомассы и отработанные полимеры (н-р, полиэтилен). Такая регенерация (рециклизация) позволяет решить сразу две ключевые задачи: источников сырья и утилизации отходов. Основной областью применения карбида является получение ацетилена (гидролиз), после которого

образуется так называемый карбидный шлак, состоящий в основном из гидроксида кальция. При нагревании гидроксид кальция превращается в оксид кальция - стартовый реагент в синтезе карбида. Оксид кальция может быть (и должен быть) возвращен в технологическую цепочку производства карбида, т.к. в этом случае экономятся существенные затраты на добычу известняка, доставку породы на завод и вывоз шлама. Фактически производство карбида кальция может потреблять органические отходы (определенные типы) и производить ацетилен, не нуждаясь при этом в углеводородах как таковых, и не нуждаясь в источнике кальция. Целью настоящего проекта является разработка подхода к рециклизации органического углерода посредством создания углерод-нейтральной технологии на основе карбида кальция. В ходе реализации проекта предполагается решение двух ключевых задач: 1) разработка и оптимизация новой методологии синтеза карбида кальция из органических отходов; 2) создание новых путей применения карбида кальция. Первая задача будет решаться посредством сплавления различного состава шихт в вольфрамовых и молибденовых тиглях термобарометрического анализатора, соединенного с масс-спектрометром. Это позволит не только определить выход реакции, но и выбрать наиболее подходящие субстраты для синтеза карбида, что позволит исключить появление нежелательных продуктов. Оптимальные условия реакции будут проверены на больших загрузках в плавильной вакуумной печи. Далее полученный карбид будет протестирован в ряде реакций и проверен на чистоту. Предлагаемый

подход к синтезу карбида является принципиально новым, не освещенным ранее в литературе. Вторая задача будет решаться посредством вовлечения карбида кальция в новые синтетические трансформации для демонстрации его потенциала. А именно: А. Будет предложена универсальная методика допирования высокочистого графита различными металлами посредством нагревания смеси карбида кальция с солями металлов в токе галогена. В результате будет получен высокочистый углерод, на поверхности которого будут депонированы наноструктурированные металлы. Планируется получать палладий, платину, рутений на угле с развитой уникальной морфологией. Полученные материалы будут протестированы в качестве катализаторов различных реакций. Б. Будет осуществлена реакция фотопротомиируемого циклоприсоединения генерируемого *in situ* ацетилена к еноновым субстратам. Источником излучения будут являться диоды. В) На никелевых катализаторах будет осуществлена тримеризация (и полимеризация) *in situ* генерируемого ацетилена с целью получения бензола, винилацетилена и иных углеводородов. Г) Карбидный шлак, полученный в ходе органического синтеза, будет использован для получения строительного материала с последующей проверкой прочности. Д) Будет разработан и продемонстрирован подход электрохимического генерирования воды с последующим гидролизом карбида и внедрением таким образом ацетиленового фрагмента в состав органических соединений. Все указанные процессы являются принципиально новыми, не озвученными и не освещенными ранее в литературе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121031500513-4

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПИРОЛИЗА, ГАЗИФИКАЦИИ И ЗАЖИГАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Актуальность проблемы определяется тем, что процессы лазерного зажигания углеводородных топлив и ископаемых углей в зависимости от их химического состава и выхода летучих веществ в настоящее время изучены недостаточно. Фундаментальные исследования в этом направлении важны как для развития теоретических моделей, так и для нахождения оптимальных условий зажигания пылеугольного топлива. В настоящей работе будут выполнены экспериментальные исследования зажигания и пиролиза уникального набора образцов углей ряда метаморфизма имеющегося в Кузнецком бассейне при воздействии импульсного лазерного излучения с длиной волны 1064 нм с длительностью импульса 14 нс и 120 мкс. Лазерное зажигание углей исследовалось в основном в поле излучения неодимового лазера с длительностью импульса 0.1–5 мс [1, 2]. Процесс зажигания состоит из стадий пиролиза, зажигания летучих веществ и горения твердого остатка [1, 2]. Наиболее реакционноспособными являются угли с большим количеством летучих веществ, для них фронт пламени лежит в газовой фазе. Для образцов с малой долей летучего вещества фронт пламени лежит на поверхности частицы [2]. Важной особенностью является поглощение большей части радиации продуктами пиролиза, что приводит к экранированию твердой частицы [3]. Показана возможность образования фронта горения угольной пыли взвешенной в воздухе при лазерном облучении [4] и пробоя кислород-водородной смеси вблизи угольной поверхности [5]. Предложены модели лазерного зажигания угля, включающие в себя процессы тепло-массопереноса, пиролиза (с

постоянной и распределенной энергией активации), горения в газовой фазе, гетерогенного горения твердого вещества [6], поглощения излучения твердым веществом и продуктами пиролиза [7]. Таким образом, лазерное зажигание углей представляет значительный интерес в мировой науке. Все экспериментальные работы, осуществленные к настоящему времени, проведены при использовании длинных импульсов лазерного излучения. Используемые для исследования кинетики реакции методы не позволяли выделить возможные промежуточные продукты и их температуру, поэтому весь комплекс результатов имеет полуквантитативный характер и мало пригоден для построения обоснованных математических моделей актуальных процессов. Работы по зажиганию углей короткими мощными лазерными импульсами (длительность 0.01–100 мкс) практически отсутствуют. В связи с выше изложенным, задачи, которые будут решаться в данном проекте являются актуальными и внесут вклад в разработку более точного механизма лазерного зажигания и пиролиза углей, нежели существующие в настоящее время. 1. J. C. Chen, M. Taniguchi, K. Narato, K. Ito. // Comb. Flame. V. 97, № 1, 1994, pp. 107–117. 2. D. Zhang. // Combustion and flame. V. 90. 1992. pp. 134 - 142. 3. T.X. Phuoc, M.P. Mathur, J.M. Ekmann. // Comb. Flame. V. 93. 1993. pp. 19 – 30. 4. M. Taniguchi, H. Kobayashi, K. Kiyama, Y. Shimogori. // Fuel. V. 88. 2009, pp. 1478–1484. 5. Q. Yang, Z. Peng // Int. J. of Hydr. En. V. 35. 2010, pp. 4715–4722. 6. K. Annamalai, P. Dubertaki. // Comb. Flame. V. 29. 1977. pp. 193 – 208. 7. T. X. Phuoc, M. P. Mathur, J. M. Ekmann, P. Durbetaki. // Comb. Flame. V. 94. 1993. pp. 349–362.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2022

№ 122080500148-5

ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАХОРОНЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Настоящий проект посвящен изучению способа генерации водорода из ископаемого сырья. На сегодняшний день существует несколько способов получения водорода, однако наиболее экологичные способы отличаются высокой стоимостью и энергозатратами, а остальные способы приводят к большому количеству выбросов парниковых газов. Основной целью данного проекта является изучение процесса генерации водорода из метана в условиях залегающих углеводородных пластов и за счет реализации метода внутрипластового горения (ВПГ) углеводородов, с возможностью параллельного захоронения парниковых газов. Предлагаемая технология подразумевает закачку катализатора и повышение температуры пласта за счет закачки пара и воздуха с последующим осуществлением процесса ВПГ. В результате закачки пара происходит формирование активного катализатора, который активизирует процессы конверсии метана в водород (паровая конверсия, крекинг). Фундаментальные исследования, которые предлагаются в рамках данного проекта, позволят получить новые знания о принципах и параметрах реализации процесса синтеза промышленного количества водорода в условиях углеводородных месторождений, а также о химических реакциях генерации водорода из метана за счет построения кинетической модели реакций. В рамках проекта будут решены такие задачи, как разработка кинетической модели реакций преобразования метана в водород в процессе ВПГ, влияние катализаторов на ускорение процесса генерации водорода, экспериментально и численно смоделированы внутрипластовые процессы с установлением ключевых параметров генерации водорода, а также изучена возможность параллельного захоронения парниковых газов. В качестве основного способа

экспериментального моделирования внутрипластовых процессов предлагается применять методику создания высоких давлений и температур, в присутствии керновой модели реального месторождения, в различных реакторах автоклавного типа. По результатам интерпретации данных лабораторных экспериментов будет получена кинетическая модель преобразования метана в водород в процессе внутрипластового горения, механизмы реакций, а также другие входные параметры, необходимые для последующего численного моделирования. В результате адаптации данных эксперимента в компьютерной модели будут получены параметры процесса для проведения моделирования в масштабе реального месторождения углеводородов, в ходе которого будет определена энергоэффективность применяемого метода разогрева пласта. На финальном этапе исследований планируется экспериментально изучить вопросы сохранения водорода и сепарации газовой смеси в пласте, и процессы захоронения парниковых газов, в частности CO₂. Полученные в ходе настоящего исследования данные позволят сделать прогноз эффективности применения метода ВПГ для генерации водорода. Полученные результаты могут стать значимым вкладом в развитие технологии низкоуглеродного производства водорода из ископаемого сырья в России. Результаты выполнения заявленного комплекса задач (экспериментальные исследования, численное моделирование, прогнозные оценки) будут иметь практический потенциал для снижения количества выбросов парниковых газов в атмосферу и расходы на их утилизацию в рамках стратегии РФ по переходу к углероднейтральной экономике. Настоящий проект раскрывает передовую для российской науки и индустрии тему, а также является уникальным, не имея аналогов в России.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122040200002-7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ДИНАМИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (МЕТОДА КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК), СВОДЯЩЕГО РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ К ЗАДАЧЕ ЛИНЕЙНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

При расчетах как нестационарных, так и стационарных режимов теплоэнергетических установок возникает необходимость проводить динамические расчеты отдельных элементов установок: теплообменников, турбомашин, топков и камер сгорания трубопроводов и др. Например расчет установившегося режима работы высокотемпературного теплообменника периодического действия используемых в ПГУ с газификацией угля сводится к решению систем дифференциальных уравнений в частных производных (СДУЧП). Поэтому работа направленная на повышение эффективности таких расчетов является актуальной. Особенностью указанных расчетов является то, что термическое состояние керамической засыпки, через которую осуществляется теплообмен между греющими продуктами сгорания и нагреваемым воздухом в начальный момент времени заранее не известно. Это затрудняет использование для решения данной задачи известных методов конечных разностей (МКР), контрольных объемов (МКО) и конечных элементов (МКЭ). Для подобных задач эффективным является разработанный в ИСЭМ СО РАН (при участии авторов заявки) метод контрольных точек (МКТ), сводящий решения систем дифференциальных уравнений к решению задач в частных производных. Он основан на поиске таких значений коэффициентов линейных разложений базисных функций, представляющих зависимости искомых из СДУЧП функций от пространственных координат и времени, при которых минимального значения достигает максимальная

по модулю невязка, определяемая среди всех невязок в заданных контрольных точках расчетной области. При этом выделяются невязки образующиеся при подстановке в дифференциальные уравнения линейных комбинаций базисных функций и их производных, а также невязки между заданными значениями параметров в некоторых контрольных точках и их расчетными значениями. При этом используются относительные невязки получающиеся при делении абсолютных невязок на требуемую точность для абсолютных невязок соответствующего вида. Следует отметить, что в задачах ЛП гораздо легче задать граничные условия, чем в системах линейных уравнений к которым сводятся решения МКР, МКО, МКЭ. Следует отметить, что МКТ предназначаются для решения линейных систем дифференциальных уравнений в частных производных. В рамках данного проекта предполагается разработка подхода для решения системы нелинейных дифференциальных уравнений без выхода за рамки задач ЛП (на основе использования теории двойственности в ЛП), разработка эффективных методов решения задачи ЛП с учетом ее особенности для МКТ (число ограничений-неравенств гораздо больше числа оптимизируемых параметров). Предполагается разработать метод декомпозиции, сводящийся к решению задач ЛП с тем же числом оптимизируемых параметров и гораздо меньшим числом ограничений-неравенств. При этом появляется возможность выполнения параллельных вычислений. В прикладной части проекта предполагается выполнить расчеты

теплообменников непрерывного действия с оценкой влияния теплопроводности материала засыпки на эффективность теплообмена. При высокой теплопроводности система дифференциальных уравнений в частных производных является жесткой и требует при использовании МКР, МКО, МКЭ малых шагов по времени, что крайне усложняет расчеты. Для улучшения сходимости обычно принимается предположение, что температура материала засыпки во всех точках элемента

засыпки (шара) является одинаковой. Но при этом влияние теплопроводности материала засыпки на эффективность теплообмена учесть практически невозможно. Другая практически важная задача – расчет явления гидроудара в трубопроводах, связывающих энергетическое оборудование. При этом система дифференциальных уравнений является жесткой, что сильно увеличивает время расчета.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРGETИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123071800011-6

РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА СЛОЕВОГО ГОРЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

Объектом исследования является разработка каталитического модификатора слоевого горения и газификации угля. Проект направлен на разработку и апробацию различных составов новых типов каталитических модификаторов конверсии угля, выполненных на основе оксидов переходных металлов и их прекурсоров. Актуальность проекта обусловлена активным развитием и поиском новых возобновляемых источников энергии. Уголь, как один из самых распространенных и легкодоступных энергетических

ресурсов, в ближайший период времени будет являться востребованным видом топлива в энергетической отрасли, как в России, так и за рубежом (Китай и другие страны). Целью проекта является определение оптимальных технологических параметров и условий для обеспечения эффективного процесса каталитической термоконверсии твердого топлива с обобщением и апробации разрабатываемых типов и составов добавок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123092700024-2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ КОМПОЗИТНОГО ТОПЛИВА ИЗ УГЛЯ И ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

В рамках фундаментальной научной проблемы динамики реагирующих многофазных сред проект направлен на исследование физико-химических процессов при горении и газификации композитного топлива из угля и отходов деревообрабатывающих производств, применительно к разработке научных основ создания новых комплексных энергоресурсоэффективных экологически безопасных технологий использования и переработки органического топлива и отходов. Задача изучения закономерностей процессов переноса при горении и газификации дисперсного топлива важна для развития ряда отраслей знания, таких как механика многофазных реагирующих сред, теплофизика, химическая физика, энергетика. Будут получены новые экспериментальные данные по созданию композитных частиц, состоящих из угольного топлива различной степени метаморфизма и отходов деревообрабатывающих производств с применением высокоинтенсивной механохимической обработки топлива. На модельных тепловых стендах будут получены кинетические характеристики полученного композитного топлива с определением температуры воспламенения, предэкспоненциальный множитель, энергия активации и др. Полученные фундаментальные результаты

будут использованы для определения условий совместного сжигания и газификации композитного топлива на крупных полупромышленных стендах. Новизна идеи проекта заключается в использовании эффекта механоактивации (Патент РФ на изобретение № 2635178 Двухступенчатая вихревая горелка, 2017; Патент РФ на изобретение № 2631959 Способ сжигания угля, подвергнутого механохимической и плазменной обработке, 2017) композитного топлива повышенной химической активности при исследовании, разработке, создании и испытании горелочных устройств и поточных воздушных газификаторов с повышенной температурой дутья. Имеющаяся в распоряжении коллектива экспериментальная база, наряду с опытом коллектива в области теплофизики, механохимии и энергетики позволяют провести взаимодополняющие друг друга теоретические и экспериментальные исследования эффективности разрабатываемых подходов и технологий. В использовании результатов проекта заинтересованы многие предприятия реального сектора экономики. Высокая научная квалификация коллектива, имеющий опыт и задел являются гарантией успешного выполнения проекта, как в научном, так и прикладном плане.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу

2021

№ 121081800047-6

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ УГЛЕЙ И КОКСОВ С КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ДОБАВКАМИ ОКСИДОВ И СОЛЕЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Одним из современных подходов к эффективному использованию потенциала химической энергии углей и коксов является их каталитическое горение. Этот способ позволяет снизить температуру процесса горения и увеличить глубину конверсии, в результате чего повышается энергетический потенциал топлива, сокращаются потери

тепла, упрощается процесс управления горением и снижается антропогенная нагрузка на окружающую среду. Несмотря на ряд достоинств, каталитическое горение углей имеет ограничение по организации процесса, т.к. должен быть обеспечен плотный контакт катализатора и угольного топлива, что зачастую трудно получить традиционными

методами смешения. Актуальной проблемой для практических систем является поиск новых систем «уголь-катализатор», основанных на применении новых способов интегрирования каталитических добавок в структуру угля или использования солей, являющихся прекурсорами оксидов металлов (традиционных катализаторов). Несмотря на серьезный интерес к данной тематике, сведения по теории и экспериментальным исследованиям процессов совместного горения угля с активирующими добавками (оксиды металлов и их прекурсоры) ограничены и требуют физико-химического обоснования. Условия протекания этого процесса могут иметь существенные отличия от преобразования угля без добавок в связи с непрерывно изменяющимся фазовым составом добавки (соль/промежуточное соединение/оксид/металл) в процессе термического разложения композитных топлив, что вносит существенные коррективы в условия процесса горения углей. Кроме того, применение солевых добавок, растворимых в воде, в отличие от оксидных добавок, применяющихся только в сухом виде, позволяет homogenно распределить добавку по всему объему угольного топлива. Таким образом, целью данного проекта является определение механизма процесса интенсифицированного горения углей и коксов каталитически активными добавками. Образцы коксов будут получены методом пиролиза исследуемых углей. При выполнении проекта предполагается использование оксидов различных переходных металлов (железа, меди, марганца, никеля, натрия, хрома, кобальта и т.д.) и их прекурсоров в виде солей (нитратов, ацетатов, карбонатов, сульфатов (для сравнения)), как активирующих добавок, направленных на повышение реакционной способности топлив различной степени углефикации (уголь, антрацит, коксы). Изменение реакционной способности углей в зависимости от типа введенной каталитической добавки будет исследовано с помощью термогравиметрического и масс-спектрометрического анализов в режиме окисления при различных температурах (от 100 до 1200 °C), скорости нагрева и состава газовой фазы (воздух/аргон). С помощью высокоскоростной видеосъемки и малоинерционных термопар будут определены начальные (пороговые)

температуры горения исходных и модифицированных образцов углей и коксов и получены временные характеристики процесса горения топлив в условиях, приближенных к реальным параметрам камеры сгорания. Также будет выполнено исследование влияния внесения каталитически активных добавок в структуру угля различными способами (механическое смешение, влажная или капельная пропитка, прокаливание и т.п.) на изменения их реакционной способности. В работе будет рассмотрено влияние степени углефикации исследуемых топлив при действии используемых добавок. Одной из задач настоящего проекта является проведение апробации исследуемого процесса активируемого горения энергетических углей и коксов в реальных условиях с помощью опытно-промышленной установки сжигания твердых топлив. Таким образом, будет определена зависимость влияния технологических параметров процесса на эффективность используемых добавок с проведением оценки энергетического потенциала системы и ее антропогенного воздействия на окружающую среду. На основании полученных результатов будет предложен механизм каталитической активации углей в присутствии каталитически активных добавок, который может иметь стадийность в ходе фазовых превращений, а также критерии масштабирования и показатели эффективности процесса интенсифицируемого горения. Работу планируется проводить в сотрудничестве с коллегами из ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН», ФИЦ «Институт катализа СО РАН» и НИТУ МИСиС, являющимися ведущими научными школами в области углехимии, катализа и угольной энергетики. Проект является частью общей работы по теме КНТП «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья, при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения». https://xn--42-bmce4b.xn--p1ai/kntp_coal

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121072800022-1

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕМПЕРАТУРООТВЕРЖДАЕМЫЕ ЭКОГЕОПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВ МЕСТНЫХ ТЭЦ

В современном мире энергетика является жизнеобеспечивающей отраслью, в составе которой на долю угольной генерации приходится около 40% вырабатываемой электрической энергии и до 60% тепловой. При этом получение энергии на тепловых электрических станциях сжиганием ископаемых твердых топлив – угля, сланцев, торфа – неминуемо сопровождается производством золошлаковых

отходов. В Российской Федерации к 2020 году накопленный на полигонах объем золошлаковых отходов составил 1,8 млрд т. Учитывая прогнозируемый рост угольной генерации на 30 - 50% в сравнении с существующим уровнем, можно ожидать дополнительно образование 20-25 млн т. ЗШО ежегодно, что составит к 2030 году - 2,0 млрд т.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 121120700071-8

МОДИФИКАЦИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ СТРУКТУРЫ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ И СНИЖЕНИЯ ШЛАКОВАНИЯ

Одним из наиболее широко распространенных в мире промышленных способов генерации тепловой и электрической энергии является сжигание энергетического топлива в топках котлов на тепловых электрических станциях и отопительных котельных. Типичными проблемами сжигания твердых, жидких и композиционных топлив (смесь нескольких компонентов) являются коррозия и шлакование поверхностей нагрева. Наиболее актуальной задачей в области теплоэнергетики является снижение выбросов парниковых газов в атмосферу путем вовлечения в топливно-энергетический цикл композиционных топлив

на основе низкосортных углей, жидких горючих отходов и биомассы. В случае применения таких топлив на практике (на действующих энергогенерирующих объектах) низкотемпературная коррозия и шлакование поверхностей нагрева неизбежны из-за изменения температурного режима внутри топки котла. Эти негативные последствия возникают из-за свойств минеральной негорючей части композиционного топлива (как жидкой, так и твердой). При относительно высоких температурах внутри топки котла, минеральная часть топлива переходит из твердого состояния в пластичное. Поэтому зола, двигаясь по газо-воздушному

тракту топки котла, соударяясь с поверхностями нагрева находящимися как в самой топке, так и в ее конвективной части, осаждаются на экранных трубах, пароперегревателе и других поверхностях нагрева, образуя золошлаковый слой и тем самым ухудшая характеристики теплопередачи, что, в свою очередь, приводит к снижению всех основных параметров котла и к последующему его аварийному останову. Наряду с этим относительно высокие концентрации влаги в композиционном топливе, которая оказывает положительное влияние на экологические характеристики дымовых газов, ведут к развитию низкотемпературной коррозии в конвективной части топки котла. В мировой практике существуют разные методы борьбы с этими проблемами, но наиболее широко известные способы, как правило, лишь снижают интенсивность протекания процессов. Поэтому проблемы низкотемпературной коррозии и шлакования поверхностей нагрева остаются актуальными на сегодняшнее время. Получение новых знаний в области химической физики и материаловедения способствует не только развитию фундаментальной науки, но и разработке теоретических основ перспективных промышленных технологий. Развитие теории модификации характеристик поверхностей металлов и сплавов лазерным излучением, а также всестороннее изучение процессов горения композиционных топлив в рамках настоящего проекта будет направлено на повышение энерго- и ресурсоэффективности длительно эксплуатирующихся объектов теплоэнергетики (паровых и водогрейных котлов), химической промышленности (реакторов непрерывного действия). Актуальность задач фундаментального характера определяется современными требованиями к повышению энергоэффективности и ресурсосбережения, снижению негативного экологического воздействия на

окружающую среду в отраслях промышленной энергетики. К перспективным направлениям развития процессов горения конденсированных веществ и последующего преобразования тепловой энергии относится разработка энергоэффективных способов сжигания композиционных топлив и перспективных методов снижения интенсивности низкотемпературной коррозии и шлакования поверхностей нагрева. Такие мероприятия позволяют повысить производительность энергогенерирующих объектов, уменьшить негативное воздействие газообразных продуктов на окружающую среду. Уже полученные к настоящему времени результаты позволяют сделать вывод, что для решения группы актуальных задач использование новых видов композиционных топлив (смесь низкосортного твердого топлива, жидких горючих отходов, биомассы) и перспективных способов модификации характеристик поверхностей металлов и сплавов (лазерным излучением) находятся вне конкуренции. Научная новизна предлагаемого проекта состоит реализации комплексного подхода к проведению лабораторных и полевых исследований группы взаимосвязанных процессов, протекающих в топках котлов при сжигании композиционного топлива и газозоообразных продуктов сгорания. Стоит отметить, что в настоящее время в рамках тематик создания перспективных композиционных топлив и эффективных способов снижения интенсивности шлакования и низкотемпературной коррозии поверхностей нагрева различного назначения работают ведущие научные коллективы международного уровня. Но подходы и методы, развиваемые членами научной группы предлагаемого проекта, постановки задач и получаемые результаты не имеют аналогов в мировом научном сообществе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121040200099-8

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЖИГАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ТОПЛИВ В УСЛОВИЯХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ КОСМОСА, АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

Установлено достаточно существенное отличие закономерностей и характеристик физико-химических процессов, протекающих при зажигании и горении перспективных гелеобразных топлив, по сравнению с широко распространенными жидкими и твердыми топливами. Поэтому проект направлен на всестороннее изучение гелеобразных топлив для формирования научного задела, обеспечивающего преимущество Российской Федерации в освоении космоса, а также для развития перспективных технологий вовлечения низкосортных энергоресурсов в топливно-энергетический сектор, в том числе способствующих освоению территорий Арктики и Антарктики. Будущие достижения в области практического применения гелеобразных топлив будут зависеть от успехов в реализации научно-исследовательских

работ в рамках приоритетных направлений приготовления топливных составов, их транспортировки и распыления, сжигания. При реализации проекта будет выполнен цикл экспериментальных и теоретических исследований, направленных на повышение содержания мелкодисперсных частиц металлов в топливных составах, снижение вязкости распыляемых топлив в условиях транспортирования по трубопроводам, повышение эффективности процессов распыления и горения топлив в камерах сгорания. Основным результатом проекта будет заключаться в разработке физических и математических моделей зажигания и горения частиц (капель расплава) гелеобразных топлив, описывающих большую совокупность взаимосвязанных физико-химических процессов в конденсированной фазе и газовой среде.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122021900016-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПОРистой СТРУКТУРЫ ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ ГЕОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

В Российской Федерации накопленный на полигонах объем золошлаковых отходов составил 1,8 млрд т., дополнительно ежегодно образуется 20-25 млн т. ЗШО. При этом золошлаки являются ценным сырьем для индустрии строительных материалов. Уникальным технологическим методом, позволяющим получать долговечные негорючие строительные материалы различного назначения, является т.н. «геополимерная» технология или технология щелочной активации. Наиболее перспективным в настоящее время является разработка высокопористых геополлимеров. Основной целью

исследования является изучение возможности и особенностей получения пористых щелочеактивированных геополлимерных материалов на основе золошлаковых отходов ТЭС. Научная значимость заключается в формировании базовых принципов разработки и управления свойствами эффективных вспененных геополлимеров на основе экономически доступного сырья, а именно отходов сжигания твердых топлив ТЭС, что позволит получить эффективные теплоизоляционные материалы и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет рециклинга промышленных

отходов с функцией тепловой изоляции. Реализация проекта позволит в будущем удешевить технологию производства пористых теплоизоляционных силикатных материалов за счет снижения энергоемкости термической обработки и снижения

стоимости за счет использования в качестве основного сырья промышленных отходов, сохраняя при этом требуемые показатели свойств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122080300093-0

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ СВЧ-ПИРОЛИЗА ИЗ БИО-УГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Негативное воздействие энергетики на окружающую среду и изменение климата планеты приводит к выводу о необходимости замещения ископаемых органических топлив возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ). Однако, как показывают прогнозы экспертов, ископаемое топливо еще долгие годы будет занимать серьезную долю в топливно-энергетическом балансе. В этой связи перспективным направлением является совместное энергетическое использование ресурсов угля и биомассы. Опыт совместного сжигания био-угольных топливных композиций показывает, что исходя из технико-экономических соображений доля биомассы в таких композициях не должна превышать 10-20%. Необходим поиск направлений, позволяющих повысить эффективность энергетического использования био-угольных топливных композиций. Одним из наиболее эффективных, доступных и развивающихся в последнее время способов энергетического использования органического сырья (в частности биомассы) является его термическая переработка с целью получения облагороженного топлива в твердом, жидком и газообразном состояниях. Особенно можно выделить СВЧ-пиролиз, как технологию наиболее глубокой, быстрой и управляемой термической переработки. Однако до настоящего времени отсутствует четко систематизированная информация о механизме действия сверхвысокочастотного излучения при пиролизе топлив с различным органическим составом, долей минерализации и характеристиками. Более того, СВЧ-переработка топливных композиций на основе углей разной степени метаморфизма или смесей биомассы с углем изучена крайне мало, хотя, как показано выше, совместное энергетическое использование угля и биомассы является одним из перспективных направлений в современной энергетике. Целью работы является разработка научно-технических основ технологии получения продуктов СВЧ-пиролиза из био-угольных композиций. При выполнении исследований будут проведены численные и натурные эксперименты, которые позволят определить оптимальные составы био-угольных топливных композиций в зависимости

от конечного применения получаемой продукции (газообразное, жидкое или твердое топливо, сорбент или углеродистый восстановитель для металлургии) и механизм термической деструкции в условиях сверхчастотного воздействия. Результаты СВЧ-переработки био-угольных композиций будут сопоставлены с данными «традиционной» пиролитической переработки (быстрый и медленный типы пиролиза). Помимо этого, исследуя комбинации из топлив с различной степенью минерализации (несколько видов биомассы и пробы угля, находящегося на разной степени углефикации: от ранних видов бурого угля до антрацита) и используя седиментационное разделение в жидкостях с различной плотностью для выделения фракций разной зольности, будет изучено влияние компонентов неорганической части топлива на протекание процессов пиролитического разложения в условиях СВЧ-излучения. В результате выполнения проекта будет разработан метод получения продуктов СВЧ-пиролиза из био-угольных композиций с использованием электромагнитного микроволнового излучения; установлены рациональные режимы воздействия излучения на био-угольную композицию; исследованы свойства получаемых продуктов (теплотехнические и теплотехнические характеристики, структура поверхности и текстурные характеристики и др.); описаны механизм и процессы термической переработки био-топливных композиций в условиях сверхчастотного воздействия, влияние минеральной части исходного сырья на протекание процесса; предложено техническое решение экспериментального образца установки СВЧ-переработки био-угольных композиций производительностью 10 кг/ч. Авторским коллективом проекта запланировано опубликовать 9 статей в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus), не менее трех из которых – в журналах из первого или второго квартилей (Q1-2) по импакт-фактору JCR Science Edition; подать заявку на выдачу патента РФ на изобретение «Установка для СВЧ-пиролиза био-угольных композиций».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122090200035-0

УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ ТОПЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В современном мире энергетика является жизнеобеспечивающей отраслью, в составе которой на долю угольной генерации приходится около 40 % вырабатываемой электрической энергии и до 60 % тепловой. При этом получение энергии на тепловых электрических станциях сжиганием ископаемых твердых топлив – угля, сланцев, торфа – неминуемо сопровождается производством золошлаковых отходов. Если рассматривать в целом проблему образования отходов угольной отрасли, то наряду с золошлаковыми отходами накопление крупнотоннажных отходов происходит также на стадиях добычи и подготовки твердого топлива – угледобычи и углеобогащения. Проблема отхода от угольной генерации традиционно вызывает немало споров в мировом сообществе, но, к настоящему времени, реальной экологической и экономической альтернативе угольной генерации не существует. «Текущая глобальная ситуация и в Китае, и в Индии, и в Европе, и в Великобритании говорит

о том, что в принципе уголь не потеряет своих позиций на рынке. Важно понимать, особенно в Азии, у вас все еще есть станции, которые работают на угле. Естественно, и для генерации угля будет еще место в будущем на глобальном уровне», — подтверждает менеджер Глобального рынка угля, рынок электроэнергии, Азия, S&P Global Platts Мэттью Бойле. Таким образом, проблемы угольной генерации сосредоточены не в дилемме «быть или не быть», а в разработке и широком внедрении технологий, позволяющих сделать ее максимально «чистой», «зеленой». «Зеленые» технологии «черной» энергетики заключаются в организации работы топливных ТЭЦ на принципах высокой эффективности и низкой эмиссии в сочетании с внедрением экологических технологий комплексного и безотходного рециклинга отходов на всех стадиях угольной цепи – добычи, обогащения, сжигания. В Российской Федерации к 2021 году накопленный на полигонах объем золошлаковых отходов в сочетании с

отходами угледобычи и углеобогащения составил 1,85 млрд т. Учитывая прогнозируемый рост угольной генерации на 25-30 % в сравнении с существующим уровнем, можно ожидать дополнительно образование 20-25 млн т. отходов ежегодно, что составит к 2030 году 2,0 млрд т. В глобальной перспективе эта проблема стоит не менее остро. Ежегодно в мире образуется свыше 6 млрд т. отходов добычи, обогащения, сжигания угольного топлива. При этом, основной вклад в общий объем генерации этих отходов по данным Всемирной угольной ассоциации (World Coal Association, WCA) вносят страны-лидеры по добыче угля – Китай, США, Индия, Австралия, Россия, Южная Африка. Наличие полигонов с отходами вызывает загрязнение воздуха, рек и водоёмов, грунтовых вод, разрушение ландшафтов, что оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду и требуют незамедлительного решения данной глобальной экологической проблемы. Вместе с тем, золошлаковые отходы, а также отходы угледобычи и углеобогащения содержат в своем составе оксиды кремния, алюминия, щелочные и щелочноземельные металлов, могут являться ценным минеральным сырьем и быть пригодными для утилизации в дорожном и гражданском строительстве, производстве силикатных материалов. В 2021 году Министерством энергетики РФ разработан и представлен на утверждение в Правительство РФ «Комплексный план по повышению объемов утилизации продуктов сжигания твердого топлива», включающий юридические аспекты применения золошлаковых отходов, такие как разработку новых государственных стандартов, допускающих применение золы в качестве добавки к портландцементу, рекультиванта, меры экономического стимулирования утилизации шлаков и ряд пилотных проектов в регионах с наибольшим уровнем образования золы. Исходя из вышеизложенного, однозначно следует, что наступило время направленного выбора технологий рециклинга отходов твердотопливной энергетики, наиболее соответствующих современным экологическим вызовам - комплексных, замкнутого цикла, крупнотоннажных, максимально углеродно- нейтральных. Существующие к настоящему времени технологии обладают следующими несовершенствами: во-первых, предназначены для рециклинга только одного вида отходов – либо угледобычи, либо углеобогащения, либо углесжигания; во-вторых, в большинстве предназначены для отбора каких-либо отдельных полезных элементов, без утилизации образующегося крупнотоннажного отхода;

в-третьих, предполагают дополнительную температурную обработку отходов для получения нового продукта с соответствующим необходимым количеством сжигания топлива; в-четвертых, наиболее простые технологии, такие как добавка высокодисперсной золы к портландцементу или в качестве рекультиванта не решают проблемы утилизации всего накопленного массива отходов, а только его отдельных составляющих, и при этом не создают новых материалов. Вместе с тем, растущие темпы жилищного и промышленного строительства вызывают потребности в новых экологических материалах, по своим свойствам (прочности, долговечности, теплопроводности, биологической совместимости и другим) соответствующим или превосходящим существующие обиходные материалы, но полученным по углеродно-нейтральным безобжиговым технологиям. Такими материалами могут стать функциональные геополлимерные материалы для зеленого и «энергоэффективного» строительства, полученные в ходе реализации проекта по разработанной углеродно-нейтральной технологии рециклинга крупнотоннажных отходов топливной энергетики. Благодаря своим преимуществам – высокой степени долговечности использования и высокой эффективности – технология синтеза экологически чистых геополлимеров стала одним из ключевых и трендовых направлений исследований по использованию отходов производства. Новый класс геополлимеров – вспененных (пористых) теплоэффективных геополлимеров – может стать заменой традиционным строительным теплоизоляционным материалам – теплоэффективному керамическому кирпичу, пеностеклу, керамзиту и др. Обладая аналогичными показателями по химической инертности, плотности, теплопроводности, долговечности, прочности разрабатываемые геополлимерные материалы будут углеродно-нейтральными, для их синтеза не будут необходимы затраты топлива для достижения в печном пространстве температур 1450 – 1550 °С для осуществления реакций структурообразования. Таким образом, опираясь на вышеизложенное, предлагаемый проект, целью которого разработка научно- технологических основ рециклинга крупнотоннажных отходов топливной энергетики, включая отходы добычи, обогащения и сжигания твердых топлив, а также получения на их основе углеродно-нейтральных функциональных геополлимерных материалов для «зеленого» и энергоэффективного строительства, направлен на решение актуальной и значимой проблемы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 123011800002-0

РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Проект направлен на достижение следующих глобальных целей: -Достижение целевых показателей климатической повестки за счет улавливания и захоронения парниковых газов и снижения выбросов загрязняющих веществ при добыче и переработке полезных ископаемых. -Разработка технических решений по использованию отходов сжигания твердого топлива, добычи и переработки полезных ископаемых путем вовлечения в замкнутые производственные циклы, в том числе в строительство дорог, рекультивацию земель и восстановление нарушенных территорий. Перечень планируемых работ включает: - разработка и создание

Испытательного стенда по определению выбросов взвешенной пыли и загрязняющих веществ; - разработка и аттестация методики определения гранулометрического состава угольной пыли; - разработка методики оценки эффективности пылеподавления с использованием химических реагентов; - разработка и создание лабораторной установки по оценке поглощающей способности материалов по отношению к парниковым газам. - разработка методики оценки долговременного воздействия отходов на окружающую среду; - создание программ производственного и экологического контроля минерального сырья и отходов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

2023

№ 123091500042-1

ПОДБОР СОСТАВА ГРУНТОВ С ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОМ И ЗОЛОШЛАКОВЫМИ СМЕСЯМИ Улан-Удэнской ТЭЦ-2

Многолетние научные исследования и практика строительства показали, что одним из путей экономии материальных ресурсов является применение вторичных ресурсов - отходов промышленности, которые можно использовать или в качестве компонента для производства дорожно-строительных материалов. В России в отвалах ТЭЦ находится свыше 1,2 млрд тонн таких отходов, а уровень их утилизации составляет только около 10%. Поэтому использование отходов от сжигания твердого топлива - это не столько вопрос экономии материальных ресурсов,

сколько проблема возрастающего загрязнения окружающей среды и, следовательно, здоровья нации. Золошлаковые материалы имеют перспективу широкого применения в целях ресурсосбережения, поэтому наиболее рациональным будет их вовлечение в дорожное строительство. Поэтому целью работы является разработка составов укрепленных грунтов с применением портландцемента, золошлаковых смесей Улан-Удэнской ТЭЦ-2 и местного крупнообломочного грунта для устройства основания автомобильной дороги Новоильинск – Горхон – Кижэ - граница с Забайкальским краем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ»

4. Электроэнергетика (кроме атомной энергетики)

4.1 КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ ГТУ БОЛЬШОЙ, СРЕДНЕЙ И МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ПГУ НА ИХ ОСНОВЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ С МИНИМАЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

2021

№ 121042900080-3

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ, МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ В-С-Me1-Me2 (Me1 – Ni, V, Mo, Nb; Me2 – Cr, W, Zr, Ta) НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Объект исследования: Покрытия, полученные методом магнетронного распыления в постоянном токе (DC) и методом импульсного магнетронного распыления (HIPIMS) металлокерамических электропроводящих катодов системы В4С – два тугоплавких металла (Me1 – Ni, V, Mo, Nb; Me2 – Cr, W, Zr, Ta). В результате плазмохимических превращений на поверхности образца будет сформировано наноконпозиционное, гетерофазное боридо-карбидного класса покрытие с высокими эксплуатационными характеристиками. Цель работы: Повышение долговечности и надежности газотурбинных установок и турбокомпрессорных агрегатов в результате увеличения рабочего ресурса деталей, работающих в экстремальных условиях за счет формирования на поверхности новых многокомпонентных жаропрочных износостойких покрытий боридо-карбидного класса из тугоплавких металлов В-С-Me1-Me2 (Me1 – Ni,

V, Mo, Nb; Me2 – Cr, W, Zr, Ta). Ожидаемые результаты: (1) Оптимальные технологические условия криогенного смешивания и гомогенизации многокомпонентных порошков. (2) Экспериментальные образцы и результаты аттестации многокомпонентных (гранулометрический состав, морфология, структура, фазовый и элементный состав). (3) Оптимальные технологические условия процесса высокоскоростного газодинамического напыления многокомпонентных порошков. (4) Экспериментальные образцы и результаты аттестации консолидированных металлокерамических материалов (плотность, морфология, структура, элементный и фазовый состав). (5) Экспериментальные образцы мишеней-катодов. (6) Экспериментальные образцы наноконпозиционных, многокомпонентных жаропрочных износостойких покрытий боридо-карбидного класса из тугоплавких металлов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»

№ 121121000079-8

РАЗРАБОТКА МАЛОРАЗМЕРНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ МОЩНОСТЬЮ 30кВт для нужд распределенной энергетике

Планируется создание малоразмерной газотурбинной установки мощностью 30 кВт для нужд распределенной энергетике с улучшенными эксплуатационными характеристиками и уникальными конструктивными решениями. В ходе выполнения проекта будут решены важные научные задачи – оптимизация параметров рабочего процесса газотурбинной установки, проектирование высокоэффективных лопаточных машин, создание компактных теплообменников, изготовление большинства узлов газотурбинной установки методами аддитивной печати,

доводка узлов двигателя и создание экспериментальных стендов. Создание подобной энергетической установки поможет решить вопрос импортозамещения установок Capstone 30 в условиях усиливающихся экономических санкций против Российской Федерации и удовлетворить спрос на подобные МГТУ по всему СНГ. Работа выполняется в целях реализации программы развития Самарского университета на 2021-2030 годы в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122012700122-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУКЦИЙ ПО ВЫПЛАВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

В настоящей работе проводятся исследования по оптимальной технологии выплавки шихтовых заготовок из современных жаропрочных никелевых сплавов, предназначенных для работы в последних ступенях компрессоров, в турбинах авиационных и ракетных

двигателей, а также в газотурбинных установках. Для достижения высоких и стабильных свойств изделий из жаропрочных сплавов важно обеспечить требуемое качество шихтовых заготовок в процессе их получения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 121082300024-9

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ТРИНАРНОГО ЦИКЛА: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Проект направлен на решение проблемы повышения эффективности парогазовых установок за счет полезной утилизации источников низкопотенциальной теплоты. Будет осуществлена оптимизация тринарных циклов с различными циклами на низкотемпературных теплоносителях,

включая органические циклы Ренкина, циклы Калины, циклы Госвами и циклы на сверхкритическом диоксиде углерода. С применением численных подходов, а также путем проведения физического эксперимента на макетах-демонстраторах, изготовленных по технологии лазерного спекания порошков,

будет проведен анализ интенсивности протекания теплогидравлических процессов в каналах теплообменного оборудования на низкокипящих теплоносителях. Кроме того, будет осуществлено профилирование турбины малой мощности, работающей на низкокипящем теплоносителе. На основе анализа структуры потока в каналах теплообменного оборудования и турбомашин будут предложены методы интенсификации теплообмена и повышения

газодинамической эффективности. Окончательный вывод о целесообразности перехода к тринарным циклам будет сформирован по результатам оценок экономического эффекта от модернизации существующих парогазовых установок путем надстройки циклов на низкокипящих теплоносителях, а также от создания новых энергетических установок, полученных в ходе проведения функционально-стоимостного анализа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122020300178-0

Организация высокотехнологичного производства энерго- и ресурсосберегающих установок водоподготовки и водоочистки с получением отходов в виде товарного продукта, разработка типоразмерного ряда модульного оборудования производительностью от 1 до 500 м куб./час для современных установок тепло-, электрогенерации производственного и коммунального назначения

Целью проекта является разработка автоматизированной модульной многоуровневой системы водоподготовки производительностью до 500 м. куб./час для современных и перспективных энергоустановок производственного и коммунального назначения, обеспечивающей снижение капитальных и эксплуатационных затрат на водоподготовку, повышение ее энергоэффективности и экологичности. Организация высокотехнологичного производства данных систем с высокой долей комплектующих российского производства (обеспечение импортозамещения в данном секторе экономики). Проект направлен на решение проблем создания технических и технологических решений глубокого обессоливания природных вод на основе энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных модульных установок для создания конкурентоспособных турбин и парогазовых установок на их основе производственного и коммунального назначения: 1) Проблема преодоления ресурсных ограничений предполагает оптимизацию технологической схемы, оборудования для водоподготовки, снижение его материалоемкости, энергоемкости. 2) Проблема преодоления экологических ограничений предполагает снижение объема используемых реагентов, использования более эффективного оборудования. 3) Проблема преодоления технологических ограничений предполагает снижение зависимости российских энергетических компаний от высокотехнологичного импортного оборудования для водоподготовки и замена его технологическими аналогами российского производства. Научные и научно-технические

результаты проекта определены постановкой актуальных задач и заключаются в применении перспективных подходов и технологий. Предлагаемые технологические решения обеспечат достижение ряда технологических, экономических и экологических эффектов: – сокращение потребления реагентов на отдельных стадиях водоподготовки на 25 – 30 %; – снижение потребления удельных энергозатрат на водоподготовку до 50 %; – сокращение себестоимости получения глубокообессоленной воды на 15 – 40 %; – уменьшение содержания минеральных солей в сбрасываемых сточных водах на 90 %; – сокращения капитальных затрат на стадию глубокого дообессоливания воды – на 75 %. Достижение указанных эффектов будет обусловлено внедрением следующих разрабатываемых инновационных технических решений: – интенсификация процесса отстаивания с использованием утяжелителей; – замена ионообменного блока умягчения (либо обессоливания) на ресурсосберегающую систему низконапорного обратного осмоса (нанопермации); – регенерация высокоминерализованных стоков (отработанных элюатов), их многократное использование для регенерации Na- катионитовых смол; – замена технологии электродеионизации или фильтрами со смолой смешанного действия системой модифицированного ионного обмена анионитно-катионитного обессоливания, применяемого на стадии глубокого обессоливания воды предназначенной для подпитки котлотурбинного оборудования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ГРИГОРЬЕВИЧА И НИКОЛАЯ ГРИГОРЬЕВИЧА СТОЛЕТОВЫХ»

№ 121121600312-0

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Проект направлен на решение следующих задач: - разработка цифрового двойника и проведение виртуальных испытаний для основных узлов газотурбинных двигателей в диапазоне тяг до 1000 Н; - разработка эскизного проекта

единого газогенератора CML-100 для перспективного семейства малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД) в диапазоне тяг до 1000 Н.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 121121700046-3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОГО ПОТОКА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБОМАШИН И МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА

Центр Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (ЦНТИ СПбПУ) создан как инфраструктурная основа взаимодействия научных, образовательных и промышленных организаций для обеспечения конкурентоспособности отечественных компаний-лидеров на глобальных рынках НТИ

и в высокотехнологичных отраслях промышленности. Данная НИР, реализуемая в рамках деятельности ЦНТИ СПбПУ, является этапами проекта «Разработка методики измерения параметров трехмерного потока в условиях периодической нестационарности в проточной части турбомашин и методики проектирования газотурбинных двигателей для энергетики и транспорта». Целью данного этапа является

валидация разработанных на предыдущих этапах методик проектирования малоразмерных газотурбинных двигателей для автотранспорта и автономной энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 121080300065-8

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОГО ПОТОКА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБОМАШИН И МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА

Центр Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (ЦНТИ СПбПУ) создан как инфраструктурная основа взаимодействия научных, образовательных и промышленных организаций для обеспечения конкурентоспособности отечественных компаний-лидеров на глобальных рынках НТИ и в высокотехнологичных отраслях промышленности. Данная НИР, реализуемая в рамках деятельности ЦНТИ СПбПУ,

является этапами проекта «Разработка методики измерения параметров трехмерного потока в условиях периодической нестационарности в проточной части турбомашин и методики проектирования газотурбинных двигателей для энергетики и транспорта». Целью данного этапа является валидация разработанных на предыдущих этапах методик проектирования малоразмерных газотурбинных двигателей для автотранспорта и автономной энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 121122600014-0

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА НОВЫХ КЛАССОВ МЕХАНИЗМОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МАШИН НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ

Выполнение фундаментальных научных исследований по теме «Разработка методов анализа и синтеза новых классов механизмов и технологических процессов для машин новых поколений» (FFGU-2021-0001) представлены в настоящем отчете. Отчет состоит из пяти разделов. В первом разделе представлены исследования и разработка методов синтеза интеллектуальных систем управления технологическими процессами и системами, включая создание интеллектуальных технологий формообразования деталей ГТД из жаропрочных сплавов методом раскатки в изотермических условиях. Особое внимание уделяется построению интеллектуальной экспертной системы, основанной на правилах управления технологическими комплексами финишной обработки пера лопаток ГТД. Исследования и разработка производственных интеллектуальных технологий в машиностроении с использованием морфологического анализа. Во втором разделе представлены синтез и классификация структурных и кинематических схем механизмов параллельной структуры, существенно расширяющих класс I – координатных механизмов. Метод структурного синтеза новых механизмов, основой которого является перенесение точек крепления приводов на промежуточные звенья. Теоретические закономерности проектирования структурных схем I – координатных механизмов, для которых имеет место

аналитическое решение задач о положениях. Новый метод кинематического анализа и решения задач о положениях для расширенного класса I – координатных механизмов, основанный на винтовом исчислении. В третьем разделе решается задача многокритериальной оптимизации динамической модели с использованием методов теории аналогичности и важности критериев, а также рассмотрены некоторые вопросы, связанные с уточнением математической модели пластинчатого пневмомотора (ПМ). Это в свою очередь позволит учесть ряд особенностей при проектировании пластинчатых ПМ с улучшенными характеристиками, в том числе повышение энергоэффективности. В четвертом разделе рассматриваются методы анализа, моделирования и проектирования широкого класса современных машин (токарные и фрезерные станки, станки с ЧПУ, механизмы параллельной структуры и пр.). Приводятся новые подходы и результаты исследований сложных механических систем машин и их агрегатов. В пятом разделе представлены исследования современных нелинейных эффектов, возникающих в динамике неоднородностей, описывающие эволюцию вихревой подсистемы в классической идеальной жидкости и квантовой жидкости, задачах небесной механики, динамики космического полета

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121032900101-6

РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЯ

Реализация и внедрение предлагаемого решения - подкрутка электроприводом ротора ВД ГТД позволит снизить расход топлива на холостом ходу с 400 кг/час до 200-100 кг/час, что приведёт к уменьшению общего расхода от 12 до 20%, обеспечит низкую температуру газов перед свободной турбиной и будет способствовать поддержанию частоты

вращения роторов ГТД и генератора на приемлемом уровне. Описанный выше способ защищен патентом на изобретение РФ. Данный способ впервые реализуется в России. Предлагаемое решение относится к универсальным решениям для всех газотурбинных двигателей используемых на транспортных средствах, в том числе военной техники.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ШТОРМ СЛ»

№ 122022400369-5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЗАКРУЧЕННЫХ ТЕЧЕНИЙ МЕТОДОМ МАЛЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Современными направлениями применения закрученных потоков являются следующие: создание эффективных установок по сжиганию пылевидного топлива для современных ТЭЦ; оптимизация работы газотурбинных двигателей за счет использования закрутки потока в камерах сгорания; разработка и проектирование устройств циклонного типа для очистки газа от пыли, сепарации частиц, разделения жидких смесей, например, для очистки добываемой нефти, а также вихревых форсунок для распыления жидкостей; использование эффекта Ранка–Хилша в вихревых трубах для температурного разделения потоков. В задачах гидротехнического и специального строительства закрученные потоки используются при разработке отсасывающих труб гидротурбин, вихревых водосбросов, контрвихревых гасителей энергии, контрвихревых аэраторов для экологической очистки естественных и искусственных водоемов, прудов-отстойников и накопителей

в биологических и химических производствах. Исследования гидродинамической устойчивости закрученных потоков чрезвычайно актуальны. Потеря устойчивости течения часто приводит к нарушению расчетного режима работы, усилению эффектов вибрации и к повреждению (или разрушению) конструкции. На основе разработанного численного метода решения спектральной задачи в рамках линейной теории предполагается провести исследование устойчивости закрученных течений по отношению к неосесимметричным возмущениям, представить классификацию найденных мод неустойчивости, определить наиболее опасные моды, для каждой моды рассчитать критические параметры, построить нейтральные кривые, выявить влияние вязкости на устойчивость закрученных потоков и явление распада вихря, провести сравнение свойств рассчитанных неустойчивых мод с имеющимися теоретическими данными.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122072000065-5

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТЛИВОК ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЮ СОВРЕМЕННОГО РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОГО, КОМПЬЮТЕРООРИЕНТИРОВАННОГО ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Объектом разработки являются крупногабаритные отливки из жаропрочного никелевого сплава. Цель работы – создание на производственной площадке ПАО «ОДК-Кузнецов» высокоэффективной технологии производства крупногабаритных жаропрочных отливок из сплава ВЖЛ14Н-ВИ для газотурбинных двигателей, отличающихся стабильными свойствами литого металла и повышенной размерной точностью. Результаты работы -

проанализированы существующие технологии ЛВМ, выбраны современные материалы для приготовления суспензии и обсыпки модельных блоков. Область применения – результаты планируется реализовать для совершенствования существующих и разработки новых технологических процессов получения крупногабаритных отливок из жаропрочного никелевого сплава в условиях ПАО «ОДК Кузнецов».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 122031000198-7

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТУРБОМАШИНОСТРОЕНИЯ

Дальнейший прогресс в области авиационного двигателестроения существенным образом связан с развитием средств математического моделирования, а именно с созданием более совершенных математических моделей, способных учитывать все характерные газодинамические процессы, в том числе существенно нестационарные, а также с разработкой численных методов, обладающих повышенной точностью при низкой вычислительной ресурсоемкости суперкомпьютерного моделирования.

Разработка эффективных средств численного моделирования задач турбомашиностроения является основной целью данного проекта. К настоящему времени вычислительный эксперимент стал незаменимым средством в инженерно-конструкторских работах.

Как правило, в российском двигателестроении на практике используются американские коммерческие программные продукты, не имеющие отечественных аналогов. Из-за санкционной политики это ограничивает возможности использования западных решений отечественными предприятиями отрасли.

Более того, в существующих сегодня в мировом турбомашиностроении программных решениях используются либо структурированные сетки, либо неструктурированные сетки, на которых решение получается методами низкого порядка точности.

В настоящем проекте все методы и алгоритмы, включая алгоритмы ротор-статор интерфейса (такие как алгоритм неотражающего сопряжения Mixing plane, метод нелинейного

гармонического анализа и др.), будут разрабатываться применительно к неструктурированным смещенным сеткам впервые на основе экономичных схем повышенной точности.

В рамках данного проекта предполагается также существенное усовершенствование существующих подходов к моделированию турбулентных течений, возникающих внутри турбомашин, за счет учета ламинарно-турбулентного перехода в современных моделях турбулентности, входящих в состав вихреразрешающих подходов.

Успешное решение научных задач проекта позволит повысить точность расчетов и уменьшить их вычислительную стоимость, что особенно актуально для инженерных задач при разработке газотурбинных двигателей.

Отдельно стоит отметить возможности вихреразрешающего численного моделирования, которое активно развивается как новое средство исследования сложных газодинамических течений в разных отраслях промышленности.

До настоящего времени в двигателестроении такой подход практически не использовался.

В то же время, он имеет высокую научную значимость как для изучения физики турбулентного течения внутри работающей турбомшины, где натурные эксперименты проводить практически невозможно, так и для калибровки и совершенствования более быстрых RANS моделей, используемых при оптимизации конструкции двигателя.

Развитие технологии численного моделирования течений в газотурбинных двигателях будет способствовать ускорению технологического развития в области турбомашиностроения

и созданию конкурентных преимуществ для отечественной аэрокосмической индустрии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122020300061-5

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ И ПОВЫШЕННЫЕ УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Двухфазные титановые сплавы широко используются в качестве конструкционных материалов в авиации, двигателестроении, в частности, в деталях газотурбинных двигателей (ГТД) вследствие их высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. Благодаря удачному сочетанию легирующих элементов и хорошим технологическим свойствам одним из наиболее популярных в промышленности сплавом является ВТ6. В связи с тем, что к изделиям и конструкциям из титановых сплавов, функционирующих в условиях повышенных температур, статических и динамических нагрузок, с каждым годом предъявляются все более жесткие требования относительно их конструкционной прочности, решение проблемы кардинального улучшения их механических и эксплуатационных свойств является весьма важной научной задачей. Формирование ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры в объеме титановых сплавов методами интенсивной пластической деформации (ИПД) является одним из перспективных подходов к повышению прочностных, пластических и усталостных свойств. Формирование УМЗ состояний в металлах и сплавах методами ИПД существенно влияет на особенности микроструктуры (размер зерен, разориентировку границ

зерен, кристаллографическую текстуру и плотность дефектов кристаллического строения), от которых, в свою очередь, зависит свойства УМЗ материалов. Поэтому актуальным является понимание влияния кристаллографической текстуры, сформированной в заготовке, ее наследственность при последующей деформации полуфабриката, на усталостные свойства, поскольку процессы трансформации УМЗ структуры во время штамповки могут привести к значительной деградации полученной структуры, и, следовательно, механических свойств. В связи с этим основной целью данного проекта является достижение высоких прочностных и усталостных свойств двухфазного титанового сплава в процессе формообразования деталей перспективных ГТД. Решение данной проблемы в предлагаемом проекте будет проводиться путем систематического анализа структурных параметров и механизмов, реализующих высокую прочность и выносливость, варьируя режимами ДТО, включая ИПД. Решение данной проблемы позволит обеспечить повышение эксплуатационных характеристик титановых сплавов и увеличить срок службы элементов перспективных газотурбинных двигателей и других деталей аэрокосмической отрасли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122032200330-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ ВАРИАТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТОК НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО БЕТА-ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕГО TiAl-СПЛАВА, СОДЕРЖАЩЕГО ГАДОЛИНИЙ

Сплавы на основе эквивалентного алюминид титана TiAl (гамма-сплавы) представляют собой перспективный класс интерметаллидных жаропрочных материалов благодаря уникальному сочетанию удельной жесткости и прочности с одной стороны и высокому сопротивлению окислению – с другой. Указанные характеристики, являющиеся следствием самой природы интерметаллидов системы Ti–Al, определяют работоспособность гамма-сплавов в процессе эксплуатации при температурах 600–850°C. Однако одним из основных недостатков, ограничивающих практическое применение гамма-сплавов, независимо от того, по какой технологии получены изделия или полуфабрикаты из них (литье, обработка давлением или аддитивное производство), является низкая пластичность в широком интервале температур. В то же время этот недостаток не является принципиально неустранимым. Однако задача получения оптимального баланса механических характеристик, ответственных за работоспособность материала и удовлетворяющих современным требованиям техники до сих пор остается актуальной. Как было отмечено выше, лопатки ТНД наиболее часто рассматриваются в качестве основного направления применения разрабатываемых гамма-сплавов. Спустя регламентируемое время данным изделиям требуется восстановительный ремонт. Для лопаток, изготовленных из традиционных жаропрочных титановых сплавов, данная процедура осуществляется путем аргонно-дуговой наплавки. Однако эти методы, вероятно, окажутся неподходящими для изделий из хрупких интерметаллидных TiAl-сплавов из-за опасности окисления в процессе наплавки и падения пластичности ниже приемлемого уровня. Поэтому применение инновационных аддитивных технологий для восстановительного ремонта изделий из гамма-сплавов может быть перспективным. Несмотря на большое количество успешных исследований традиционных

конструкционных титановых сплавов (в первую очередь – типа ВТ6), полученных по различным аддитивным технологиям, применение этих подходов к гамма-сплавам, и в особенности, к новому поколению бета-затвердевающих TiAl сплавов, изучено в гораздо меньшей степени. При этом, анализ современной научной литературы показывает, что использование аддитивных технологий, и в первую очередь метода селективного электронно-лучевого сплавления считается для этих материалов очень перспективным. Поэтому целью данного проекта является изучение закономерностей влияния параметров селективного электронно-лучевого сплавления (СЭЛС) и последующей термической обработки (ТО) на формирование фазового состава, макро-, микро- и тонкой структуры, дефектность восстановительных слоев, синтезированных на деформированных и литых заготовках из бета-затвердевающего гамма-сплава Ti-44,3Al-2V-1Nb-2Cr-0,1Gd (ат. %). Научная новизна ожидаемых результатов будет включать: - закономерности эволюции фазово-структурного состояния нового бета-затвердевающего сплава Ti-44,3Al-2V-1Nb-2Cr-0,1Gd (ат. %) в процессе селективного электронно-лучевого сплавления и последующей термической обработки; - экспериментально установленные возможности создания на поверхности бета-затвердевающего сплава Ti-44,3Al-2V-1Nb-2Cr-0,1Gd (ат. %) восстановительных синтезированных слоев с изотропной пластинчатой структурой методами селективного электронно-лучевого сплавления и последующей термической обработки с оценкой достигаемого уровня прочностных и пластических характеристик. Таким образом, результаты выполнения проекта будут соответствовать мировому уровню проводимых в настоящее время научных исследований. Получение запланированных результатов даст научное обоснование возможности применения новых перспективных бета-затвердевающих сплавов на основе TiAl для изготовления ответственных деталей техники, в

частности, деталей горячего тракта газотурбинных двигателей роторного качества: при изготовлении из гамма-сплавов рабочих и сопловых лопаток последних ступеней турбины низкого давления весовая эффективность может достигать

180 кг на один моторокомплект лопаток по сравнению с традиционными никелевыми сплавами, имеющими в два раза более высокую плотность.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ» НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 122020900295-8

СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНХРОТРОННОГО И НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОРЫВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРУКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ АДДИТИВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Будут разработаны с использованием синхротронного и нейтронного излучения прорывные технологии: - изготовления и сфероидизации металлокерамической порошковой композиции (МПК) на основе алюминиевого сплава; - получения синтезированного композиционного материала по аддитивной технологии – селективного лазерного сплавления сфероидизированной МПК; - методика по оценке распределения размеров и частот возникновения дефектов в синтезированном алюмоматричном композиционном материале с применением методов синхротронных и нейтронных исследований, обеспечивающая расчет ожидаемого количества дефектов в синтезированном материале для вероятностного расчёта безопасного ресурса деталей, которые будут изготовлены из синтезированного алюмоматричного материала. На основании разработанных технологий и полученных результатов синхротронных/нейтронных исследований будет создан непосредственно для аддитивных технологий алюмоматричный материал, который обладает повышенным комплексом механических характеристик при сохранении малого удельного веса, и не

имеющий аналогов в мире. Внедрение синтезированного алюмоматричного материала конструкцию перспективных газотурбинных двигателей позволит обеспечить необходимую конструкционную прочность при снижении массы деталей в 1,4 раза по сравнению с титановыми сплавами, а также снижение скорости эрозии, значительное увеличение баллистической стойкости от посторонних предметов, увеличение срока службы лопаток на 300% по сравнению с полимерными композиционными материалами. Будет разработана методика неразрушающего контроля конструктивно-подобного образца из синтезированного металлического жаропрочного сплава на основе никеля с применением нейтронных исследований. Разработанная методика будет использована при производстве перспективного агрегата наддува жидкостного-ракетного двигателя РД191-М, спроектированного под преимуществами аддитивных технологий: снижение массы 70 до 18,7 кг; снижение количества деталей с 27 до 1 единицы; снижение сроков изготовления в 20 раз.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ» НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 122050400044-4

МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ В ИНТЕРВАЛЕ ВЯЗКО-ХРУПКОГО ПЕРЕХОДА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

На сегодняшний день одним из перспективных подходов, позволяющих кардинально изменить и улучшить механические свойства металлов и сплавов, является формирование в них ультрамелкозернистых состояний различными методами интенсивной пластической деформации (ИПД), когда материал подвергается большим деформациям в условиях высоких приложенных давлений. Данный подход к двухфазным титановым сплавам на примере сплавов ВТ6 и ВТ8М-1 позволил значительно повысить их прочность и предел выносливости, реализовать высокоскоростную и/или низкотемпературную сверхпластичность.

Сочетание вышеперечисленных свойств является актуальным для конструкционных материалов деталей газотурбинного двигателя (ГТД), таких как лопатки компрессора, испытывающих в процессе эксплуатации значительные, иногда экстремальные, нагрузки при повышенных температурах.

Как известно, высокие остаточные напряжения, очень высокая плотность внесенных дефектов кристаллической решетки, сильно неравновесные границы ультрамелких зерен, типичные для материалов, подвергнутых ИПД, негативно отражаются на их пластичности и вязкости разрушения.

Поэтому конструкционное применение УМЗ титановых сплавов требует решения ряда материаловедческих задач, связанных с влиянием УМЗ структуры на механизмы разрушения, особенно в интервале вязко-хрупкого перехода.

Критическим фактором в данном случае является сопротивление хрупкому разрушению при эксплуатационных температурах, учитывая, что на ударную вязкость и трещиностойкость оказывает сильное влияние не только

уменьшение размера фазовых структурных составляющих, но и кристаллографическая текстура, сформированная при пластической деформации. Кроме того, часто такие детали, как лопатки ГТД, получают путем горячей объемной формовки/штамповки.

Формирование УМЗ структуры в заготовки позволяет снизить температуру деформации примерно на 150-200°C за счет проявления низкотемпературной и/или высокоскоростной сверхпластичности, о чем свидетельствуют недавние публикации.

Очевидно, что в ходе формообразования детали происходит трансформация УМЗ структуры и текстуры за счет развития процессов динамической рекристаллизации и возврата, что может положительно повлиять на характеристики трещиностойкости материала в результате формирования более равновесной структуры с преимущественно большеугловыми границами зерен.

Более того, в результате ДТО возможно «размытие» кристаллографической текстуры, тем самым снижение ее негативного влияния на ударную вязкость и вязкость разрушения без значительного падения уровня прочности.

Таким образом, научная идея настоящего проекта заключается в том, что достижение требуемых эксплуатационных свойств высоконагруженных деталей из титановых сплавов обеспечивается на стадии деформационно-термической обработки (ДТО) (например, объемной штамповкой) полуфабрикатов с УМЗ структурой, полученной предварительно методами ИПД. Выполненные ранее исследования в рамках диссертационной работы руководителя проекта показали, что критическим фактором,

обеспечивающим повышенную трещиностойкость УМЗ двухфазных титановых сплавов, является сочетание высокой прочности и пластичности. Прочность сплавов достигается за счет комбинации механизмов упрочнения в результате формирования ультрамелких зерен α и β -фаз и присутствия нанодисперсных выделений в сплаве, а пластичность – бимодальным распределением по размерам зерен α -фазы при наличии микронных зерен первичной α -фазы с общей долей до 30 %.

Также было показано, что вязкость разрушения УМЗ двухфазных титановых сплавов зависит от их способности к деформационному упрочнению, связанному с равномерным удлинением бр. При этом важным фактором обеспечения повышенной вязкости разрушения является формирование бимодальной УМЗ структуры, когда продвижение трещины происходит по границам ультрамелких зерен α - и β -фаз в двухфазной области, а ориентация первичной α -фазы оказывает тормозящее влияние на рост трещины. В частности, на примере сплава BT8M-1 была продемонстрирована возможность баланса прочности и трещиностойкости (предел прочности 1230 МПа и K1с 34 МПа $\sqrt{м}$), который не был достигнут традиционной термомеханической обработкой. С целью оценки инновационного применения УМЗ титановых сплавов для высоконагруженных деталей в энерго- и авиамашиностроении предлагаемый проект, который является продолжением диссертационной работы руководителя проекта, направлен на изучение механизмов разрушения УМЗ титановых сплавов BT6 и BT8M-1, особенно в интервале вязко-хрупкого перехода, когда возможен текстурный минимум ударной вязкости. Актуальность исследования в

рамках данного проекта заключается в изучении эволюции УМЗ структуры в ходе последующей ДТО, ее влияния на механические свойства титановых сплавов, выявлении интервала вязко-хрупкого перехода и механизмов разрушения в широком интервале температур. Для реализации поставленной цели будут получены заготовки сплавов BT6 и BT8M-1 с УМЗ структурой, характеризующейся бимодальным распределением по размерам α -фазы, методами ИПД в сочетании с деформационно-термическими обработками. Будут проведены детальные исследования эволюции УМЗ структуры (фазовый состав, размер фаз, текстура, субструктура и т.д.). в ходе последующей ДТО и ее влияние на механические свойства сплавов (прочность и пластичность при растяжении, предел выносливости, вязкость разрушения). Будут проведены исследования ударной вязкости в широком интервале температур для выявления интервала вязко-хрупкого перехода и изучения механизмов разрушения образцов из УМЗ сплавов. Полученные зависимости будут использованы для сравнения способности известных количественных моделей пластического разрушения при прогнозировании вязкости разрушения и возможного их уточнения для УМЗ материалов на примере исследуемых титановых сплавов. Полученные в рамках проекта закономерности и фундаментальные знания о механизмах разрушения и вязкопластическом поведении УМЗ титановых сплавов при эксплуатационных температурах являться научной основой современных технологий изготовления лопаток ГТД из титановых сплавов с повышенным ресурсом и надежностью.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123011600075-6

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ОБЛИКА ДВИГАТЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ЦИКЛОВ

Расчетное исследование влияния рекуперации на термодинамический цикл турбовального ГТД в классе мощности 500-1000 л.с. Разработка рационального

облика ГТД, компоновки основных узлов и определение термогазодинамических параметров ГТД сложного цикла в классе мощности 500 - 1000 л.с.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123070400037-3

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ УСТАНОВОК ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДООЧИСТКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ОТХОДОВ В ВИДЕ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА, РАЗРАБОТКА ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА МОДУЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ОТ 1 ДО 500 м КУБ./ЧАС ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛО-, ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И КОММУНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Целью проекта является разработка типоразмерного ряда модульного оборудования производительностью от 1 до 500 м. куб./час для современных установок тепло-, электрогенерации производственного и коммунального назначения, обеспечивающего снижение капитальных и эксплуатационных затрат на водоподготовку, повышение ее энергоэффективности и экологичности за счет получения отходов в виде товарного продукта.

Организация высокотехнологичного производства данных систем с высокой долей комплектующих российского производства (обеспечение импортозамещения в данном секторе экономики). Проект направлен на решение проблем создания технических и технологических решений глубокого обессоливания природных вод на основе энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных модульных установок для создания конкурентоспособных турбин и парогазовых установок на их основе производственного и коммунального назначения: 1) Проблема преодоления ресурсных ограничений посредством оптимизации технологической схемы, оборудования для водоподготовки, снижение его материалоемкости, энергоемкости. Проблема снижения этих затрат путем уменьшения материалоемкости, энергоемкости водоподготовительного оборудования

без потери качества получаемой воды очень актуальна. 2) Проблема преодоления экологических ограничений предполагает снижение объема используемых реагентов, использования более эффективного оборудования. При создании новых образцов энергооборудования и технологий важным аспектом становится их экологическая характеристика, в том числе сокращение водопотребления и сброса сточных вод.

В настоящее время наиболее актуальной является стратегия сокращения сброса высокоминерализованных стоков с учетом экономической целесообразности мероприятий путем совершенствования технологических процессов, в первую очередь систем водоподготовки. 3) Проблема преодоления технологических ограничений предполагает снижение зависимости российских энергетических компаний от высокотехнологичного импортного оборудования для водоподготовки и замена его технологическими аналогами российского производства.

Более 80% российского рынка оборудования для систем водоподготовки приходится на зарубежные компании. Это увеличивает стоимость оборудования, затраты на его пуско-наладку, регламентное обслуживание и разрешение возможных нестандартных ситуаций (с привлечением

иностранных специалистов). Расширение производственных возможностей российских предприятий, производящих

современное высокотехнологичное водоподготовительное оборудование очень актуально.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БАРОМЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

2022

№ 122041500024-3

МЕХАНИКА ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЕЩЕСТВО В ПРИЛОЖЕНИЯХ К ТЕХНОЛОГИЯМ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Целью исследования является развитие междисциплинарных направлений науки и техники с целью получения прорывных технологий для создания новых функциональных материалов, конструкций, устройств и агрегатов, востребованных в современном машиностроении. Создание новых технологий получения функциональных материалов и конструкций при высокоинтенсивном воздействии на прекурсоры термическими (плазма, лазерное излучение) и динамическими (высокоскоростной удар, детонация) методами. Развитие методов диагностики и математического моделирования гетерогенных (многофазных) потоков и материалов с целью создания новых материалов и технологий для перспективных транспортных средств. Предполагаемые результаты исследований: 1. Будут разработаны научные основы создания принципиально новых высокопрочных функционально-градиентных гетерогенных материалов на

основе аддитивных лазерных, плазменных, детонационных и ХГН технологий, включающих обработку исходных материалов (порошков), методы испытаний материалов, методы диагностики и управления сопутствующими процессами. 2. Будут исследованы закономерности процесса обледенения элементов конструкции летательных аппаратов, разработаны научные основы управления обледенением, созданы специальные материалы и покрытия, развиты методы диагностики потенциально опасных с точки зрения обледенения потоков. 3. Будут разработаны научные основы улучшения энергетической и экологической эффективности перспективных газотурбинных установок и двигателей внутреннего сгорания путем оптимизации процессов горения, в том числе при воздействии электрическим полем. 4. Будут разработаны методы для численного моделирования сопутствующих физических и химических процессов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042000140-2

СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТВЁРДОГО БИОТОПЛИВА В ПАРОГАЗОВОМ ЦИКЛЕ

Проект направлен на исследование способов применения твердого биотоплива в установках бинарного цикла. Результаты исследования позволят создавать использующие твердое биотопливо парогазовые установки, не имеющие аналогов в мире, повысить эффективность использования биотоплива до уровня современных установок бинарного цикла, работающих на природном газе. Многообразие видов биотоплива и широкий диапазон их свойств определяют необходимость создания нескольких типовых решений для систем подготовки топлива к использованию в бинарном цикле ПГУ с КУ. Меньшая по сравнению с углем зольность

большинства видов биотоплива предполагает возможность его использования напрямую или с использованием устройств для очистки продуктов сгорания от золы перед газовой турбиной. Исследование и разработка ПГУ, позволяющей использовать твёрдое биотопливо, является актуальной задачей, решение которой создаст условия для повышения доли биотоплива в топливном балансе России и повышения энергетической безопасности регионов, удаленных от развитой топливной инфраструктуры, но имеющих значительные запасы биотоплива.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122042600093-5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Развитие ключевых составляющих цифрового двойника сложного инженерного объекта (СИО): мощной энергетической газотурбинной установки (ГТУ),

предназначенной для выработки электрической энергии в диапазоне от 200 до 500 МВт.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122082200009-6

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Широкое распространение газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей в основных отраслях промышленности и на транспорте приводит к необходимости поддержания высокого уровня их технического состояния, непрерывно деградирующего вследствие различных эксплуатационных условий. Наиболее часто встречаемой причиной отказов оборудования и его досрочного вывода из эксплуатации является эрозийный износ (до 45% всех случаев по

статистическим данным NASA (2013)). Попадание частиц пыли при работе или ее накопление во внутренних полостях неработающего двигателя приводит к серьезному ухудшению технического состояния лопаточного аппарата осевого компрессора (ОК) при гораздо более меньшем количестве летных часов, что может проявляться в изменении аэродинамики проточной части (возникновение срывных и помпажных явлений, снижение КПД и др.), нарушении

прочности лопаточного аппарата (повышение уровня вибрации, механическое разрушение лопаток) и снижении топливной эффективности всего двигателя. Все это приводит к возрастанию стоимости обслуживания и ремонта двигателей или невозможности их дальнейшей эксплуатации. В рамках настоящего проекта предлагается разработка специальной прогностической модели, позволяющей по отклонению рабочих характеристик газотурбинного двигателя (нережимное изменение частот вращения, снижение степени сжатия и мощности, повышение температуры за компрессором или перед турбиной и др.) оценить техническое состояние лопаточного аппарата осевого компрессора. Подобный подход обеспечит возможность оценки текущего состояния двигателя без вывода его из эксплуатации, определит необходимость и приблизительный объем ремонтных работ при текущем состоянии, что в перспективе позволит перейти к реализации стратегии ремонта по техническому состоянию и переходу к использованию цифровых двойников в промышленности. В научном проекте планируется проведение численных исследований эрозии лопаточного аппарата осевого компрессора с учетом различной глубины износа с целью оценки деградации рабочих характеристик осевого компрессора ГТУ и основных параметров, которые измеряются в реальной эксплуатации.

Результаты выполненных численных расчетов будут являться набором входных признаков, а соответствующие им данные о геометрии дефектных лопаток и степени деградации интегральных характеристик – целевыми функциями при создании прогностической модели на базе методов машинного обучения. Конечным результатом проекта является модель прогноза степени эрозии лопаточного аппарата ОК по текущим параметрам в эксплуатации с возможностью оценки изменения степени газодинамической устойчивости, эффективности и напорности установки. В предлагаемой модели сразу вкладывается возможность дальнейшего использования реальных эксплуатационных данных с целью дообучения. Актуальность предлагаемого проекта связана с необходимостью развития передовых отечественных технологий в области производства, эксплуатации и обслуживания газотурбинного оборудования, что является необходимым условием для обеспечения технологической независимости нашей страны, а также с повышением уровня и конкурентоспособности отечественных технологий на мировом рынке и интересом в области импортозамещения. Научная новизна состоит в искомым взаимосвязях между степенью и характером износа лопаточного аппарата и эксплуатационными параметрами ГТУ, которые лягут в основу разрабатываемой модели.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122102800052-1

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ОБЛИКА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ПЕРСПЕКТИВНОМ ВИДЕ ТОПЛИВА

Высокая конкуренция и ужесточение законодательных норм по эмиссии вредных веществ газотурбинными двигателями и энергетическими установками требуют непрерывного совершенствования методик проектирования и доводки их узлов. Также распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р утвержден план мероприятий («дорожная карта») по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту. В России задача по развитию водородной энергетики закреплена в ключевом отраслевом документе стратегического планирования – актуализированной Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года. Исходя из этого

актуальными являются задачи повышения экологичности существующих установок, работающих на метане, а также исследование возможности замещения метана водородом или метановодородными смесями. Целевым продуктом инновационного проекта являются новые цифровые модели и конструктивные решения малоэмиссионной камеры сгорания (МЭКС) двигателя НК-14СТ, позволяющие использовать в качестве топлива природный газ с различной долей водорода. Дополнительно предоставляются рекомендации к управлению топливными коллекторами при сжигании метановодородных смесей. Полученные результаты позволят существенно снизить уровень выбросов вредных веществ газотурбинными энергетическими установками и в дальнейшем осуществить переход к водородному топливу, что является одним из важных требований для развития «зеленой» энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122120500062-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПЕРЕМЕШАНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В КАМЕРАХ СО СЛОЖНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

Целью проекта является выполнение фундаментальных и прикладных исследований, а также, конструкторских работ, направленных на совершенствование технологий сжигания газообразного топлива в пористых средах, а также в камерах сгорания, имеющих сложную пространственную геометрию, таких как, камеры сгорания газотурбинных установок, циклонно-вихревые предтопки и др. Реализация проекта позволит разработать научные основы для модернизации целого спектра промышленных энергетических установок, использующих газообразное топливо, таких как, ГТУ, котельные установки с циклонно-вихревыми предтопками и др. В результате выполнения проекта удастся снизить вероятность наступления рисков, связанных с технологической и энергетической безопасностью предприятий в условиях импортозамещения. Деятельность

исследовательской программы сосредоточена в наборе основных рабочих программ (WP). Все рабочие программы охватывают фундаментальные и прикладные исследования по актуальным проблемам, связанным с прямыми численными расчетами, разработкой моделей и проведению экспериментов в области горения в микроканалах и пористых средах, в закрученных потоках и камерах сгорания, имеющих сложную геометрию, методами и технологиями прямого преобразования тепла от горения в электричество (термо- и фотовольтаика). Строгая математическая постановка задач, теоретический анализ предельных случаев, ясная физическая постановка задач и полученные экспериментальные данные будут использоваться для проверки моделей перед разработкой сложных инженерных расчетов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122121200027-6

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПЛОВЫМ АППАРАТОМ ТУРБИНЫ ПУТЕМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ

В мировой и отечественной практике газотурбостроения нашли распространение установки с регулируемым сопловым аппаратом (РСА) турбины. С учетом обязательного наличия топливно-регулирующей системы и применения поворотных направляющих лопаток осевого компрессора (ОК) соответственно для качественного и количественного регулирования формируется уникальная трехфакторная система управления газотурбинной установкой (ГТУ). Выбор оптимальной программы управления для такой системой позволяет значительно повысить экономичность работы ГТУ в широком диапазоне эксплуатационных режимов. Изменение

программы управления ГТУ влечет за собой необходимость дополнительных исследований, связанных с устойчивостью работы осевого компрессора и прочностью его лопаточного аппарата, и климатическими ограничениями, которые определяются регионом эксплуатации газотурбинных установок с РСА турбины. Отдельные исследования направлены на оценку возможности реализации оптимальной программы управления для ГТУ простого открытого цикла и с регенерацией теплоты уходящих газов. Даны рекомендации по выбору программы регулирования для установок указанного типа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122122600033-0

СОЗДАНИЕ И АПРОБАЦИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И ИСПЫТАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Создание энергетических установок является сложной научно – технической задачей. Учитывая специфическую область применения, очевидно, что процесс проектирования и производства таких изделий должен быть локализован в России. Покупка готовой энергоустановки или лицензии на ее производство за границей в современных условиях маловероятны. Учитывая сложившуюся ситуацию в машиностроительной отрасли: необходимость поддержания и развития производства энергетических установок различной мощности, относительно малое предложение на энергоустановки для распределенной энергетики, большие накладные расходы предприятий, необходимость вложения больших средств в НИОКР делает разработку и производство мобильных энергоустановок для крупных российских предприятий нерентабельным. При этом, создание конкурентных энергоустановок невозможно без научно-технического задела и фундаментальных исследований в данной области. При создании в кратчайшие сроки конкурентоспособной продукции необходимо сместить вектор усилий (времени, инвестиций, контроля) на начальные этапы проектирования (конструкторско-технологическую подготовку производства) с повышением гибкости и качества разработки изделия, снижением стоимости и сроков опытного производства, экспериментальной отработки и испытаний, доводки изделий до требуемых характеристик. Достижение поставленных целей реализуется путем создания взаимосвязанного комплекса математического моделирования, инженерных расчетов, виртуальных и натурных испытаний с возможностью прогнозирования технико-экономических характеристик высокотехнологичных изделий, таких как энергоустановки малой мощности. Цель исследования - создание и отработка методик проектирования, производства и испытания энергетических установок на базе ГТД различной размерности на основе единого пространства - киберфизического полигона. Ключевой особенностью данного испытательного полигона является возможность исследование влияние различных факторов и конструктивных решений, а также вида топлива

на показатели эффективности установки. Задачи проекта: 1 Создание цифровых двойников верхнего уровня и технологий проектирования энергетических установок с использованием импортонезависимого программного обеспечения. Определение параметров и характеристик узлов для достижения заданного КПД установок в диапазоне мощности до 25 МВт. 2 Выполнение концептуального проектирования виртуального и натурного испытательных полигонов для валидации и верификации цифровых двойников процессов в энергетических установках и их узлах, а также отработка технологий измерений. 3 Формирование концепции проекта системы горения с низкой эмиссией вредных веществ, в том числе для перспективных видов топлив, на основе обзора литературы и патентного анализа. Проведены исследования возможности повышения экологичности энергоустановок за счет оптимизации системы подготовки топливовоздушной смеси и применения перспективных видов топлив, содержащих водород. 4 Разработка автоматизированной системы измерений натурного стенда, разработка методики обработки и анализа результатов испытаний энергетических установок (параметров рабочего процесса отдельных узлов, механической мощности, электрической мощности и других характеристик). 5 Исследование возможности использования перспективных видов топлив для энергетических установок (топлива из биосырья, синтетические топлива, водород и другие). 6 Создание киберфизического виртуального стенда и технического проекта натурного стенда для исследования рабочих характеристик энергетических установок различной мощности. 7 Исследование перспективных циклов энергетических установок (парогазовые, регенеративные, гибридные и другие). 8 Исследование способов повышения технологичности энергоустановок за счет применения аддитивных технологий и «интеллектуального» производства при создании элементов горячей части. 9 Формирование рабочей-конструкторской документации на модернизированные узлы газотурбинной установки заданной мощности. Изготовление опытных образцов и проведение испытаний отдельных модернизированных узлов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122031400647-6

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Цель научного исследования: Создание научно-технического задела для разработки и освоения опытно-промышленного производства новых импортозамещающих, конкурентоспособных ГТУ малой мощности для современных систем автономного энергообеспечения. Разработка методик

проектирования высокоэффективных микротурбинных установок для автономного обеспечения электрической и тепловой энергией объектов различного назначения (малые населенные пункты, сельскохозяйственные предприятия, объекты военного назначения) доставка к которым

энергии из централизованных сетей нецелесообразны. Поиск схемных решений и оптимизация параметров ГТУ с учетом новых технологических возможностей. Разработка и верификация методик расчета рабочих процессов, протекающих в микротурбинных установках. Разработка схем и способов максимально полного улавливания углекислого газа и их интеграция в процесс разработки микротурбинных

установок. Выбор технологической концепции переработки отечественного литиевого минерального сырья с получением карбоната и фторида лития. Разработка и лабораторная проверка ключевых элементов технологии переработки отечественного литиевого минерального сырья с получением карбоната и фторида лития.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081600028-6

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОБРАТНО-НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТАХ ТУРБОМАШИН НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа направлена на создание математической модели течения газа в обратно-направляющих аппаратах центробежных компрессоров, позволяющей производить расчет их газодинамических характеристик и оптимальное проектирование. Большинство современных исследований в области течения газа в обратно-направляющих аппаратах связаны с оптимизацией размеров конкретного объекта. При этом не производятся систематические исследования течения газа в этом элементе проточной части компрессора. Текущие рекомендации, позволяющие производить оптимальное газодинамическое проектирование обратно-направляющих аппаратов, основаны на исследованиях 50-х и 60-х годов. Новых исследований в этом направлении не проводилось долгое время. Центробежные компрессоры применяются для обеспечения различных производственных процессов, таких как черная и цветная металлургия, нефтехимическое производство, производство пластмасс. Так же они применяются при добыче и транспортировке нефти и газа, для наддува двигателей внутреннего сгорания, в газотурбинных двигателях и т.д. Наиболее широкой областью их применения в России является добычи и транспортировка природного газа. Активная разработка новых газовых месторождений, развитие газотранспортной системы страны приводят к тому, что уже в течение многих лет наблюдается устойчивый рост спроса на это оборудование. Актуальность исследований течения газа в элементах проточной части центробежных компрессоров связана с тем, что на их привод затрачивается большое количество энергии, в связи с этим важным является достижение максимального возможного КПД и повышение КПД даже на 0,5% приводит к значительной экономии энергии. Кроме того, течение в центробежных компрессорах имеет сложный характер, там присутствуют диффузорные и конфузорные течения, отрывы потока, вращающиеся и неподвижные элементы и т.д. При проектировании центробежных компрессоров используются специализированные инженерные математические модели. Это позволяет сократить количество натурных испытаний и сроки и стоимость проектирования нового оборудования. В большинстве своем эти программы являются коммерческой тайной и не распространяются открыто. Многие из них построены по принципу «черного ящика», то есть не учитывают специфику или особенности течения газа в проточной части турбомашин, а формально связывают газодинамические характеристики турбомашины с ее размерами. Такие модели не позволяют производить анализ картины течения и особенностей течения газа в спроектированной и рассчитанной турбомашине. В представляемой работе планируется на основании комплексных расчетно-экспериментальных данных выработать рекомендации по оптимальному газодинамическому проектированию обратно-направляющих аппаратов и разработать математическую модель, описывающую параметры газа в них. До этого времени систематических и всесторонних исследований течения

газа в обратно-направляющих аппаратах не производилось. Модель будет разработана на основе обработки большого объема численных исследований элементов проточной части турбомашин (более 1000 вариантов исполнения). Численные исследования будут проводиться при помощи CFD-расчетов. Для того, чтобы гарантировать корректность полученных результатов CFD-расчетов, необходимо провести их верификацию. Получающаяся в результате CFD-расчета картина течения и газодинамические характеристики исследуемого объекта значительно зависят от постановки расчета. Опыты отечественных и зарубежных ученых показывает, что при не правильном задании постановки расчета может получаться картина течения, противоречащая физическому смыслу протекающих процессов (отрывы потока в тех местах, где они возникать не могут и не наблюдаются при экспериментальных исследованиях; повышение полной температуры газа в тех элементах, где нет подвода тепла или энергии к газу и т.д.). Верификация CFD-расчетов будет проведена как на основе анализа картины течения, получающейся в результате расчетов, так и на основе сопоставления рассчитанных характеристик с результатами экспериментальных исследований, в том числе на стенде ЭЦК-55, имеющимся в распоряжении исполнителя проекта. Целью работы является исследование газодинамических характеристик и течения газа в обратно-направляющих аппаратах центробежных компрессоров при помощи CFD-расчетов и разработка математической модели, интегрирование ее в программы оптимального газодинамического проектирования турбомашин и расчета их газодинамических характеристик, экспериментальная проверка эффективности разработанной программы. Для достижения поставленной цели планируется решить следующие задачи: 1. провести анализ имеющихся в распоряжении исполнителей результатов экспериментальных исследований обратно-направляющих аппаратов; 2. Провести экспериментальные исследования серии модельных ступеней, спроектированных на различные параметры, на стенде ЭЦК-55 3. выработать методику проведения CFD-расчетов в виртуальной аэродинамической трубе для корректного расчета обратно-направляющих аппаратов, основываясь на результатах экспериментальных исследований; 4. выполнить расчет серии обратно-направляющих аппаратов в широком диапазоне конструктивных и газодинамических параметров методами вычислительной газодинамики; 5. обобщить результаты расчетного исследования обратно-направляющих аппаратов турбомашин, создав математическую модель, описывающую течение и параметры газа в обратно-направляющем аппарате; 6. интегрировать разработанную математическую модель обратно-направляющих аппаратов в компьютерные программы оптимального расчета и проектирования турбомашин и расчета их газодинамических характеристик; 7. выработать рекомендации по оптимальному газодинамическому проектированию обратно-направляющих аппаратов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122093000006-3

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОБОСНОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА ПРОМЫВочНЫЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В процессе работы проводятся следующие исследования: обобщение и анализ требований, заложенных в нормативные документы к промывочным жидкостям для проточной части ГТД разработчиками оборудования, требований к аналогичным продуктам в международных стандартах (спецификациях); анализ ассортимента отечественных и зарубежных промывочных жидкостей для проточной части ГТД; разработка классификации промывочных жидкостей для проточной части ГТД; разработка методики оценки эффективности моющих свойств промывочных жидкостей; разработка методики оценки физической стабильности промывочных жидкостей; разработка методики оценки воздействия промывочных жидкостей на конструкционные материалы; экспериментальные и теоретические исследования по оценке эффективности эксплуатационных свойств промывочных жидкостей; разработка типовых

Программы-методики эксплуатационных испытаний промывочных жидкостей; формирование общих указаний по применению промывочных жидкостей для проточной части ГТД. Результат работы - отчет о НИР «Принципы и методические подходы к обоснованию технических требований на промывочные жидкости для проточной части газотурбинных двигателей» (промежуточный). Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области транспортировки, подземного хранения и использования газа, при планировании и контроле мероприятий по разработке общих технических условий и обеспечению объектов Общества промывочными жидкостями для проточной части газотурбинных двигателей, используемых в качестве привода ГПА.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 1221028000050-7

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ РАЗНОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ

Объектом исследования является многоступенчатый осевой компрессор газотурбинного двигателя. Для перспективных газотурбинных двигателей требуемая суммарная степень повышения давления доходит до 70 и выше. В этом случае получение высоких значений КПД и требуемого запаса устойчивости компрессора становится довольно сложной задачей, требующей применения специальных мероприятий. Среди них можно отметить использование лопаток сложной пространственной формы, применение различных надроторных устройств, внедрение систем активного управления радиальными зазорами и других. Как правило, эти мероприятия относятся к этапам финальной доводки компрессора, а на этапах начального проектирования стараются использовать отработанные технические решения для минимизации рисков и снижения стоимости проектирования. Этим объясняется широкое применение подхода использования единого газогенератора для двигателей разных тяг и назначений с небольшими доработками. Однако достижимый уровень КПД компрессора определяется не только на этапах финальной доработки, но во многом закладывается именно на этапах начального проектирования. Значительного развития в области совершенствования многоступенчатых осевых компрессоров можно достигнуть за счет разработки цифровых технологий сквозного проектирования, которые охватывают этапы от начального проектирования компрессора до финальной доводки с использованием сложных трехмерных численных моделей и методов автоматизированной оптимизации. Таким образом, актуальность разрабатываемой технологии обусловлена необходимостью повышения параметров многоступенчатых осевых компрессоров для перспективных двигателей, а также снижением технических рисков и сокращением времени проектирования. Целью работы является повышения эффективности и снижения времени

проектирования многоступенчатых осевых компрессоров за счет разработки цифровой технологии сквозного проектирования многоступенчатых осевых компрессоров с использованием численных моделей разного уровня сложности. Ожидаемыми результатами выполнения проекта являются: 1. Новый подход к сквозному проектированию многоступенчатых осевых компрессоров с использованием цифровых технологий и численных моделей разного уровня сложности; 2. Методика начального проектирования многоступенчатых осевых компрессоров с использованием одномерных моделей газодинамики, массы и прочности, предусматривающая выбор части параметров компрессора на основе обобщения параметров существующих компрессоров с использованием методов регрессионного анализа. Проектирование будет вестись по нескольким траекториям проектирования, отличающихся различным сочетанием конструктивных параметров; 3. Программа для ЭВМ, позволяющая на основе оценки комплекса критериев выполнить сравнение различных вариантов компрессора между собой и выбрать наиболее перспективные траектории проектирования, которые наилучшим образом соответствуют матрице требований и ограничений; 4. Методики проектирования многоступенчатых осевых компрессоров с использованием численных моделей разного уровня сложности. Методика будет включать в себя одномерную модель газодинамики компрессора, уточненную по результатам трехмерного численного моделирования наиболее перспективных вариантов, а также верифицированную трёхмерную численную модель многоступенчатого осевого компрессора; 5. Методика автоматизированной оптимизации формы лопаток многоступенчатых осевых компрессоров на финальных этапах проектирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 1220530000092-0

ФОРМИРОВАНИЕ НОВЫХ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ ФАЗ ТИПА Me_3Si В НАНОКОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ $Me-Si$: ИХ АТОМНОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Метастабильные фазы могут обладать уникальными и интересными свойствами, такими как упрочнение с увеличением температуры. Хорошим примером являются

суперсплавы на основе метастабильной фазы Ni_3Al , которые представляет собой передовой конструкционный материал, широко используемые в компонентах

современных газотурбинных двигателей, особенно в качестве жаропрочного сплава для турбинных лопаток из-за их превосходных жаропрочных свойств. Высокая прочность и напряжение течения, проявляемые этими сплавами, проистекают из их микроструктуры $\gamma + \gamma'$, где матрица fcc- γ Ni упрочняется с помощью, упорядоченных по L12, включениями γ' Ni₃Al. Основной фазой для создания суперсплавов на никелевой основе послужила фаза Ni₃Al, однако известны и другие интерметаллидные фазы со сверхструктурой L12, такие как Ni₃Ti, Ni₃Fe, Ni₃Si, Co₃Ta, Pt₃Si, Pt₃Ga и др. Данные интерметаллические соединения можно выделить в группу A3B, в которых атомы обоих компонентов занимают центры граней и вершины куба с одинаковой вероятностью. Интересным является тот факт, что для соединений типа A3B характерно сохранение дальнего порядка вплоть до температуры плавления (Тпл). Это определяет перспективу применения соединений типа A3B в технологии изготовления стабильных контактов (с использованием классических металлов микроэлектроники: Al, Cu, Ag, Au, Ni, Pt и т.д.) с высокой степенью воспроизводимости в мощных (в том числе СВЧ) интегральных схемах и дискретных полупроводниковых приборах, вместо используемых в настоящее время тугоплавких металлов, таких, как вольфрам и силициды вольфрама. Поэтому одной из целей данного проекта является получение новых соединений Al₃Si, Ag₃Si, Au₃Si, Cu₃Si обладающих высокотемпературной прочностью, для применения для создания надежных контактов в силовых интегральных схемах, что определяет актуальность данного проекта. Особый интерес для практического применения слоя соединений группы A3B в кремниевой микроэлектронике (в качестве буферного слоя между металлизацией и кремниевой подложкой) вызывает величина параметра их кристаллической решетки, отличающейся большим значением сверхструктурного сжатия. В частности, как это было показано в наших предыдущих работах, параметр кристаллической решетки, неизвестной ранее фазы Al₃Si, соответствует значению 4,079Å-4,085Å, при значениях параметров кристаллических решеток Al - 4,050Å и Si - 5,431Å. Использование эффекта сверхструктурного сжатия в соединениях A3B может внести весомый вклад в развитие

технологии создания податливых кремниевых подложек для соединений типа A3B5. Таким образом, наличие у соединений типа A3B свойства упрочнения с увеличением температуры и эффекта сверхструктурного сжатия определяет следующую цель данного проекта - попытку создать соединение Ga₃Si, являющееся перспективным для согласования параметров решеток кремния и соединений типа A3B5. Однако многие метастабильные фазы отсутствуют на равновесных диаграммах состояния, а также в международных базах данных, даже таких как International Centre of Diffraction Data (ICDD) и NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database. В результате этого возникают сложности при прогнозировании свойств нанокompозитных материалов и выборе оптимальных технологических параметров их формирования. Кроме того, трудности в прогнозировании свойств метастабильных фаз, посредством расчетов их электронного строения, обусловлены отсутствием надежных экспериментальных данных. Поэтому одной из важнейших и актуальных задач данного проекта является получение комплексных данных об электронном строении и транспортных свойствах метастабильных фаз типа Me₃Si (где Me = Al, Cu, Ag, Au, Ga) как прямыми экспериментальными, так и теоретическими методами. Комплексность подхода позволит получить надежные данные, верифицировать методы теоретических расчетов, используемых исследователями в данной области, а также дополнить международные базы данных информацией о новых метастабильных соединениях. Задачи проекта безусловно являются масштабными, междисциплинарными и социально-важными, предлагаемые в заявляемом Проекте подходы по своей новизне и перспективности соответствуют мировому уровню и тенденциям в области физики и технологии. Запланированные результаты позволят внести весомый вклад в решение основной проблемы данной области науки, имеющей не только фундаментальный, но и прикладной характер и находящиеся на стыке физики конденсированного состояния, вычислительной математики, физики и химии, а также несут большой инновационный потенциал, основанный на дальнейшем повышении эффективности устройств микроэлектроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081000051-0

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОУПРУГОГО И ТЕРМОЭЛЕКТРОУПРУГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

На сегодняшний день покрытия различной структуры и состава широко применяются в промышленности, в медицине, электронике и др. В настоящем проекте будут разработаны уточненные модели деформирования различного рода покрытий, применяемых на практике, например, в элементах газотурбинных двигателей (термобарьерные покрытия), в пьезоактюаторах и элементах микроэлектроники. Особое внимание будет уделено развитию методов неразрушающего контроля механических свойств покрытий при использовании микро- и наноиндентирования. Основная новизна проекта состоит в разработке инструментов для проведения комплексных исследований механического поведения

современных покрытий методами математического моделирования и экспериментальными методами. Важной особенностью разрабатываемых математических моделей является использование функционально-градиентных материалов с произвольным характером изменения свойств по глубине. При разработке математических моделей будут использованы аналитические подходы. Актуальность исследований подтверждается широким практическим применением объектов исследований и растущим числом научных исследований, посвященных изучению деформирования покрытий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122100300013-3

РАЗРАБОТКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ И СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ

Проект направлен на разработку универсальной лазерной оптической головки для выполнения процессов резки, варки и сверления отверстий без смены головок на отдельные режимы и экспериментальное исследование алюминиевых и титановых сплавов для сборки, сварки деталей газотурбинного двигателя (входного обтекателя, камеры сгорания, обечаек)

различных марок и с увеличением толщины материала до 10 мм в импульсном режиме. В настоящее время в лазерных технологических комплексах для изменения режимов - резки на сварку или наоборот, сварку на резку или сверление отверстий необходимо либо заменять лазерную оптическую головку, либо выполнять процесс только на специальном

предназначенном для необходимого режима оборудования. Всё приводит к потере времени на переналадку оборудования на 20%, необходима дополнительная рабочая сила, комплектующие изделия. В сравнении с мировыми аналогами, например, Precitec универсальная лазерная оптическая головка разъемная, имеет свойства модернизации

и дальнейшего дополнения (при необходимости), индивидуально разработана съёмная насадка. Проведение операций лазерной резки, сварки и сверления отверстий приводят к понижению производительности процесса на 20-30% из-за необходимости смены головки или использования неоптимального оборудования.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КАИ-ЛАЗЕРНАЯ ОПТИКА»

№ 122062800051-1

Пористость конструкционных и функциональных материалов новых поколений: изучение механизмов образования пор, развитие методов оценки и заживления пористости с целью минимизации ее негативного влияния на служебные характеристики материалов и изделий

Развитие новых материалов и технологий их получения требует решения ряда научно-технических проблем, одна из которых – проблема пористости, которая является опасным структурным дефектом, инициирующим образование трещин и последующее разрушение. В настоящем проекте будут изучены механизмы образования пор, развиты методы оценки и заживления пористости с целью минимизации ее негативного влияния на характеристики материалов. Объектами исследования будут: - Дисперсно-упрочненные высоколегированные никелевые жаропрочные сплавы для литья монокристаллических лопаток горячего тракта авиационных газотурбинных двигателей. - Химически

неоднородные структуры, в которых при повышенных гомологических температурах возникает несбалансированная интердиффузия атомов и образуется пористость Киркендалла. Будет исследована пористость в соединениях никелевых сплавов – случаи интердиффузии между материалом газотурбинной лопатки и жаростойким покрытием, или в соединениях паяных лопаток. - Материалы, получаемые порошковой металлургией и аддитивными технологиями. Для них характерна высокая пористость и проблема минимизации и заживления пор (особенно газонаполненных) особенно актуальна.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.Г. МЕРЖАНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122051700051-6

Оптимизация процессов внутреннего конвективного и внешнего пленочного охлаждения турбинных лопаток на стационарных и пульсирующих режимах течения охлаждающего воздуха

Создание перспективных газотурбинных двигателей (ГТД) и установок (ГТУ) для энергетики и авиации требует разработки экономичных и эффективных систем воздушного охлаждения. Целью проекта является решение проблемы повышения эффективности внутреннего конвективного и внешнего конвективно-пленочного охлаждения рабочих лопаток турбины пульсирующим потоком воздуха. Важно отметить, что механизмы внутренних конвективных и внешних процессы пленочного охлаждения турбинной лопатки взаимосвязаны. Следовательно, для каждой схемы и конструкции участка профиля лопатки существует оптимальный вариант с максимальной суммарной конвективно-пленочной эффективностью охлаждения стенки лопатки. В предлагаемом проекте ставятся задачи экспериментального и численного исследования внутренних и внешних температурных полей, формирующихся за счет перемешивания воздушных пульсирующих струй (потоков) охлаждающего воздуха и основного высокотемпературного потока газа, создающих тепловую завесу на защищаемой от перегрева поверхности. Для расчета процессов конвективного и диффузионного взаимодействия основного высокотемпературного потока и вдуваемых в него струй пульсирующего охлаждающего воздуха, для расчета внешних температурных полей и течения воздуха в охлаждающих каналах наряду с пакетами ANSYS CFX, ANSYS Multiphysics планируется использовать разработанные авторами заявляемого проекта программные коды для описания течения вязкого сжимаемого теплопроводного газа на основе уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу. Нестационарные уравнения движения вязкого сжимаемого теплопроводного газа с k-ε моделью турбулентности записываются при этом в обобщенных криволинейных координатах. Для их решения разработаны программные коды, реализующие явный метод Мак-Кормака с расщеплением пространственного оператора по направлениям и схемой нелинейной коррекции, а также неявный метод Сегера-Уорминга с факторизацией пространственного оператора и схемой нелинейной коррекции. Формирование тепловой завесы путем оттеснения горячих газов основного

потока от поверхности лопатки пульсирующими струями охлаждающего воздуха моделируется с учетом конвективных и диффузионных механизмов. Высокоэффективные системы внутреннего конвективного охлаждения требуют для своего функционирования больших перепадов давления воздуха. В результате за сечением вдува охлаждающего воздуха через цилиндрические отверстия в поток горячего газа возникают парные крупномасштабные вихревые структуры. При больших параметрах вдува (1,5 и более) и углах вдува, превышающих 30 градусов они существенно снижают эффективность тепловой завесы, провоцируя отрывные явления за сечением вдува. Использование вверных отверстий создает благоприятные условия взаимодействия потока горячего газа и охлаждающего воздуха ввиду безотрывного обтекания охлаждаемой стенки образовавшейся на ее охлаждаемой поверхности пленкой воздуха. В результате можно получить значительное повышение эффективности пленочного охлаждения лопаток турбины высокого давления по сравнению с цилиндрическими отверстиями. Однако для случая пульсирующего потока охлаждающего воздуха никаких данных нет. В связи с этим в настоящее время невозможно обоснованно констатировать, насколько фактор пульсаций вторичного потока изменит суммарную эффективность конвективно-пленочного охлаждения турбинной лопатки. Поскольку рабочие процессы внутреннего конвективного и внешнего пленочного охлаждения в этой области осуществляются одновременно, то для их описания требуется построение единой модели и расчетного метода с последующей оптимизацией суммарного эффекта охлаждения, позволяющего получить наиболее низкую температуру внешней стенки профиля лопатки при заданных режимных параметрах. Взаимное влияние внутреннего и внешнего способов охлаждения приводит к тому, что увеличение эффективности внутреннего конвективного охлаждения пульсациями потока воздуха увеличивает интенсивность его подогрева во внутренних охлаждающих каналах лопатки. В результате, снижаются возможности пленочного охлаждения стенки из-за повышения температуры охлаждающего воздуха, вдуваемого в горячий поток. Поэтому

для достижения поставленной цели практически необходимо не только решение сопряженной задачи гидродинамики и теплопередачи через стенку охлаждаемой лопатки, но требуется и взаимное согласование, а также оптимизация процессов внутреннего и внешнего охлаждения турбинной лопатки, позволяющие получить минимально возможные значения температурного поля лопатки на рассчитываемых участках. Для обеспечения заданного ресурса охлаждаемой рабочей лопатки турбины энергоустановки требуется еще и систематически контролировать теплонпряженное состояние стенок охлаждаемой турбинной лопатки, не допуская

снижения требуемых запасов прочности, понижающихся за счет увеличения термических напряжений, приводящих к растрескиванию и разрушению стенок турбинных лопаток. Цель проекта достигается путем проведения комплексного экспериментально-теоретического исследования проблемы пленочного охлаждения лопаток рабочего колеса турбины подачи пульсирующего потока охлаждающего воздуха через внутренние каналы лопатки с последующим вдувом его на охлаждаемую поверхность лопатки с поиском оптимального соотношения между процессами внутреннего конвективного и внешнего конвективно-пленочного охлаждения лопатки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

№ 122082200017-1

РАЗРАБОТКА НОВОГО КЛАССА ЖАРОПРОЧНЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СПЛАВОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ УЗКОФРАКЦИОННЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Проект направлен на усовершенствование разработанных в рамках Проекта 2019 года (РНФ № 19-79-10226, 2019-2022 гг.) иерархически-структурированных сплавов на основе моноалюминидов никеля с целью снижения склонности к образованию горячих трещин, повышение технологических и механических свойств при нормальных условиях испытаний без значительного снижения достигнутого уровня сопротивления ползучести путем изменения системы микролегирования и поиска наиболее эффективных модифицирующих добавок.

Результаты исследований позволят решить проблему образования горячих трещин в синтезированном материале и деформации тонкостенных элементов деталей при селективном лазерном сплавлении (СЛС), приводящей к критическим отклонениям геометрических параметров от исходных электронных моделей. Также будут продолжены фундаментальные исследования сплавов ЭП741НП и АЖК и проведена оптимизация режимов СЛС для сплава АЖК на промышленной установке.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 122040400125-1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЖАРОПРОЧНЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СПЛАВОВ ТИТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время остро стоит проблема снижения веса изделий и конструкций для авиационно-космической техники, решение которой обеспечит повышение экономичности, увеличение их вместимости при аналогичной массе и в конечном итоге конкурентоспособности летательных аппаратов. Одним из путей снижения веса может стать более широкое использование в деталях двигателя и других компонентов летательных аппаратов жаропрочных сплавов на основе алюминидов титана (α_2 , O , γ), характеризующихся высокой удельной прочностью, превосходящей удельную прочность более тяжелых сплавов на основе алюминидов никеля. Но недостатком интерметаллидных сплавов на

основе алюминидов титана является их низкая пластичность и технологичность при изготовлении и эксплуатации сложной конфигурации деталей, в частности, газотурбинных двигателей. Использование аддитивных технологий взамен традиционных (литье, ОМД) может помочь устранить отмеченный недостаток. В тоже время освоение данной технологии применительно к жаропрочным алюминидам титана требует проведения доскональных исследований, связанных с установлением закономерностей формирования структурно-фазового состояния, текстуры и комплекса физико-механических, эксплуатационных свойств в полуфабрикатах и изделиях, полученных аддитивными технологиями.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122112500060-8

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы Самарского университета. Проект направлен на разработку новых методов концептуального проектирования газотурбинных двигателей с использованием методов и средств искусственного интеллекта и создание на их основе интеллектуальной системы автоматизированного проектирования. Необходимость разработки интеллектуальных систем проектирования газотурбинных двигателей обусловлена сложностью и многообразием информационных связей в процессе проектирования, невозможностью учета многих свойств проектируемых двигателей в виде количественных показателей, объективно существующей неопределенностью задач проектирования. Проектирование такой сложной технической системы, как современный газотурбинный

двигатель, является по своей природе творческим процессом и качество проекта во многом зависит от квалификации проектировщиков и опыта их работы с системами проектирования. В области проектирования авиационных газотурбинных двигателей накоплен значительный потенциал формализованных знаний, которые представлены различными математическими моделями, методами и алгоритмами. В связи с этим в данном случае наиболее целесообразным является создание интеллектуальных систем, которые наряду с традиционными процедурами позволили бы применять для решения проектных задач и неформализованные знания проектировщиков, в том числе и накопленный опыт. Создание таких систем является качественно новым этапом в развитии САПР.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»

№ 122121500018-1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС СУПЕРФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОФИЛЯ ПЕРА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ «ИНТЕРКОМ»

Реализация предлагаемого проекта позволит решить вопрос импортозамещения при производстве особо ответственных деталей (лопаток вентилятора) авиационных ГТД и обеспечит наращивание потенциала и компетенций АО «ОДК» в применении передовых производственных технологий, включая: технологии технического зрения, технологии цифровых двойников, облачные вычисления и сбор данных о состоянии технологического оборудования в режиме реального времени. ПАО «ОДК-Сатурн» для решения актуальных задач по импортозамещению и развитию высокотехнологического экспорта своей продукции ведет активное внедрение передовых производственных технологий с эффективным применением концепции открытых инноваций и трансфера передовых наукоемких технологий. В рамках проекта будут проведены опытно-конструкторские работы по созданию опытного оборудования для реализации технологии адаптивного шлифования крупногабаритных лопаток с длиной ГТД. С этой целью будет осуществлена модернизация 6-и координатного ленточно-шлифовального станка с ЧПУ мод. MTS-1000 6 NC ф. Metabo. В рамках внебюджетного софинансирования предполагается модернизация еще двух станков силами ПАО «ОДК-Сатурн»

для оснащения опытно-промышленного участка изготовления крупногабаритных лопаток компрессоров газотурбинных двигателей. Проект будет включать в себя совершенствование ключевой технологии адаптивного ленточного шлифования пера лопаток с неравномерным припуском, поскольку данный процесс требует разработки методики предварительной разметки проточной части лопатки по величине припуска, оставленного при фрезеровании вследствие упругих деформаций заготовки; разработку схем снятия припуска, учитывающих «технологическую наследственность» заготовки; методику шлифования, включая характеристику абразивной ленты; режимы шлифования. Предполагается проведение исследований работы ленты, создание методики съема, в том числе неравномерно распределенного припуска, с достаточной для практических целей размерной точностью, а также разработка конструкции технологического оборудования для реализации рассматриваемой технологии. Для реализации автоматизированного цикла обработки и контроля профиля пера лопаток будет разработано специализированное программное обеспечение для ИРК, с целью увязки модернизируемого оборудования и разрабатываемого диагностического комплекса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЫБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. СОЛОВЬЕВА»

№ 122091300068-4

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА УНИКАЛЬНЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТЛИВОК ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ГТД

Целью исследования является разработка и внедрение в производственный цикл (на примере ПАО «ОДК-Кузнецов») высокоэффективной отечественной технологии производства крупногабаритных тонкостенных отливок для промышленных газотурбинных двигателей и энергетических установок, отличающихся стабильными свойствами литого металла и повышенной размерной точностью. В настоящем проекте рассматривается создание современного высокотехнологического производства крупногабаритных тонкостенных отливок деталей для перспективных промышленных ГТД и ГТУ (на примере технологического цикла ПАО «ОДК-Кузнецов» по созданию и изготовлению отечественного двигателя ПД-35 и двигателя собственного производства серии РФ). В настоящее время для серийного производства деталей двигателей используется базовая технология, ключевой особенностью которой является проектирование и изготовление металлических пресс-форм. В текущих условиях технологического суверенитета, импортозамещения и импортоопережения развитие отечественного двигателестроения, основанного на использовании отечественных ресурсосберегающих технологий, отечественного оборудования и программного обеспечения является крайне важной актуальной задачей. В этой связи длительность этапов проектирования, создания и ввода в эксплуатацию новых конструкций двигателей должна быть минимальна. В дополнении к сказанному в последнее время прослеживается тенденция к многономенклатурному и мелкосерийному характеру производства. Поэтому использование базовых технологических основ, связанных с проектированием и изготовлением металлических пресс-форм, при изготовлении конкурентоспособной продукции является трудоемким и экономически нецелесообразным процессом. Проведенный анализ традиционного технологического процесса показал, что трудоемкость проектирования и изготовления металлических пресс-форм для изготовления отливок деталей составляет от 6 месяцев и более, при условии, что конструкция проектируемых пресс-форм должна учитывать огромное количество технологических параметров (усадку

металла в отливках, припуски для последующих этапов механической обработки и пр.). Таким образом, в условиях производства новых конструкций двигателей, которые характеризуются многовариантностью и итерационностью, просчет и ошибки на стадии проектирования приводят в конечном итоге к значительным финансовым и временным затратам. В этой связи модернизация существующего технологического процесса заготовительного производства в части исключения дорогостоящего и длительного этапа проектирования и изготовления металлических пресс-форм и внедрения технологий 3D печати позволит без потери качества изготавливать различные конструкции деталей современных двигателей для отработки технологии в разы быстрее и с минимальными затратами. На сегодняшний день в лабораторию аддитивных технологий Самарского университета поступил ряд писем от ПАО «ОДК-Кузнецов» с просьбой проработать возможность изготовления крупногабаритных тонкостенных выжигаемых моделей отливок деталей заодно с литниково-питающей системой с использованием технологии 3D печати (см. Приложение 1). Отличительной особенностью присланных конструкций деталей является их габаритные размеры: примерный диаметр отливки составляет от 1100 до 1200 мм, примерная высота отливки составляет от 430 до 500 мм. Общее количество деталей каждого наименования – 3 штуки. По предварительным оценкам примерное время изготовления каждой выжигаемой модели составит от 15 до 20 рабочих дней, а стоимость изготовления на порядок ниже, чем при использовании традиционной технологии. В этой связи традиционная технология, используемая на предприятиях, не может конкурировать с предлагаемой к разработке в данном проекте технологией. Срок окупаемости запрашиваемого к приобретению в рамках данного проекта оборудования на текущий момент (только на основании поступивших запросов от ПАО «ОДК-Кузнецов») составит 5 месяцев. Приобретение отечественного промышленного 3D принтера позволит Самарскому университету, в качестве центра компетенций, выполнять не только научные и хозяйственные работы, но и проводить курсы повышения

квалификации и профессиональную переподготовку для сотрудников предприятий с целью получения ими теоретических знаний и приобретения практического опыта по владению современными технологиями. Научная новизна предлагаемого проекта заключается в разработке отечественной конкурентоспособной технологии, позволяющей в кратчайшие сроки и с минимальными трудозатратами изготавливать выжигаемые модели отливок деталей промышленных ГТД и ГТУ, характеризующихся повышенной размерной точностью. Существующие на сегодняшний день альтернативные подходы и методики по изготовлению прототипов моделей с помощью 3D принтера

способны изготавливать подобного рода крупногабаритные детали с большой долей сегментации (т.е. с разбивкой одной модели на значительное количество составных элементов – 15 и более). При таком подходе получение «однородной» модели на этапе сборки, удовлетворяющей конструкторским требованиям по допускам и предельным отклонениям, является зачастую невыполнимой задачей. Поэтому конструктора и технологи вынуждены завышать технологические припуски и допуски на исполняемые размеры, что в конечном итоге ведет к увеличению массы детали и снижению расчетных летных характеристик двигателей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122120100035-5

СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО ПРОСТРАНСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ CML-BENCH

Проект выполняется в рамках реализации передовой инженерной аэрокосмической школы (ПИАШ) Самарского университета, что позволит существенно повысить качество подготовки инженерных кадров. В проекте предлагается комплексное системное решение задачи цифровой конструкторской и технологической подготовки производства линейки двигателей. Реализация проекта позволит отработать технологию применения современного программного решения – единой цифровой платформы управления инженерными данными, которая представляет собой цифровую среду, в которой конструкторские, термодинамические, прочностные, оптимизационные и технологические задачи решаются во взаимной связи с одновременными виртуальными испытаниями создаваемых двигателей. Ожидаемые результаты научного проекта в соответствии с концепцией ПИАШ направлены на решение фронтальной задачи «Разработка комплексных решений интенсификации процессов создания и модернизации

изделий аэрокосмической техники на основе интеграции интеллектуальных производственных и информационных технологий в рамках «цифрового завода». Проект подразумевает реализацию в течение ближайших двух лет, включая текущий год – 2023 и 2024 гг. В ходе реализации проекта к 2024 г. будут созданы: - методика создания цифровых двойников двигателей и его узлов; - создание цифровых двойников рабочих процессов основных узлов двигателя на основе существующих отработанных методик проектирования в едином цифровом пространстве; - методическое обеспечение и образовательный контент для сквозного курсового проекта по проектированию двигателей. Результат проекта должны способствовать: сокращению срока разработки двигателей в 2-3 раза за счет автоматизации типовых процессов и интеграции различного программного обеспечения в единую платформу; расширению номенклатуры разрабатываемых двигателей; снижению себестоимости производства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122112300040-2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОДИНАМИКИ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ «СТУПЕНЬ-ДИФфуЗОР» ГТЭ-65

Энергетическое машиностроение, как одна из базовых отраслей промышленности, обеспечивающая технический и технологический уровень энергетической безопасности страны, остро нуждается в квалифицированных инженерных кадрах, которые способны решать масштабные комплексные междисциплинарные задачи с использованием передовых производственных технологий и актуальных научных достижений. Подготовка инженеров такого уровня не может быть осуществлена без тесного взаимодействия университетов и научно-исследовательских центров с промышленными предприятиями, которые являются основным потребителем инженерных кадров и обеспечивают внедрение инновационных научных разработок и технологий, полученных в результате совместной работы по системе «Фундаментальная наука – Прикладная наука (НИР) – Опыт-конструкторские работы (ОКР) – Производство – Внедрение». Глубокая интеграция и интенсификация усилий по взаимодействию Политехнического университета и АО «Силовые машины» по каждому из перечисленных направлений применительно к области разработки и изготовления высокотехнологичного и энергоэффективного энергетического оборудования, по всем параметрам превосходящего лучшие мировые образцы, позволит обеспечить устойчивое и опережающее развитие электроэнергетической отрасли, являющейся основой экономического развития России. Научно-исследовательская политика данного проекта направлена на решение одной

из системных проблем энергетического машиностроения: разомкнутости цикла внедрения инновационных технологий, который состоит из поисковых научных исследований и разработок, опытно-конструкторских работ, внедрение результатов данных работ в промышленную эксплуатацию. Логичным шагом в сторону улучшения сложившейся ситуации видится согласование тематик и направлений перспективных разработок, инициатором которых являются промышленные предприятия, заказывающие исследовательские работы в необходимых для опережающего развития областях. Задача в обеспечении возможности проведения научно-исследовательских и подготовка инженерных кадров лежит на университетах. Только согласованная и слаженная работа в этом направлении позволит достичь целей устойчивого развития. Данный проект является частью программы «Создание отечественных газовых турбин большой мощности», в рамках которой запланировано:

- создание энергетического оборудования (паротурбинных «ПТУ» и газотурбинных «ГТУ» установок) для семейства парогазовых энергетических установок «ПГУ» при единичной мощности блока ПГУ более 200 Мвт.
- отработка технологий изготовления, сборки, пуско-наладки и эксплуатации газовых турбин: в том числе, отработка технологических процессов изготовления наиболее напряженных узлов ГТУ – жаровых труб камер сгорания, лопаток и дисков турбины;
- разработка и изготовление специальных комплексов по измерению вибраций и теплового состояния деталей

ротора в процессе проведения испытаний ГТУ в натурных условиях. • проведение на специализированных стендах отработки ряда резервных мероприятий по обеспечению низких выбросов окислов азота, возможности восприятия повышенных осевых нагрузок и динамических возмущений для снижения в дальнейшем технических рисков при доводке ГТУ. • проектирование котлов утилизаторов и паротурбинных установок на определенные (оптимизированные для каждой тепловой схемы) параметры с выполнением необходимого объема автономных экспериментальных исследований, • отработка на специализированных стендах модельных отсеков паровой турбины с перспективными профилями лопаток. В рамках выполнения данного проекта будут достигнуты следующие результаты: 1. Разработано ТЗ (всего 6 этапов), проведена ревизия газодинамических, тепловых

и прочностных расчетов базовой версии 65.0 (этап 1) 2. Выполнятся экспериментально-расчетные исследования аэродинамики вариантов системы «ступень-диффузор» ГТЭ мощность 65 МВт по 5 этапу договору с ФГАОУ ВО «СПбПУ» (этап 7) 3. Выполнено проектирование проточной части турбины ГТЭ-65.1 по 2 этапу договора с ОКБ им. А. Люльки (этап 3) 4. Выполнятся экспериментально-расчетные исследования направляющих и рабочих лопаток 1 ступени турбины ГТЭ-65.1 на «горячем» стенде с температурой газа 1100 °С по 2 этапу договора ОАО «НПО ЦКТИ». Изготовлены экспериментальные направляющие лопатки 1 ступени турбины ГТЭ-65.1 (этап 4) Конечным совокупным результатом работ должно явиться освоение производства семейства двух типов газовых турбин: ГТУ-65 и ГТУ-170.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122011900430-1

Влияние условий локальной металлургии на направленную кристаллизацию жаропрочного никелевого сплава в процессе проволочного электронно-лучевого аддитивного формования

Рассматривается проблема получения изделий из жаропрочного сплава методом электронно-лучевой аддитивной проволочной технологии (ЭЛАП) с заданной направленной структурой и однородным структурно-фазовым составом. Исследование особенностей изготовления аддитивных изделий из жаропрочных сплавов позволят сформировать научно-технические основы формования высокотехнологичных деталей горячего тракта ГТД и агрегатов из жаропрочных никелевых сплавов с направленной структурой с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Особенность ЭЛАП – малый размер ванны расплава и локальность процесса кристаллизации при высоких температурных градиентах. Что минимизирует расстояние между осями дендритов,

препятствует формированию междендритных пор, позволяет получать гомогенное распределение основных упрочняющих и вторичных фаз. В качестве объекта исследования будет использоваться жаропрочный никелевый сплав ЖС32. Будут: - сформированы в условиях ЭЛАП бездефектные изделия с направленной структурой и отсутствием нежелательных хрупких фаз; - установлены особенности кристаллизации сплава ЖС32 в процессе ЭЛАП в контексте изменения условий теплоотвода в зависимости от размеров формируемого изделия, что позволит оценить реализуемый температурный градиент; - определены и обоснованы оптимальные условия кристаллизации, управляемые технологическими факторами ЭЛАП при формированию первых слоев на подложке из чужеродного изоструктурного материала – аустенитной стали.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123102000032-0

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАРОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МАХ-ФАЗ Ti-Al-C И СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ СИСТЕМЫ Y-Al-O ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СПЛАВОВ

Одной из проблем современного материаловедения является разработка новых жаропрочных материалов, обладающих пониженной удельной массой. Современные жаропрочные стали и сплавы не могут в полной мере удовлетворить требованиям, предъявляемым конструкторами перспективных изделий авиакосмической техники. Уменьшение массы изделий может быть обеспечено и в результате замены материала деталей ГТД, например, замена жаропрочных никелевых сплавов на интерметаллидные сплавы для изготовления лопаток турбин низкого давления. Однако если для жаропрочных никелевых сплавов давно разработаны и освоены жаростойкие и термобарьерные покрытия, то для интерметаллидных сплавов защитные покрытия только начинают разрабатывать. Разработка жаростойких и термобарьерных покрытий для защиты интерметаллидных сплавов позволит резко увеличить массовую отдачу газотурбинных двигателей, что является первоочередной задачей при создании двигателей нового поколения. Для решения этой проблемы предлагается разработка высокотемпературных покрытий на основе МАХ-фаз Ti-Al-C и соединений системы Y-Al-O. Интерметаллидные материалы, высокотемпературные, теплозащитные покрытия входят в перечень «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030», утверждённый указом Президента РФ. Покрытия на основе МАХ-фаз Ti-Al-C и соединений системы Y-Al-O обладают существенными перспективами применения в авиадвигателестроении, однако технология синтеза

данных покрытий способом катодно-дугового осаждения на сегодняшний день пока не исследованы. Формирование этих покрытий позволит обеспечить повышенные эксплуатационные свойства в процессе работы при высоких температурах. Известно, что эксплуатационными свойствами детали можно управлять, изменяя химический и фазовый состав, структуру и качество поверхностного слоя. В настоящее время имеются единичные публикации по исследованиям жаростойких свойств покрытий на основе МАХ-фаз Ti-Al-C и соединений системы Y-Al-O. В отличие от существующих работ в проекте планируется формирование покрытий исключительно методом осаждения из плазмы вакуумного дугового разряда. Применение вакуумно-дугового метода позволит управлять осаждением покрытия, изменяя режимы в широком диапазоне. Метод вакуумно-дугового осаждения характеризуется наличием микрокапельных частиц материала в покрытиях и неоднородностью плазменного потока от источника осаждаемых частиц, поэтому в проекте предусмотрены исследования влияния технологических параметров на качество поверхности. В качестве материала катодов будут использованы титан (Вr1-0), иттрий (Y), алюминий (АД1) и формирование покрытий будет проходить в среде инертного газа (Ar) и реакционного газа (O₂, C₂H₂). Будут исследоваться покрытия различной архитектуры, и верхним керамическим слоем, которые будут наноситься путем постепенного добавления реакционного газа кислорода, в результате которого будет формироваться покрытие с плавным переходом от свойств основы к

сплошному керамическому слою. Идея исследования заключается в реализации системного эффекта от влияния различных факторов, в том числе состава, структуры покрытий, качества поверхностного слоя (шероховатость, микротвёрдость поверхности, жаростойкость, коррозионная стойкость). Компонентный и фазовый составы покрытия будут сформированы на основе анализа линейных коэффициентов термического расширения и механических свойств фаз. Получение слоёв заданного состава будет основано на анализе структурно-фазовых превращений в зависимости от режимов осаждения покрытий. Для исследования фазовых превращений при различных температурах в вакууме,

воздухе будет проводиться с использованием синхротронного излучения на станциях «Аномальное рассеяния», «Прецизионная дифрактометрия» г. Новосибирск совместно со специалистами ИК СО РАН и ИСЭ СО РАН. Исследование жаростойкости и термоциклирования образцов с покрытием будет проводиться в условиях приближенных к реальным эксплуатациям в ЦИАМ им. П.И. Баранова. Исследования особенностей структуры, механических и эксплуатационных свойств получаемых покрытий будут проводиться с использованием современных методов и оборудования передовых мировых производителей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123101100150-3

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОТЛИВОК РАБОЧИХ ЛОПАТОК ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА ДВИГАТЕЛЯ ПД-35

Цель работы - разработка и внедрение систем искусственного интеллекта для управления качеством отливок рабочих лопаток ГТД нового поколения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123011700020-5

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ОБЛИКА ГАЗОТУРБИННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДО 1 МВт С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕКУПЕРАТОРА

Разработка рационального конструктивного облика газотурбинной энергетической установки до 1 МВт на базе малоразмерного ГТД с применением рекуператора.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123121400001-3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, МИКРОСТРУКТУРЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ «МАТЕРИАЛ-КОНСТРУКЦИЯ-ПОКРЫТИЕ» МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ГОРЯЧЕГО ТРАКТА ГТУ И ГПА И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ С ОТРАБОТКОЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ

Научно-исследовательская работа проводится в рамках договора №1121-2022 от 29.09.2022 и в целях реализации этапов 1 и 2 научного проекта по Договору №70-2021-00294 от 15.12.2021. Научно-исследовательская работа проводится в рамках договора №1305-2023 от 21.07.2023 и в целях реализации этапов 2 и 3 научного проекта по Договору №70-2021-00294 от 15.12.2021. Целью выполнения НИОКР является создание технологии изготовления деталей горячей части для газотурбинных установок (ГТУ) импортного производства. Разрабатываемая технология обладает важным конкурентным преимуществом: объединение моделирования и расчетов технологического процесса (включая моделирование механических свойств) с результатами исследований новых

отечественных жаропрочных материалов, разработанных в рамках реализации НИОКТР. Данное нововведение позволит сократить срок разработки и изготовления расходных деталей горячего тракта импортных газотурбинных установок, а также повысить надежность подбора отечественного аналога импортного материала, используемого при производстве изделия. Зная параметры материала и применяя современные расчетные программные комплексы, можно будет проводить детальный укрупненный расчет прочности изделия, анализировать напряженное состояние деталей/узлов, а также проводить оптимизацию геометрической конструкции для повышения надежности эксплуатации изделия.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2023

№ 123101000091-0

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ПЛАМЕНИ (FTF) НА ОСНОВАНИИ РАСЧЁТОВ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В ТРЁХМЕРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

При создании высокофорсированных камер сгорания авиационных реактивных двигателей, а также наземных газотурбинных и энергетических установок (ГТУ) возникают проблемы, связанные с неустойчивостью и пульсационным горением, акустическими колебаниями и срывными явлениями в проточной части двигателя, воздействующим на процессы горения. Пульсационное горение – горение с автоколебательным процессом, в основе которого лежит тот или иной акустический механизм обратной связи. Такие

явления приводят к серьёзным последствиям, начиная от вибрационных перегрузок и деформирования элементов конструкции камер сгорания до прогаров и разрушения жаровых труб, газовой эрозии лопаток турбин, аварийных ситуаций с вынужденными остановками двигателей. Несмотря на то, что различным аспектам данной проблемы посвящено достаточно большое количество публикаций, её актуальность не исчерпана. Она усугубляется новыми требованиями по обеспечению экологических норм, использованию

альтернативных топлив, повышению надёжности двигателей при расширении эксплуатационных режимов. Создание малоэмиссионных камер сгорания ГТУ обусловило существенное изменение условий в зоне горения с переходом от стехиометрических до «бедных» топливовоздушных смесей вплоть до границы концентрационных пределов горения природного газа, способствующих развитию колебательных процессов и нарушению устойчивой работы ГТУ. Неустойчивая работа и неудовлетворительный запуск ГТУ с малоэмиссионной камерой сгорания (КС) особенно проявляются при низких температурах воздуха, что требует сезонной перенастройки системы регулирования двигателя. Особо остро встают задачи повышения энергетической эффективности и надёжности эксплуатации КС ГТУ в течение длительного ресурса. При этом возникают задачи не только повышения эффективности сгорания топлива, но и обеспечения многих других характеристик. Для решения проблемы возникновения пульсаций давления при горении

используют специальные методики проектирования. Одним из элементов таких методик является определение неустойчивых частот с использованием передаточной функции пламени, которая показывает отношение пульсаций тепловыделения к пульсациям скорости потока. В рамках данной работы будет разработана методика, позволяющая определять влияние частоты и амплитуды пульсаций давления фронта пламени с помощью определения передаточной функции пламени. Данную функцию предполагается использовать в дальнейшем для определения критических неустойчивых частот в камерах сгорания различных типов. Новизной методики будет являться повышение точности определения передаточных функций пламени за счёт учёта влияния частоты и амплитуды пульсаций давления в камере сгорания. Решение задачи будет выполняться с помощью метода крупно-вихревой фильтрации решения уравнений течения газа в камере сгорания и новыми зависимостями скорости распространения турбулентного пламени.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123090500006-6

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И СИСТЕМ ТУРБОГЕНЕРАТОРА МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ НУЖД РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Работа выполняется в целях реализации Программы развития Самарского университета на 2021- 2030 годы в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» и за счёт средств базовой части гранта в форме субсидии, выделенной в соответствии с соглашением от «21» февраля 2023 г. № 075-15-2023-374. В рамках выполнения работ планируется решить ряд задач по организации производственных участков для изготовления деталей, узлов и систем турбогенератора малой мощности для нужд распределенной энергетики. Выполнение

проекта позволит создать в Самарском университете центр компетенций по опытному производству узлов энергетических установок малой мощности – компрессора, опоры, камеры сгорания, газодинамических подшипников и теплообменника. Планируется привлечение частных заказчиков для выполнения хозяйственных работ по опытному производству и последующему испытанию узлов энергетических установок и газотурбинных двигателей, что в перспективе повысит объем НИОКР университета.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123091500061-2

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО НОРМИРОВАНИЮ ДОПУСТИМЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОПАТОК КВД ИЗДЕЛИЯ 30

Проведение расчетно-экспериментальных исследований по нормированию допустимых повреждений лопаток ГТД на натурных деталях компрессора высокого давления изделия

30 (далее КВД-30). Обоснование допустимых повреждений на натурных деталях КВД-30 без их выведения или с зачисткой средствами Заказчика.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123101900018-8

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И НАНЕСЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ ОТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Одной из важнейших проблем в современной промышленности является низкая работоспособность деталей машин, которые должны функционировать в условиях высоких и сверхвысоких температур в агрессивных средах. Данная проблема особенно актуальна в авиационной промышленности (разработка новых материалов для газотурбинных двигателей нового поколения) и в металлургической промышленности (улучшение эксплуатационных свойств материалов, применяемых в производственных процессах литья, термической обработки и горячей деформации). Углерод-углеродные композиты обладают уникальным комплексом свойств: термостойкостью, химической стойкостью, прочностью, низкой плотностью и, как следствие, малым весом. Но их использование до сих пор существенно сдерживается их крайне низкой, либо недостаточной жаростойкостью в кислородсодержащих средах. В вакууме и инертных средах

углеродные материалы работоспособны вплоть до 3000°C, однако в воздушной атмосфере они окисляются (выгорают) уже при температурах 350-500°C. Предотвратить разрушение материалов можно путем создания на их поверхности защитного жаростойкого покрытия. Предложенные в данном проекте однослойные и многослойные покрытия, согласно результатам предыдущих исследований и литературным данным, являются перспективным материалом для защиты углерод-углеродных композитов за счёт содержания в своём составе жаростойких компонентов ZrB₂, MoSi₂ и SiC, а также преимуществ метода магнетронного распыления и многослойной структуры. В рамках проекта планируется разработка технологии получения мишеней для магнетронного распыления, а также технология получения однослойных и многослойных жаростойких покрытий ZrB₂-MoSi₂/SiC, обладающих оптимальным комплексом свойств для защиты углерод-углеродных композитов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062900001-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Целями данного проекта являются: - создание комплекса технологий, необходимых для проектирования и создания перспективных газотурбинных двигателей, позволяющих сократить сроки производства и испытаний; - повышение уровня теоретических знаний, совершенствование практических навыков и умений проектирования и создания газотурбинных двигателей; - развитие компетенций, которые необходимы для конструкторско-технологической подготовки, инжиниринга, производства и испытаний газотурбинных двигателей в современных условиях. Продуктами данного проекта станут: 1. Программы дополнительного профессионального образования – повышения квалификации (объемом от 36 до 72 часов) и профессиональной переподготовки (объемом 252 часа), ориентированные на программы инновационного развития аэрокосмической и авиационной промышленности в условиях импортозамещения и импортонезависимости, применение современных образовательных методик, форм и технологий: - программа «Устройство и применение беспилотных летательных, наземных и морских аппаратов», продолжительность программы - 36 часов. Программа будет предназначена для обучения специалистов, работающих с широким спектром беспилотных аппаратов. В отличие от аналогичных проектов, в рамках программы будут рассмотрены не только летательные, но и морские и наземные беспилотники, их устройство и применение. - программа «Методы проектирования и сборка машиностроительных изделий с применением систем автоматизированного проектирования», продолжительность программы – 252 часа. Программа будет представлять собой курс интенсивной подготовки специалистов, занимающихся вопросами конструкторско-технологической подготовки производства. Курс будет состоять из лекционных, практических, самостоятельных контролируемых занятий обучающихся и завершается защитой итоговой аттестационной работы. - программа «Системы числового программного управления и программирование станков», продолжительность программы - 72 часа. Предлагаемая программа будет базироваться на использовании учебного оборудования с ЧПУ, реализующего процесс механической обработки. Программа предоставит возможность проводить практические и лабораторные занятия. 2. Технологии проектирования и испытаний газотурбинных двигателей в соответствии с комплектностью разрабатываемой документации: - Программно-аппаратный комплекс для системы управления газотурбинным двигателем малой тяги с комплектом предварительной конструкторской документации (КД). Разработка предназначена для замены импортных систем управления МГТД. Область применения: система управления

двигательной установки беспилотного летательного аппарата самолетного типа. - Радиальный лепестковый газодинамический подшипник для малоразмерной газотурбинной установки с комплектом предварительной КД. Целью является разработка конструкции радиального лепесткового газодинамического подшипника большого ресурса для малоразмерной газотурбинной установки с предварительной конструкторской и технологической документацией. Областью применения газодинамических подшипников являются роторные установки, работающие на высоких частотах вращения продолжительное время. - Горелочное устройство и разработка требований к системе топливоподдачи энергетической установки на 75 кВт с учетом переходных режимов работы с комплектом предварительной конструкторской документации. Результатами станут: рекомендации и требования к цифровым моделям МГТУ на основе детального расчетно-экспериментального исследования процессов горения в форкамере при сжигании метана; рекомендации и требования к необходимым конструктивным изменениям форкамеры при различных пусковых режимах; требования к алгоритмам управления топливных коллекторов при работе на пусковых режимах; предварительная конструкторская документация на камеру сгорания с форкамерами. - VR тренажер сборки/разборки, обслуживания и испытаний малоразмерных газотурбинных установок (МГТУ) с комплектом программной документации. Комплекс позволит: проводить демонстрации характеристик, компоновки особенностей и условий работы МГТУ потенциальным эксплантатам; обучать специалистов устройству и эксплуатации МГТУ; выявлять неисправности, приобретать знания и навыки безаварийной эксплуатации. Область применения: образовательные учреждения и организации, эксплуатирующие МГТУ. Отличительной особенностью данного программного продукта является применение VR-технологий для комплексного представления информации по изучению конструкции, эксплуатации и обслуживанию. 3. Передовые производственные технологии изготовления деталей и узлов газотурбинных двигателей в соответствии с комплектностью разрабатываемой документации: - Программное обеспечение, позволяющее визуализировать процесс лазерного синтеза металлического порошка по каждому сплавленному слою, идентифицировать теплофизическое состояние и связанные с ним дефекты аддитивного производства с целью контроля качества. Программное обеспечение будет предназначено для онлайн контроля качества аддитивного производства с использованием цифровой обработки оптических изображений сплавленных слоев материалов на отечественном оборудовании.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123032700021-7

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОСЛОЙНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СПЛАВЛЕНИЕ ПОРОШКОВ С СИСТЕМОЙ ЛАЗЕРНОГО ПОДОГРЕВА

Проект относится к тематике разработки и усовершенствования современного оборудования для реализации аддитивной технологии высокотемпературного послойного лазерного сплавления и включает исследование процессов изготовления изделий из жаропрочных сплавов методом послойного лазерного сплавления металлических порошков с использованием системы селективного лазерного подогрева. Благодаря исполнению данного проекта будет

разработано отечественное оборудование, работающее по технологии селективного лазерного плавления с высокотемпературным подогревом рабочей зоны. Данное оборудование позволит изготавливать ответственные части газотурбинных установок и двигателей (в том числе зарубежных) на территории Российской Федерации, что позволит усилить технологический суверенитет государства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123071300067-8

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВЛАЖНОПАРОВОГО ПОТОКА В ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЯХ ТУРБОМАШИН НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Усилия коллектива в рамках проекта направлены на решение одной из проблем комплексной задачи повышения эффективности и надежности энергетического оборудования. Паровая турбина является одним из наиболее распространенных приводов вала электрогенератора на электростанциях Российской Федерации. Помимо ТЭС, АЭС, эта лопаточная машина генерирует приблизительно 33% мощности ПГУ - самой эффективной технологии генерации электроэнергии при сжигании органического топлива. Одной из особенностей течения рабочего тела в проточной части конденсационной паровой турбины (чего нет в ГТУ) является влажное состояние паровой среды в последних ступенях ЦНД. Среда с дискретными частицами жидкой фазы проявляется в той зоне машины, для которой характерны наибольшие вырабатываемые мощности, окружные и относительные скорости. В связи с этим критически важно обеспечить надежность и эффективность работы последних ступеней, минимизировав негативное влияние влажности. Жидкая фаза, в зависимости от своих параметров, участвует как в механизме генерации дополнительных потерь энергии, так и в эрозионном износе рабочих лопаток. В проекте будут рассматриваться процессы движения крупных эрозионно-опасных капель, которые в первую очередь являются причиной эрозионного разрушения лопаточных аппаратов последних ступеней турбомашин. Для борьбы с их негативным влиянием в настоящее время применяются активные и пассивные методы - внутриканальная сепарация на поверхностях сопловых решеток и формирование стеллитового покрытия на входных кромках рабочих лопаток. Проблема при проектировании последних ступеней заключается в сложности определения параметров конструкторской реализации этих методов, т.к. в данной области недостаточно теоретических

представлений о характере движения влажно-паровых потоков. В настоящем проекте планируется реализовать ряд методов, которые направлены на предсказание распределения параметров дискретной среды за сопловой решеткой (непосредственно перед рабочими лопатками) и в межлопаточных каналах. Результатом их применения будет информация о распределении концентрации, диаметров, величины скорости и направлений потоков капель, кроме того, данный подход позволит оценить интенсивность оседания влаги на поверхностях лопаток, выявить места оптимального расположения сепарационных щелей и режимы их работы. В отличие от традиционных подходов, основанных на численном моделировании движения сферических частиц в спутных потоках и для которых характерна существенная длительность процесса расчета, разрабатываемый метод основывается на принципах машинного обучения. В данном случае будут использованы накопленные коллективом за более чем десятилетнюю деятельность экспериментальные исследования в области влажно-паровых потоков. Эти подготовленные данные будут использоваться для обучения моделей машинного обучения. Подготовленные в рамках проекта нейронные сети и модели кластеризации могут быть использованы как эффективные инструменты проведения испытаний в ЦНД полномасштабных и модельных паровых турбин с точки зрения исследований влажно-паровых потоков; проведения предварительных расчетов движения эрозионно-опасных капель в процессе проработки конструктива последних ступеней перспективных конденсационных турбин с целью определения оптимального положения сепарационных щелей и оценки интенсивности эрозионного износа рабочих лопаток турбин.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123051500084-5

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВИАЦИОННОГО, МОРСКОГО И НАЗЕМНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Основной целью данной работы является разработка и промышленное внедрение технологии цифрового двойника газотурбинного двигателя, в первую очередь, на предприятиях АО «ОДК» в обеспечение устойчивого развития отрасли газотурбостроения. Задачами работы являются развитие подходов системного инжиниринга на основе комплексных компьютерных моделей, включающих в себя взаимосвязанные компьютерные термодинамические, гидравлические, газодинамические и прочностные модели, разработка подходов к моделированию и включению в

процесс проектирования сквозных цепочек технологических процессов, привлечение кадров различных подразделений АО «ОДК» с целью автоматизации внутренних процессов согласования и сокращения транзакционных издержек. В результате выполнения проекта предусмотрено создание цифровых двойников газотурбинных двигателей М90ФР и ВК-650В, включающих компьютерные модели узлов и агрегатов двигателей высокого уровня адекватности, комплексных компьютерных моделей системы охлаждения гибридной силовой установки Д-ГСУ-500.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123091500032-2

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГТД ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ И МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Целевым продуктом реализации инновационного проекта является верифицированный и валидированный цифровой двойник (в виде методики компьютерного моделирования) технологического процесса литья корпусных деталей двигателя из алюминиевых и магниевых сплавов, состоящий из этапа конечно-элементного проектирования технологической системы, препроцессора (задание граничных, начальных и контактных условий) и постпроцессора (анализ результатов моделирования). При выполнении инновационного проекта планируется использовать следующую номенклатуру отливок деталей двигателестроения, согласованную отделом главного металлурга ПАО «ОДК-Кузнецов»: - картер вала заднего вinta

(КВЗВ) из алюминиевого сплава Ак-9ч; - корпус редуктора из магниевых сплавов МЛ-5. Данные отливки деталей изготавливаются способом литья в песчано-глинистые формы и предназначены для опоры рабочих деталей промышленных газотурбинных двигателей, их защиты и размещения запаса смазочного масла. Отличительной особенностью данных отливок является их большие габаритные размеры и развитая пространственная геометрия с внутренними закрытыми каналами. Разрабатываемая продукция в виде методики моделирования будет востребована в металлургическом производстве (у технологов-литейщиков). Отличие разрабатываемой продукции от существующей заключается

в разработке связанных задач тепломассопереноса и моделирования напряженно-деформированного состояния технологической системы для повышения качества заготовительного производства, а также в использовании отечественного программного обеспечения и баз данных материалов, что является несомненным преимуществом в условиях импортозамещения и сохранения технологического суверенитета. Предлагаемый к реализации инновационный проект будет нацелен на решение следующих проблем:

- снижение доли натурных экспериментальных плавов с целью подбора оптимальных технологических режимов за счет отработки технологических процессов на цифровых двойниках;
- снижение доли литейного брака за счет проведения экспериментальных исследований по прогнозированию дефектов на верифицированных и валидированных цифровых моделях;
- оптимизация металлоемкости и трудоемкости технологических процессов изготовления корпусных деталей за счет проведения итерационных компьютерных расчетов;
- уменьшение

массо-габаритных характеристик стержневых ящиков при сохранении требуемых параметров качества процесса литья. Существующий на сегодняшний день технологический процесс литья корпусных деталей в песчано-глинистую форму, несмотря на его историческую давность использования, содержит достаточное количество накопившихся проблем, которые решались перманентно ввиду того, что данный вид литья не отличается высокой точностью и гибкостью процесса и акцент делался на количественный показатель, а не на качественный. Однако существующий уровень техники и технологий, а также сложившиеся условия сохранения технологического суверенитета диктуют необходимость оптимизации, экономии, рационального использования ресурсов и повышения качества изготавливаемой продукции даже в таких «исторически непоколебимых» технологических процессах, как литье в песчано-глинистую форму. По этой причине тематика предлагаемого инновационного проекта является актуальной.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123091500017-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ ИЗ СТЕКЛОПОЛНЕННОГО ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО МАТЕРИАЛА С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В проекте предполагается разработка универсальной технологии изготовления формообразующей оснастки из стеклонаполненного термопластичного материала методами аддитивных технологий (3D печати) для изделий машиностроительной отрасли. Предполагается, что разрабатываемая формообразующая оснастка будет применяться для: - изготовления пресс-форм и мастер-моделей деталей различных групп сложности (крупногабаритные, тонкостенные, сложнопрофильные с развитой геометрической формой); - изготовления технологической оснастки для жесткого закрепления и последующей механической обработки за один установ различных деталей машиностроительной отрасли; - изготовления специфической технологической оснастки для финишных отделочных операций, например, для напыления профиля пера лопаток ГТД; - изготовления контрольно-измерительной оснастки для закрепления (базирования) деталей и последующего контроля их геометрических размеров на координатно-измерительных машинах без перебазирования (контроль от единой базы). АКТУАЛЬНОСТЬ проекта заключается в уникальности разрабатываемой технологии и ее адаптированности под различные отрасли: самолето- и вертолетостроение (винты, лопасти, элементы оперения и пр.), двигателестроение (лопатки, корпуса, ложементы и пр.), автомобилестроение (элементы кузова автомобиля, декоративные молдинги и пр.), судостроение (гребные винты, люки, стрингеры и пр.). В настоящий момент для перечисленных выше задач изготавливается специфическая оснастка из металла, которая в условиях развивающегося многоименного производства и малой серии выпуска продукции становится экономически не целесообразной (технология невозвратного

сырья). Отличительной же особенностью разрабатываемой технологии изготовления формообразующей оснастки из стеклонаполненного термопластичного материала является возможность переработки данного материала (возвратное сырье) с его повторным производством и эксплуатацией в другой конструкции. НАУЧНАЯ НОВИЗНА предлагаемого проекта заключается в следующем: 1. Разработка нового подхода к проектированию и изготовлению технологической и контрольно-измерительной оснастки с развитой пространственной геометрией. 2. Определение оптимальных режимов 3D печати различных конструкций деталей из стеклонаполненного термопластичного материала для достижения заданных параметров жесткости технологической системы оснастка – деталь – инструмент. 3. Разработка математической модели прогнозирования напряженно-деформированного состояния изготавливаемых размеростабильных (способных под действием разных видов нагрузок сохранять геометрические размеры с высокой точностью) мастер-моделей, конструкций оснастки и приспособлений из стеклонаполненного термопластичного материала в процессе эксплуатации. 4. Разработка математической модели, учитывающей объемную усадку и коэффициент линейного расширения материала для получения формообразующей оснастки, характеризующейся повышенной размерной точностью. 5. Разработка уникальных методов достижения требуемых параметров шероховатости сложнопрофильных формообразующих поверхностей оснастки. 6. Разработка методов параметрического проектирования и изготовления топологически оптимизированных конструкций технологической и контрольно-измерительной оснастки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123061600019-5

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ CML-BENCH

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022

о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023. Глобальная технологическая новизна заключается в том, что предлагается комплексное системное решение задачи цифрового проектирования двигателей. Предлагаемая работа позволит отработать технологию применения современного программного решения – единой цифровой платформы управления инженерными данными,

и осуществить переход к формированию и разработке цифровых двойников. Объединяя различные компьютерные модели в единую систему, можно получить новую сущность – цифровой двойник, которая позволяет всесторонне описать изделие и системно подойти к разработке, производству и эксплуатации. Цель работы: – отработка технологии управления расчетными данными при создании компьютерной модели газотурбинного двигателя (на примере малоразмерного газотурбинного двигателя (МГТД)) с использованием цифровой платформы CML-Bench; – повышение уровня подготовки специалистов за счет изучения современных технологий проектирования и углубления понимания взаимного влияния элементов, систем и узлов двигателя друг на друга и параметры двигателя в целом. Тематика заявляемой работы соответствует теме научного исследования, связанной с отработкой прогрессивных

конструкторско-технологических решений создания изделий аэрокосмической техники, а также соответствует программе развития ПИАШ в части разработки комплексных решений интенсификации процессов создания и модернизации изделий аэрокосмической техники на основе интеграции интеллектуальных производственных и информационных технологий в рамках киберфизической фабрики МГТД. Ожидаемые результаты: – функциональная схема процесса проектирования на примере МГТД; – спецификация (таблица) требований к МГТД, его основным узлам, деталям, системам и компьютерным моделям, в т.ч. расчетным моделям; – технология формирования расчетной цепочки компьютерных моделей протекающих в узлах процессов; – методические рекомендации для использования цифровой платформы CML-Bench в учебном процессе ПИАШ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123100300065-1

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ И КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Настоящий проект направлен на развитие научных основ к повышению эксплуатационной надежности конструкционных титановых сплавов для авиадвигателестроения, работающих в экстремальных условиях, а также на разработку фундаментальных основ обработки и защиты поверхности, перспективных ультрамелкозернистых титановых сплавов покрытиями из высокоэнтропийных сплавов (ВЭС). В последние годы большое внимание уделяется разработке новых сплавов-высокоэнтропийных сплавов (ВЭС) с необычным химическим составом, обладающих высокими механическими свойствами. Особый интерес представляет использование ВЭС из тугоплавких элементов (Zr, Ti, V, Cr и др.) для защитных покрытий в связи с их очень высокой твердостью и износостойкостью. Высокоэнтропийные нитридные покрытия на основе Ti, V, Zr, Al, Cr продемонстрировали высокую износостойкость и стойкость к окислению. Однако открытым остается вопрос о роли подложки в структуре и свойствах покрытий из ВЭС и их практическом применении для деталей газотурбинного двигателя (ГТД), работающих в агрессивных экстремальных условиях эксплуатации. Цель данного проекта заключается в получении новых теоретических и экспериментальных данных по формированию покрытий на основе высокоэнтропийных сплавов, получаемых ионно-плазменной технологией на поверхности ультрамелкозернистого титанового сплава, а также прецизионные исследования формируемых покрытий и влияния структурного состояния подложки на свойства изделия с покрытием. Основными задачами планируемых исследований являются: 1) Изготовление катода для вакуумно-дуговой установки из высокоэнтропийного

сплава TiZrVCrAl; 2) подбор режимов осаждения с целью получения однослойного (толщиной не более 10-12 мкм), многослойного (5-10 чередующихся слоев (TiZrVCrAl) N и TiZrVCrAl с общей толщиной не более 10-12 мкм) и мультислойного (до 1000 чередующихся слоев (TiZrVCrAl) N и TiZrVCrAl нанометровой толщины с общей толщиной не более 10-12 мкм) высокоэнтропийного покрытия (TiZrVCrAl) N с высокими механическими свойствами; 3) оптимизация режимов осаждения покрытия (TiZrVCrAl)N в зависимости от структурного состояния подложки; 4) определение физико-химических свойств высокоэнтропийного покрытия (TiZrVCrAl)N на каждом этапе; 5) исследование влияния структурного состояния подложки на служебные свойства высокоэнтропийного покрытия (TiZrVCrAl)N. Научная новизна предлагаемого проекта заключается в отсутствии в российской и зарубежной литературе публикаций, посвященных получению и применению покрытий из ВЭС на металлических материалах, используемых в авиадвигателестроении и учитывая большой научный и практический интерес УМЗ титановых материалов для данных практических применений в предлагаемом проекте будет впервые осаждено ВЭС-покрытие на поверхность ультрамелкозернистой подложки, в данном случае эту роль будет играть титановый сплав BT-6 (Ti-6Al-4V), как широко используемый в авиадвигателестроении. Особое внимание будет уделено изучению влияния ультрамелкозернистой структуры сплава на эксплуатационные свойства покрытия, такие как твердость, эрозионная стойкость, адгезионная прочность, трибологические и механические свойства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123062000022-8

ВНЕДРЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ QFORM ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НОМЕНКЛАТУРЫ ПАО «ОДК- КУЗНЕЦОВ»

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022 о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023.

Технологический процесс изготовления лопаток должен обеспечивать их высокое качество, надежность и заданный ресурс. Вместе с тем при выборе способа обработки массовых деталей, таких как лопатки ГТД, необходимо учитывать и экономическую эффективность. Заготовительные технологические процессы производства лопаток ГТД должны обеспечивать их требуемые геометрические параметры, внутреннюю структуру и физико-механические свойства, предотвращение появления потенциальных очагов разрушений. Изготовление рациональных заготовок компрессорных лопаток с минимальной материалоемкостью,

наименьшей себестоимостью и снижением трудоемкости и объема работ при последующей механической обработке, в частности, лезвийной обработки, является одной из главных задач. Также на производстве стоит вопрос по снижению брака (складки, задиры, обрывы) в процессах листовой штамповки деталей ГТД. Решение озвученных выше задач на современном производстве без использования программных средств по моделированию увеличивает время и стоимость работ. В связи с этим целью работы является внедрение отечественного программного обеспечения QForm для разработки перспективных технологий горячей объемной и листовой штамповки изделий номенклатуры ПАО «ОДК-

Кузнецов», обеспечивающих минимизацию последующей лезвийной обработки и количества брака. В процессе выполнения работы будет создана цифровая модель материала изделия из номенклатуры ПАО «ОДК-Кузнецов», выбранной для отработки методики моделирования. При этом отработка методик моделирования будет реализована на конкретных технологических процессах ПАО «ОДК-Кузнецов» и направлена на разработку моделирования технологий штамповки изделий номенклатуры ПАО «ОДК-Кузнецов», обеспечивающих минимизацию лезвийной обработки при производстве лопаток и повышении их качества

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123110800176-8

СНИЖЕНИЕ ВИБРОАКТИВНОСТИ ГИБКИХ РОТОРОВ ГТД ЗА СЧЁТ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ИХ ЦИФРОВОЙ БАЛАНСИРОВКИ НА ДОКРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТАХ ВРАЩЕНИЯ

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022 о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023. Сборка и балансировка газотурбинных двигателей оказывает существенное влияние на их технические показатели качества. Значимой задачей на производстве является снижение виброактивности и повышение точности изделий, в составе которых присутствуют гибкие роторы. Балансировка гибких роторов ГТД на предприятиях авиадвигателестроения зачастую выполняется на докритических частотах вращения. Виброактивность гибкого ротора ГТД при его балансировке на докритических частотах вращения может быть снижена за счёт повышения равномерности пространственного распределения масс ротора. Научной новизной проекта является снижение виброактивности изделия за счёт повышения пространственного распределения масс гибкого ротора путём определения оптимального углового расположения ДСЕ, учитывая их дисбалансы и геометрические отклонения присоединительных поверхностей. Оптимальное угловое расположение ДСЕ ротора позволит компенсировать их взаимные дисбалансы. Для определения оптимального положения требуется выполнить разработку математических моделей, что предусмотрено в проекте. Дисбалансы ДСЕ будут измеряться с использованием существующего балансировочного оборудования. Геометрия ДСЕ может быть измерена с использованием контрольно-измерительных приспособлений или координатно-измерительных машин. Перспектива развития проекта заключается в реализации

единой цифровой платформы управления процессом сборки и балансировки ГТД с учётом геометрических отклонений, дисбалансов ДСЕ, что позволит повысить качество выпускаемых изделий и снизить трудоёмкость производства. Основные задачи проекта: 1. Разработка программного приложения для расчёта взаимного углового положения ротора КВД относительно ТВД, согласно инструкции ИО1.937. Программное приложение должно реализовывать методику трёхплоскостной балансировки гибких роторов методом двух сборок. Данная методика применима для балансировки роторов, имеющих поперечный разбег и позволяющих их сборку с разворотом частей ротора на некоторый угол. 2. Разработка моделей оценки неуравновешенностей жёсткого ротора и выбора относительных угловых положений деталей, при которых минимизируются его дисбалансы. Уравновешивание ротора будет производиться с учётом биений его узлов. Проведение исследований, включающих обработку статистики по биениям узлов ротора, теоретическую оценку влияния геометрических отклонений на начальный дисбаланс всего ротора. Описание моделей будет представлено в текстовом формате, приведенном в разделе научно-технического отчёта. 3. Проведение исследований по оценке результативности снижения начального дисбаланса ротора с использованием разработанного программного приложения. Теоретико-экспериментальные исследования будут включать измерения геометрии и дисбалансов ДСЕ, расчёт рациональных угловых положений для минимизации дисбалансов ротора, его сборку, проверку начальных дисбалансов, последующую балансировку, сравнительный анализ результатов. 4. Разработка технологической инструкции по измерению геометрии ДСЕ ротора с использованием координатно-измерительных машин (КИМ), включая определение последовательности измерений и достаточного объёма данных, экспериментальную проверку сходимости результатов КИМ и КИМ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123051500080-7

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ CML-BENCH. РАЗРАБОТКА НОВОЙ УЛУЧШЕННОЙ ВЕРСИИ

Данный проект направлен на решение актуальных государственных задач: импортнезависимость (полностью российская разработка), технологический суверенитет, конкурентоспособность экономики. В СПбПУ разработана и эффективно применяется уникальная цифровая платформа CML-Bench (включена в Единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных), которая позволяет разрабатывать цифровые двойники для разных высокотехнологичных отраслей промышленности (двигателестроение, включая авиационные, морские и наземные ГТД,

энергомашиностроение, нефтегазовое машиностроение и др.). Проект будет сфокусирован на подключении к цифровой платформе широкого спектра отечественного инженерного программного обеспечения (например, инженерное ПО разработки компании АСКОН и ЛОГОС, разработки РФЯЦ ВНИИЭФ для решения комплексных мультидисциплинарных задач высокотехнологичной промышленности на суперкомпьютерах). Вопросы сертификации цифровой платформы CML-Bench в соответствии с требованиями ФСТЭК в проекте будут решаться совместно с Научно-техническим

и сертификационным центром по комплексной защите информации – АО Центр «Атомзащитаинформ». В проекте будет продолжена разработка и развитие методологии обобщенного системного инжиниринга и проектирования, цифровых технологий и цифровых платформ для эффективного решения задач математического и компьютерного моделирования мультидисциплинарных задач, связанных с высокотехнологичными промышленными изделиями и разнообразными процессами, например, физико-механическими, производственными, технологическими и др. в сложных технических, киберфизических и социально-экономических системах. Основные перспективные направления развития науки и техники базируются на методологии «Model-Based Systems Engineering» (MBSE). Кросс-

отраслевая мультидисциплинарная Цифровая платформа разработки цифровых двойников CML-Bench™ поддерживает прозрачный, открытый рабочий процесс, позволяющий участникам проекта взаимодействовать независимо от программных продуктов, которые они используют, что позволяет реализовать не только принципы MBSE, которые зачастую ограничиваются применением цифровых платформ отраслевой направленности, но и реализовать методологию Generalized Model-Based Systems Engineering (G-MBSE). В последнем случае возможно реализовать единообразный процесс разработки, сопровождения продуктов различных отраслей и классов, что предлагается продемонстрировать на примерах реализации методологии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123051500086-9

ОТРАСЛЕВАЯ КАСТОМИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ ПО РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ CML-BENCH

Основной целью данной работы является глубокая отраслевая кастомизация и промышленное внедрение цифровой платформы CML-Bench на предприятиях отечественного двигателестроения в интересах АО «ОДК» в обеспечение снижения сроков разработки перспективных газотурбинных двигателей. Задачами работы являются разработка 7 программных модулей цифровой платформы, обеспечивающих сквозные процессы управления требованиями, расчетными данными, данными производства,

обработку данных испытаний, управление данными о конфигурации изделий, отслеживание выполнение целевых показателей и общий прогресс проекта. Дополнительно на базе цифровой платформы разрабатывается архитектура автоматизированной информационной системы «Электронное дело изделия» (АИС «ЭДИ»), предназначенной для стандартизации и унификации процессов ведения «Дела изготовления» и «Дела ремонта» изделия.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123091200012-7

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ ДВУХФАЗНЫМИ ПОТОКАМИ С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ, РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ И АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Движение летательных аппаратов в двухфазной среде (облака с ледяными кристаллами или переохлажденными каплями, град, дождь, грунтопылевые образования и др.) может приводить к целому ряду негативных последствий: механическому воздействию, тепловому воздействию, теплоэрозийному износу, обледенению, свечению и т.п. Впервые планируется проведение комплексного исследования обтекания тел сложной геометрии (одиночный профиль, решетка профилей) двухфазными потоками, содержащими примесь в виде частиц и капель различной

инерционности. Научная значимость результатов выполнения проекта заключается в том, что новые оригинальные данные станут фундаментом для решения критических проблем (преодоление теплоэрозийного барьера, борьба с обледенением) создания перспективных объектов авиационной и ракетно-космической техники, а также позволят предсказывать и минимизировать негативное влияние частиц (капель) на элементы проточной части газотурбинных двигателей и комбинированных установок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123061500010-3

ВНЕДРЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА «ПОЛИГОНСОФТ»

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022 о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023. В настоящее время одной из важнейших задач авиадвигателестроения является повышение надежности газотурбинных двигателей. Так как надежность ГТД, в том числе, обеспечивается технологическими методами, то основные усилия должны быть направлены на совершенствование производственных процессов изготовления деталей горячего тракта газотурбинного двигателя, таких как лопатки, а также крупногабаритные

корпусные детали. Повышенный интерес представляют технологические процессы изготовления деталей горячего тракта газотурбинного двигателя (лопаток турбины), так как они являются максимально нагруженными и определяют ресурс работы двигателя. Лопатки характеризуются сложной пространственной формой, высокими требованиями к точности геометрических параметров и качеству поверхностного слоя. Ввиду отсутствия развитых поверхностей для точного базирования лопаток наиболее эффективным, а в некоторых случаях и единственным способом получения заготовок лопаток является бесприпусковый по профилю пера способ изготовления отливок лопаток методом направленной кристаллизации и последующей механической обработкой замковой области и бандажной полки. Проведенный обзор существующих технологических процессов изготовления лопаток турбины ГТД позволил установить, что производство бесприпусковых заготовок лопаток турбины является крайне неустойчивым и

характеризуется большим процентом брака (порядка 60%). В первую очередь, это связано с нестабильностью технологических режимов. Значительную часть от общего объема дефектов составляет несоответствие по макроструктуре и геометрическим параметрам пера, вызванного объемной усадкой материала. Устранение данных дефектов позволит на 20–25% повысить качество заготовительного производства лопаток. В настоящее время проводятся мероприятия по совершенствованию производственного процесса и снижению брака у заготовок лопаток и крупногабаритных корпусных деталей. Однако отработка технологии, характеризующаяся субъективным (человеческим) фактором, осуществляется путем проведения ряда натурных экспериментов, т.е. методом проб и ошибок, что приводит к значительному перерасходу дорогостоящих материалов и энергоресурсов, повышению трудоемкости изготовления отливок и снижению гибкости технологического процесса. АКТУАЛЬНОСТЬ решения проблемы повышения качества процесса изготовления бесприпусковых по профилю пера заготовок деталей горячего тракта газотурбинного двигателя и крупногабаритных корпусных деталей обусловлена разработкой верифицированных и валидированных цифровых моделей-двойников технологического процесса литья (т.е. уход от натурных экспериментов) и ее заменой виртуальными цифровыми полигонами. Опыт показывает, что любой даже едва заметный прогресс в решении проблемы в одной из отраслей двигателестроения, например, повышение качества деталей за счет стабильности геометрических размеров заготовок деталей, оказывает прямое воздействие на решение проблемы в других отраслях (судостроении, автомобилестроении и др.), а также в других областях промышленности (ракетно-космической технике, строительстве и архитектуре и др.), т.к. в основе новых технологических разработок обычно лежат новые научные подходы, имеющие множество конкретных практических реализаций. НАУЧНАЯ НОВИЗНА предлагаемого проекта заключается в следующем. - Разрабатывается новый подход к выбору и оптимизации технологических режимов процесса изготовления деталей горячего тракта газотурбинного двигателя и крупногабаритных корпусных деталей. Он заключается в создании методики конечно-элементного моделирования, которая будет отличаться от существующих наличием технологических звеньев: литейной установки, графитовой опоки, графитового наполнителя, керамической формы и металла, а также учетом их взаимного влияния. - Разрабатывается математическая модель определения температурного поля при литье в технологических звеньях процесса: литейная установка, графитовая опока, графитовый наполнитель, керамическая форма и металл, отличительной особенностью которой является учет нестационарного характера распределения температур. Разрабатываемая математическая модель с большой долей достоверности позволит решать принципиально новые задачи по прогнозированию усадочных дефектов и корректировки на рассчитанный процент усадки припусков для получения бесприпусковых по профилю пера отливок деталей горячего тракта газотурбинного двигателя. - Устанавливается закономерность влияния параметров технологического процесса на тепловые условия направленной кристаллизации при радиационном и конвективном охлаждении формы (в металлическом расплаве). Планируется теоретически определить и экспериментально подтвердить области формирования направленной, монокристаллической и композиционной структуры в зависимости от температуры литейной установки, метода охлаждения и скорости перемещения формы. Планируется теоретически обосновать требования к конструктивным параметрам литейных установок для получения отливок с направленной и

монокристаллической структурами. - Разрабатывается методика цифрового моделирования технологического процесса литья деталей в отечественной системе компьютерного моделирования «ПолигонСофт», позволяющей повысить точность определения температурного поля благодаря учету нестационарного характера распределения тепловых потоков. Данная методика позволит обеспечить совершенствование известных подходов в части цифрового моделирования технологических процессов. Необходимо отметить, что разрабатываемые математическая модель и методика цифрового моделирования позволят с высокой степенью достоверности определять напряженно-деформированное состояние отливок деталей и прогнозировать величину объемной усадки, которая на сегодняшний день для каждой плавки определяется экспериментальным путем, а существующие немногочисленные алгоритмы ее определения носят вероятностный характер. Возможность прогнозирования и управления усадкой позволит изготавливать бесприпусковые по профилю пера отливки деталей горячего тракта малоразмерного газотурбинного двигателя, что значительно сократит объем последующей механической обработки и увеличит эксплуатационные свойства лопаток, так как не будет происходить съём полезного поверхностного слоя, повышающего жаропрочные свойства лопаток. Тематика заявляемого научного проекта соответствует теме научного исследования, связанной с внедрением технологий автоматизации и цифровизации процессов производства аэрокосмической техники, а также соответствует программе развития и фронтальной задаче ПИАШ в части разработки комплексных решений интенсификации процессов создания и модернизации изделий аэрокосмической техники на основе интеграции интеллектуальных производственных и информационных технологий в рамках «цифрового завода». Целью исследования является внедрение в технологическую подготовку литейного производства деталей по номенклатуре предприятия ПАО «ОДК-Кузнецов» системы компьютерного моделирования литейных процессов «ПолигонСофт» для повышения качественных параметров процесса (возможность прогнозирования, напряженно-деформированного состояния и, как следствие, получение стабильных геометрических размеров) за счет использования цифровых моделей-двойников. Ожидаемыми результатами станут: - разработанный алгоритм проектирования конечно-элементных моделей отливок деталей горячего тракта газотурбинного двигателя и крупногабаритных отливок с литниково-питающей системой в модуле «Salome». Спроектированные конечно-элементные модели отливок деталей с литниково-питающей системой по согласованной с предприятием ПАО «ОДК-Кузнецов» номенклатуре деталей; - разработанные и внедренные в металлургическое производство методики компьютерного моделирования деталей горячего тракта газотурбинного двигателя с направленной кристаллизацией, литья крупногабаритных отливок, литья в ПГС; - экспериментальная апробация разработанной методики определения оптимальных технологических режимов; - разработанная и внедренная в металлургическое производство собственная термодинамическая база данных отечественных сплавов; - разработанная и апробированная в металлургическом производстве методика моделирования усадочных раковин и макропористости по согласованной с предприятием ПАО «ОДК-Кузнецов» номенклатуре деталей; - разработанная и апробированная в металлургическом производстве методика моделирования напряженно-деформированного состояния отливок деталей горячего тракта малоразмерного газотурбинного двигателя и крупногабаритных отливок по согласованной с предприятием ПАО «ОДК-Кузнецов» номенклатуре деталей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123061500019-6

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ УЗЛОВ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022 о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме

субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023. Целью проекта является разработка ЭГМ малоразмерного ГТД тягой 200 – 230 Н. Глобальная технологическая новизна заключается в том, что будет проведено цифровое проектирование МГТД. Предлагаемый проект позволит обучающимся ПИАШ освоить технологию сквозного проектирования МГТД, в рамках которой конструкторские, термодинамические и прочностные задачи решаются во взаимной связи.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123061400001-2

РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ И ВЕРТОЛЕТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Разработка ресурсосберегающих технологий переработки до 100% кондиционных отходов жаропрочных никелевых сплавов ВЖЛ125 и ВЖМ200. Разработка технологий нанесения ионно-плазменных и конденсационно-диффузионных жаростойких покрытий. Разработка технологий нанесения и ремонта жаростойкого стеклокерамического покрытия

ВЭС-104М. Разработка и изготовление: полуфабрикатов из титанового сплава ВТ46, прототипа тандемной ступени компрессора из волокнистого металлокерамического композиционного материала, самоклеящегося огнезащитного материала, герметизирующего жгутового материала, комплекса материалов на основе связующего ВСЭ-1212.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ» НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 123110900015-9

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

В последние годы, эксергетический анализ становится все более распространенным методом изучения энергетических систем.

В отличие от «традиционного» энергетического анализа, основанного на первом начале термодинамики, метод эксергетического анализа использует второе начало термодинамики, которое не только позволяет определить качественные и количественные характеристики энергии, но и способно дать наиболее полное представление о потерях энергии в различных системах.

Так, энергетический анализ обеспечивает только количественный результат и описывает, каким образом происходит преобразование одного вида энергии в другой, в то время как эксергетический анализ определяет качественные результаты о конкретном потреблении энергии.

В работе представлен эксергетический анализ газотурбинной установки. Применение второго начала

термодинамики позволило рассчитать диссипацию энергии и определить потери, связанные с необратимостью действительных процессов, и обеспечило качественное определение эксергетического КПД.

Из представленных результатов было установлено, что по сравнению с осевым компрессором и турбиной камера сгорания обладает наименьшим эксергетическим КПД, что связано с наибольшей диссипацией эксергии.

При этом данный элемент является основным источником необратимости в установке.

Минимальная диссипация эксергии при этом наблюдается для осевого компрессора.

В качестве дальнейшего направления работ необходимо более полно оценить влияния различных условий, например, влажность воздуха или степени повышения давления в компрессоре на эксергетические характеристики ГТУ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 123061500063-9

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022 о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023.

Предлагается разработка и внедрение специализированной версии программной среды концептуального проектирования газотурбинных двигателей, обладающей расширенными функциональными возможностями по сравнению с существующими отечественными аналогами, адаптированной

под задачи, решаемые в процессе проектирования газотурбинных двигателей в ПАО «ОДК-Кузнецов».

В процессе выполнения проекта в среде концептуального проектирования будут реализованы: - усовершенствованная модель расчета рабочего процесса турбокомпрессора; - функциональные возможности интеграции с внешними программами и моделями; - возможность учета различных ограничений и показателей эффективности для обеспечения соответствия предъявляемым требованиям на начальных этапах проектирования.

Реализация проекта позволит создать и внедрить более совершенные программные средства, обладающие возможностью их интеграции в единую цифровую платформу управления инженерными данными, расширить перечень решаемых задач, повысить достоверность используемых моделей и обоснованность принимаемых решений на этапах

концептуального и эскизного проектирования перспективных газотурбинных двигателей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123122800034-4

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КРИТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ГОРЯЧЕГО ТРАКТА ГТУ Т32

Целью работ является снижение импортозависимости от поставки запасных частей и комплектующих производства фирмы Nuovo Pignone (Нуово Пиньоне) для ГТУ Т32, оптимизация затрат на ТОиР ГТУ на объектах ПАО «Газпром» за счёт выполнения ремонта деталей ГТУ и применения запасных частей и комплектующих к данным агрегатам разработанных и произведенных на российских предприятиях, а также внедрение наукоёмких технологий с целью создания импортоопережающих решений на предприятиях,

входящих в группу компаний ПАО «Газпром». Впервые в Российской Федерации будет разработана конструкторская и технологическая документация, необходимая для организации ремонта и комплектации ГТУ Т32 (разработчик ГТУ MS5002E – фирма Nuovo Pignone (Нуово Пиньоне), Италия), в т.ч. с использованием импортоопережающих (не имеющих мировых аналогов) аддитивных технологий из материалов отечественного производства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123021600211-7

РАЗВИТИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Проект направлен на развитие методов создания новых материалов и покрытий для применения в энергетике и энергетическом машиностроении. Будут развиты методы: формирования новых высокопористых наноструктурированных литевых материалов для накопителей энергии методом плазменной обработки в стационарной плазменной установке; термостабилизации устройств диспергированным потоком теплоносителя; описания процесса энерговыделения при взаимодействии с неоднородными материалами; неразрушающего химического и фазового послойного анализа наноструктурированных поверхностей с субнанометровой точностью до глубин несколько десятков нанометров; по установлению

закономерностей влияния температуры поверхности мишени при плазмохимическом магнетронном распылении сплавов на основе циркония в окислительной среде на вольт-амперные характеристики магнетронного разряда; по определению научно-технологических основ синтеза оксидных покрытий с высокими скоростями осаждения; по изучению и оптимизации характеристик термобарьерных покрытий нового поколения для газотурбинных установок и двигателей; аддитивного формообразования деталей из проволоочных материалов, применение которых позволит переходить к созданию новых перспективных образцов энергетического оборудования при сокращении временных и производственных затрат.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123030700049-7

СУРРОГАТНЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОДК

Авиационное двигателестроение является важнейшим потребителем результатов научного творчества. Поэтому создание новой методологии разработки и использования так называемых «суррогатных моделей» для нужд Объединенной двигателестроительной корпорации – задача актуальная и в теоретическом, и в прикладном аспектах. Проблемная ситуация, которая сложилась на сегодня, – не нова и хорошо известна. Суть ее заключается в том, что все более подробные и точные математические модели, которые создаются для описания процессов в газотурбинных двигателях, становятся и все более сложными для понимания и непосредственного использования при проектировании и эксплуатации современных газотурбинных установок. Поэтому в авиадвигателестроительной отрасли широко и давно применяются так называемые «быстрорешаемые» или «быстросчетные» упрощенные модели, преимущество которых заключается в высоком быстродействии при сохранении ими достаточных областей адекватности. В последнее десятилетие все шире распространяется для таких моделей название «суррогатные модели», это понятие уже вошло международный научный обиход, известно производителям и сегодня встречается во многих научных публикациях. Процесс получения таких моделей далеко не прост, он во многом опирается на личный опыт исследователей и их интуицию, и в связи с этим каждая новая

подобная модель является отдельным научным результатом, достойным публикации в научном журнале. Поэтому сегодня вполне оправдан поиск общей методологии получения суррогатных моделей в рассматриваемой предметной области. Современные возможности интеллектуализации научных исследований предоставляют дополнительные возможности для достижения этой цели. Настоящая заявка посвящена именно этому пути снятия проблемной ситуации. Применение искусственных нейронных сетей, как показывают недавние исследования, может быть успешно положено в основу предлагаемой новой методологии, которая и является целью заявляемого проекта. В результате ее применения искусственная нейронная сеть обучается на экспериментальных данных и получает суррогатные модели газотурбинной установки, устанавливая статические и динамические соотношения между моделируемыми переменными. Для достижения этой цели необходимо решить целый ряд непростых и нетривиальных задач, но имеющийся у коллектива опыт, предварительные наработки и подтвержденные результаты, опора на исследовательскую и производственную базу крупного центра авиадвигателестроения в г. Перми, незашоренность команды молодых исследователей обеспечат успешную достижимость этой важной для экономики России научной цели.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123111500012-9

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПЛАВЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Данный проект направлен на решение комплекса задач, связанных с созданием новых материалов авиационного назначения, технологиями управления их структурой и изготовления изделий с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. При реализации Проекта 2019 были получены значимые научные результаты и достигнуто качественно новое понимание актуальных научных задач, выведено на новый уровень взаимодействие с промышленными партнерами, что позволило определить перспективные направления для развития в рамках Проекта 2023, а именно: -Разработка жаропрочных и жаростойких высокоэнтروпийных материалов и покрытий на интерметаллидной/керамической основе; -Сварка разнородных сплавов для аэрокосмической промышленности с использованием высокоэнтропийных промежуточных слоев; -Разработка нового метода термомеханической обработки труднодеформируемых сплавов на основе гамма алюминидов титана с использованием ячеистой реакции; Далее приведена более детальная информация о предполагаемых исследованиях. Интерметаллиды/керамики привлекательны для применения в экстремальных условиях, но их использование как конструкционных материалов ограничено из-за низкой пластичности. Возможные решения - многокомпонентное легирование, предлагаемое концепцией высокоэнтропийных (ВЭ) материалов, и формирование многофазных структур. В настоящем проекте планируется совместить эти 2 подхода и разработать ВЭ материалы с интерметаллидной/керамической матрицей, эксплуатируемые до/выше 1000°C. Посредством высокопроизводительных вычислений будут отобраны материалы с композитной структурой, для которых будет изучена связь между структурно-фазовым состоянием и механическими свойствами. Будут исследованы жаропрочность, жаростойкость и трещиностойкость, и сравнены с таковыми для промышленных материалов. Планируется разработка покрытий на основе ВЭ боридов и нитридов для повышения жаростойкости предлагаемых материалов до 1300°C. Из материалов с наилучшими

характеристиками будут изготовлены прототипы лопаток газотурбинного двигателя. Сварка разнородных сплавов затруднена из-за склонности к образованию в сварном шве интерметаллидных фаз. Повысить качество соединений можно за счет промежуточных слоев, причем ВЭ сплавы с их способностью образовывать многокомпонентные твердые растворы являются «естественным» выбором на эту роль. Однако к настоящему времени не существует научно-обоснованного подхода к выбору их состава. В данном проекте предполагается на основе высокопроизводительных вычислений и экспериментальных исследований отобрать наилучшие составы ВЭ промежуточных слоев и определить режимы лазерной и диффузионной сварки для получения качественного соединения. Технологии термомеханической обработки сплавов на основе гамма алюминидов титана чрезвычайно трудоемки. Возможным решением этой проблемы может быть использование ячеистой реакции, движущей силой которой является уменьшение межфазной энергии. Формирование при термообработке тонкоلامельной структуры и последующая ее трансформация в ходе ячеистой реакции может быть ускорена деформацией, что приведет к формированию мелкозернистой структуры, снижению напряжения течения и повышению пластичности. Будет исследовано влияние химического состава сплавов на полноту и активность протекания ячеистой реакции, влиянию на нее редкоземельных элементов, тормозящих диффузию и способствующих формированию более дисперсной структуры. Будут выбраны композиции сплавов, наиболее ярко демонстрирующие ячеистую реакцию, исследованы особенности эволюции структуры и механического поведения при горячей деформации и прокатаны листы из термообработанного слитка. Научная новизна проекта состоит в получении фундаментально нового знания о создании и обработке композиционно-сложных материалов для использования в аэрокосмической отрасли. Вызовы, стоящие в данное время перед Российской промышленностью, делают данный проект безусловно актуальным.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123051600070-7

НОВЫЕ СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ ДЛЯ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ: КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

Термобарьерные покрытия (ТБП) широко применяются для защиты деталей горячего тракта газовых турбин авиационных двигателей и энергетических установок – рабочих и направляющих лопаток, стенок камеры сгорания и жаровых труб, но дальнейший рост их предельных рабочих параметров и КПД сдерживается из-за деградации выше 1200°C верхнего керамического слоя. К настоящему времени диоксид циркония, стабилизированный 6-8 % оксида иттрия (7YSZ), остается базовым материалом для нанесения покрытий различными методами, хотя он уже не удовлетворяет современным требованиям. Поэтому проблема замены 7YSZ на более высокотемпературные покрытия с достаточным эксплуатационным ресурсом является остро актуальной и имеет большое значение для развития аэрокосмической, энергетической, транспортной и оборонной отраслей экономики России. К ТБП нового поколения предъявляются три основных требования: фазовая стабильность вплоть до 2000 К, низкая теплопроводность (1 Вт м-1К-1 и ниже) и средний линейный коэффициент теплового расширения (КТР) не менее 10–5 К-1. Эти требования дополняются высокой механической прочностью (трещиностойкостью), химической стойкостью к алюмосиликатам кальция-магния и низкой кислородной проницаемостью. Главной целью проекта является поиск и синтез новых оксидных фаз

для ТБП, превосходящих по основным функциональным свойствам используемые в настоящее время материалы. Одной из основных задач проекта является возможность достижения рабочих температур 1300–1500 °C, что позволит существенно увеличить КПД газотурбинных двигателей и установок. Проект включает в себя четыре основных блока: 1) кристаллохимический дизайн, основанный на опыте авторов и критическом анализе данных по известным материалам для ТБП; 2) квантово-химические расчёты с целью оценки стабильности и свойств предполагаемых фаз, прежде всего теплопроводности и теплового расширения; 3) синтез, исследование структуры и основных свойств выбранных фаз; 4) нанесение образцов термобарьерных покрытий из выбранных перспективных материалов на основу из суперсплава и аттестация их функциональных свойств. Поиск новых термобарьерных материалов будет проведён среди тугоплавких сложных оксидов, принадлежащих к структурным группам пироксенов, двойных перовскитов и гранатов, для которых будут предложены не исследованные ранее составы фаз. Наиболее перспективными в этом отношении представляются фазы с Ti, Hf, Nb и Ta, которые еще изучены недостаточно. В результате выполнения проекта мы планируем предложить новые оксидные фазы в качестве керамического слоя для ТБП, превосходящие

по сумме характеристик материалы на основе 7YSZ. Будут также оценены возможности улучшения функциональных свойств новых фаз за счет введения легирующих добавок. Предполагается использовать различные варианты нанесения покрытий на стандартные образцы из никелевого суперсплава с промежуточным интерметаллидным слоем

и исследовать их микроструктуру, состав и термические параметры. Фактически в рамках проекта будет реализован комплекс фундаментальных исследований, который позволит предложить для промышленной проверки ряд новых оксидных фаз для ТБП с потенциально высокими эксплуатационными параметрами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123112900020-7

ЧИСЛЕННОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНОМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛАМИНАРНЫХ ОТРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЙ И СМЕРЧЕВОГО ТЕПЛООБМЕНА В МИНИ- И МИКРОКАНАЛАХ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Актуальным направлением в повышении энергоэффективности и энергосбережения является исследование управляющих механизмов интенсификации отрывных течений и смерчевого теплообмена на структурированных поверхностях мини- и микроканалов в приложении к энергетическому оборудованию (ГТУ, воздушные конденсаторы) и микроэлектронике (охлаждение чипов). Неослабевающий интерес в мире к структурированным поверхностям с углублениями и выступами обуславливается возможностью интенсификации теплообмена в мультимасштабных каналах и в межреберном пространстве теплообменников при опережающем росте теплоотдачи от стенки по сравнению с гидравлическими потерями. В РФ предложена концепция нового эффективного поверхностного вихрегенератора в виде наклонной канавки со сферическими концами и ее модификаций для создания

пристеночного слоя согласованных спиралевидных вихрей. Сделано открытие аномальной интенсификации отрывного течения и теплообмена в одно- и многорядных наклонных канавках на стенке канала, которое заключается в многократном (до 7-9 раз) увеличении абсолютных величин относительного отрицательного трения и относительной теплоотдачи на дне канавки по сравнению с плоской стенкой. Также установлено ускорение потока в ядре канала над входом в наклонную канавку, достигающее 1.5 раз по отношению к максимальной скорости в плоскопараллельном канале. Ультравысокие скорости вторичного и возвратного течений в канавках, сравнимые и превосходящие среднемассовые скорости, обуславливаются экстраординарными перепадами статического давления между зонами торможения входящего в канавку внешнего потока и разрежения в месте генерации смерчеобразного вихря.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»

№ 123112100052-6

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ ПОСРЕДСТВОМ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Актуальным решением для перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике является усовершенствование систем УПС (управление пограничным слоем).

Системы УПС предназначены для ослабления или предотвращения срыва потока на обтекаемой поверхности, сохранения ламинарного течения в пограничном слое, что приводит к снижению сопротивления трения и теплообмена, также системы УПС могут создавать и обратный эффект, турбулизируя поток и увеличивая теплопередачу.

На сегодняшний день активные и пассивные системы УПС достаточно хорошо изучены и создан научный задел для их применения в технике. Неоспоримым преимуществом пассивных систем является воздействие на пограничный слой без затрат энергии, однако существенным недостатком является отсутствие возможности изменения уровня воздействий при работе, что приводит к ограничению диапазона эффективной работы.

Разработка пассивной системы с возможностью эффективного воздействия на пограничный слой с интенсивными воздействиями (воздействия на пристеночный пограничный слой различных форм нестационарности, продольного градиента давления, повышенной внешней турбулентности, вдува охладителя, внутренних источников теплоты и импульса, продольная неизотермичность), а также возможностью комбинирования с активными системами УПС и разработка метода моделирования для исследования и определения потенциала комбинированной системы УПС является важным научно-техническим решением.

Перспективной системой УПС способной воздействовать на пограничный слой в широком диапазоне скоростей и температур, а также возможностью комбинирования с активными системами является устройство - «Демпфирующая поверхность», патент РФ № 2018131418, автором которого является руководитель проекта. Демпфирующая поверхность

оказывает воздействие на пограничный слой с двух сторон, с «внешней» и «внутренней» стороны. «Внутренняя» сторона поверхности предназначена для ослабления поперечных пульсаций давления на обтекаемой поверхности в полусферических демпфирующих полостях и сохранения ламинарного течения в пограничном слое, что приводит к снижению сопротивления трения и теплообмена.

«Внешняя» сторона поверхности предназначена для турбулизации пограничного слоя полусферическими выступами, образованными тыльной стороной пустотелых полусферических демпфирующих полостей, что приводит к интенсификации теплопередачи.

Одной из перспективных отраслей для реализации научно-технического решения является теплоэнергетика. Современным и эффективным энергетическим оборудованием для ТЭЦ (теплоэлектроцентрали) является ПГУ (парогазовая установка). КПД и надежность ПГУ в целом зависит от температуры рабочего тела в газотурбинном двигателе (ГТД), повышение которых можно достичь за счет внедрения пассивной системы УПС на теплонагруженных поверхностях с возможностью воздействия на пограничный слой в широком диапазоне скоростей и температур, а также возможностью комбинирования с активными системами УПС.

Научная новизна проекта заключается: 1) В познании закономерностей и развитии подходов к прогнозированию и управлению пограничным слоем на демпфирующей поверхности с управляющими воздействиями. 2) В разработке оригинальной полуэмпирической модели турбулентного переноса в пограничном слое с управляющими воздействиями и разработке программного комплекса включающего в себя подход к моделированию воздействий демпфирующей поверхности и комбинированной системы управления пограничным слоем с интенсивными воздействиями. 3) В разработке научно-технических решений эффективного использования демпфирующей поверхности, а также

комбинированных систем управления пограничным слоем с интенсивными воздействиями в технических устройствах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123110900019-7

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОХЛАЖДАЕМЫХ ТУРБИН ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И ЭЛЕМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Для реализации стратегии импортозамещения и успешной конкуренции с зарубежными производителями требуется разработка отечественных газотурбинных двигателей, которые будут обладать параметрами не хуже, чем у иностранных конкурентов. Основными направлениями совершенствования газотурбинных двигателей для гражданской авиации являются повышение топливной экономичности и ресурса, снижение их массы и стоимости жизненного цикла. Повышение топливной экономичности двигателей достигается за счет постоянного увеличения параметров цикла. В перспективных проектах рассматривается суммарная степень повышения давления более 70, температура газа на входе в сопловой аппарат турбины высокого давления выше 2000 К, а степень двухконтурности выше 15. При этом условия работы турбин существенно ужесточаются из-за роста температуры и окружных скоростей. Для обеспечения требуемых параметров охлаждаемых турбин в тяжелых условиях эксплуатации необходимо рассматривать множество взаимосвязанных процессов разных физических дисциплин, которые оказывают сильное влияние друг на друга. Необходимо решать конструкционные задачи, задачи газодинамического, прочностного и теплового проектирования, учитывать тепловые деформации и изменения зазоров между роторными и статорными деталями, обеспечивать работоспособность пневмосхемы. Для решения данных задач применяются различные математические и компьютерные модели, которые отражают различные характеристики и свойства проектируемой турбины. Объединяя различные математические и компьютерные модели в единую систему с использованием технологии цифровых двойников можно всесторонне описать проектируемую турбину и системно подойти к ее разработке. Кроме того, можно добиться значительного снижения времени и уровня технического риска проектирования за счет применения технологий машинного обучения для обобщения и формализации существующего опыта в области

проектирования охлаждаемых турбин, а также опыта, получаемого непосредственно в процессе проектирования. Актуальность работы обусловлена необходимостью снижения себестоимости и сроков разработки, количества испытаний, оценкой научной обоснованности применяемых технических решений при проектировании охлаждаемых турбин перспективных газотурбинных двигателей за счет разработки и внедрения метода сквозного проектирования охлаждаемых турбин с использованием технологии цифровых двойников и элементов машинного обучения. Научная новизна результатов работы будет состоять в следующем: 1. Будет разработан новый метод сквозного проектирования охлаждаемых турбин перспективных газотурбинных двигателей с использованием технологии цифровых двойников и элементов машинного обучения. 2. Будут формализованы требования для оценки турбины по комплексу параметров разных дисциплин на каждом уровне проектирования в виде многоуровневой матрицы требований, которая может уточняться и дополняться в процессе проектирования. 3. На каждом уровне проектирования будет определен перечень необходимых компьютерных моделей, их иерархия, взаимосвязи и области применения. Установлены информационные связи моделей между собой и матрицей требований. 4. Будут разработаны программы для помощи выбора основных параметров турбин на этапах определения начального облика и повышения точности отдельных моделей с использованием машинного обучения. 5. Будет разработан набор методик многодисциплинарного проектирования охлаждаемых турбин с использованием компьютерных моделей разного уровня сложности, их взаимной комбинации и уточнения. 6. Будут сформированы научно и технически обоснованные принципы и рекомендации по рациональному использованию цифровых двойников охлаждаемых турбин на этапах разработки для повышения скорости, снижения себестоимости и уровня технических рисков проектирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123101000078-1

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ В ГАЗОВОЙ ЗАВЕСЕ

Основная тенденция развития газотурбинных двигателей связана с форсированием параметров рабочего процесса и прежде всего температуры газа перед турбиной, что требует развития и совершенствования систем охлаждения сопловых и рабочих лопаток турбин. При этом очень актуален вопрос максимально эффективного использования охлаждающего воздуха при его минимальных затратах, с учетом структуры течения, формирующегося при взаимодействии газовой завесы с основным потоком. Решаемая в рамках проекта проблема повышения эффективности заградительного охлаждения требует комплексного экспериментально-расчетного подхода к исследованию теплообменных и газодинамических процессов протекающих в условиях взаимодействия основного потока и струй охладителя, выдуваемых из отверстий перфорации различной формы

и конфигурации. Цель проекта: повышение эффективности охлаждения лопаток газовых турбин за счет изменения геометрии, формы и расположения отверстий, формирующих газовую завесу, на основе результатов экспериментальных исследований и численного моделирования. В качестве новизны проекта можно отметить экспериментальное и расчетное изучение заградительного охлаждения при использовании как цилиндрических, так и веерных отверстий перфорации с различными параметрами вдува от 0,5 до 2,5 и применением бесконтактных измерений методами PIV и ИК-термографии для определения эффективности завесы, кинематики потока, с последующей верификацией данных численного моделирования (RANS, URANS, DES и LES подходов).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЫБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. СОЛОВЬЕВА»

№ 123082100080-5

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СПОВЕРХНОСТНОЙ И ОБЪЕМНОЙ МОДИФИКАЦИЕЙ МЕХАНО-ИМПУЛЬСНОЙ УДАРНОЙ ОБРАБОТКОЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Развитие технических устройств приводит к возрастающей потребности в более ресурсоэффективных деталях для сложных условий авиации, морских и космических сфер. Одним из методов увеличения долговечности деталей является механическая обработка материалов, повышающая их износостойкость и прочность, особенно в области трения и динамического взаимодействия. Стали используются в повседневной жизни, из них состоит около 75% всех основных бытовых приборов, а никелевые сплавы нашли свою нишу в авиа-, ракетостроении, построении ГТД в качестве материалов крепления, лопаток ГТД, триботехнических изделий. Применение поверхностной и объемной модификации механо-импульсной ударной обработкой позволяет создавать детали с уникальными физико-механическими свойствами и совмещать материалы

с различными свойствами. Использование этой технологии позволяет формировать износостойкий поверхностный слой с повышенной плотностью дислокаций и создавать материалы, выдерживающие динамические и вибрационные нагрузки без трещинообразования. Повышение прочностных и триботехнических свойств материалов является приоритетной задачей для авиации, космической и нефтегазовой промышленности, в области аддитивных технологий. Настоящая работа направлена на исследование механизмов формирования материалов с уникальными свойствами путем дислокационного и твердорастворного упрочнения металлической матрицы в условиях деформационного воздействия при механо-импульсной обработке никелевых сплавов и сталей перлитного класса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123112800069-7

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ВИБРАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Проект направлен на разработку лопаток газотурбинных двигателей, изготовленных с помощью аддитивных технологий и обладающих принципиально новыми характеристиками, в частности, возможностью обеспечивать заданные вибрационные характеристики при сохранении внешней геометрии лопатки при снижении массы и повышении вибронадежности и ресурса. Изготовление лопаток турбомашин методами аддитивных технологий позволяет повысить функциональное наполнение таких лопаток, в частности, обеспечивать управляемые вибрационные характеристики и организовывать систему подвода вторичного воздуха, при этом масса изделия может быть снижена более чем на 50%. Экономический и производственный эффект от внедрения таких лопаток достигается за счёт снижения массы самих лопаток и удерживающих конструкций - дисков, элементов корпуса, а также за счёт повышения эффективности и аэродинамической нагруженности каждого элемента. При этом сохраняется надёжность эксплуатации за счёт управления вибрационными характеристиками и снижением интенсивности вихревых течений. В перспективе, за счёт снижения массы авиационного двигателя при применении аддитивных

технологий может быть достигнуто снижение расхода топлива на 5-10%. Однако достижение этого эффекта требует развития новых способов конструирования лопаток турбомашин. В частности, на сегодняшний день на рынке представлено большое количество услуг по производству элементов турбомашин методами селективного лазерного спекания (СЛС), однако не было обнаружено ни одного продукта, в полной мере использующего потенциал такой технологии на основании физического понимания происходящих процессов в конечном изделии. Цель проекта: разработать конструкцию лопатки ГТД с управляемыми вибрационными характеристиками за счёт частичного заполнения внутренней полости лопатки при производстве методами аддитивных технологий. Задачи проекта: разработка методики проектирования лопаток с управляемыми вибрационными характеристиками, изготовление демонстраторов технологии, проведение экспериментальных исследований. Проект актуален и применим в области транспорта и энергетики. Возможные потребители: предприятия, проектирующие, изготавливающие или эксплуатирующие газотурбинные двигатели.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СТРОНГВИНС»

№ 123030900048-8

ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БРАКА ЛИТЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Как известно, брак в литейных цехах серийных промышленных предприятий часто достигает 50 и более процентов, что отрицательно сказывается на экономических показателях работы предприятий. Повышенный процент брака объясняется тем, что на качество литейных изделий оказывает влияние большое количество различных факторов и параметров технологического процесса, подобрать оптимальное сочетание которых не под силу даже самым опытным технологом. Примерно то же самое относится и к производству пластмассовых, силиконовых, стеклянных изделий, оптического волокна, керамических изделий и

пр. Целью НИОКР проекта является создание нейросетевой системы, способной прогнозировать вероятность образования брака в зависимости от параметров производственного процесса, а также выявлять наиболее значимые из них и подбирать их оптимальные сочетания. На первом этапе такая система будет создана для оптимизации технологического процесса производства лопаток газотурбинных двигателей предприятия АО «ОДК-Пермские моторы», а затем, полученный опыт планируется распространить и на другие предприятия, серийно выпускающие продукцию различного назначения.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНТЕЛЛЕКТ СОФТ»

№ 123102400011-1

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

В работе предлагается комплексный подход к решению проблем, связанных с технологическими особенностями электрофизической обработки изделий ГТД, выполненных из жаропрочных никелевых сплавов. Данный подход будет основываться на новых данных о закономерностях процессов неупругого деформирования и разрушения изделий, а также теоретических и эмпирических моделях формирования структур и качества поверхностного слоя. Поставленные задачи будут решаться экспериментально с построением моделей, описывающих изучаемые механизмы формирования качественных и эксплуатационных характеристик

исследуемых изделий. Основой теоретического исследования является разработка математических моделей воздействия концентрированного единичного теплового импульса на поверхность заготовки из жаропрочного никелевого сплава, прогнозирующих формирование структуры поверхностного слоя после комплексной электрофизической обработки данных изделий. А также моделей, позволяющих прогнозировать качество обработанной поверхности жаропрочного никелевого сплава как после ЭЗО, так и после финишной электролитно-плазменной обработки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123022200001-5

РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА КОРПУСНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проект направлен на решение актуальной задачи – преобразование тепла в электрическую энергию в высокотемпературных энергоустановках (применительно к ГТД, поршневым двигателям, беспилотным летательным аппаратам, радиоэлектронике), в частности на изготовление термоэлектрических генераторов (ТЭГ), применяемых, в качестве корпусных элементов с получением при этом дополнительной электрической мощности. Цель проекта –

разработка высокоэффективной технологии изготовления ТЭГ различной формы на основе композиционных. Предлагается создание прототипа ТЭГ по разрабатываемой (запатентованной) технологии и его апробирование. Преимущество заключается в наличии радиуса кривизны, способности принимать сложные формы, большого количества спаев на единицу площади и, как следствие выработки большей электрической мощности.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТЭГ ИНЖИНИРИНГ»

№ 123070600010-4

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Работа выполняется в целях реализации Программы развития Самарского университета на 2021- 2030 годы в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» и за счёт средств базовой части гранта в форме субсидии, выделенной в соответствии с соглашением от «21» февраля 2023 г. № 075-15-2023-374. В рамках выполнения работ планируется решить ряд задач по созданию комплекса испытательных стендов для проведения экспериментальных исследований узлов энергетических

установок малой мощности. Выполнение проекта позволит создать в Самарском университете центр компетенций по экспериментальной доводке узлов энергетических установок малой мощности – компрессора, опоры, камеры сгорания, газодинамических подшипников и теплообменника. Планируется привлечение частных заказчиков для выполнения хозяйственных работ по испытаниям и доводке узлов энергетических установок и газотурбинных двигателей, что в перспективе повысит объем НИОКР университета.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123081600031-5

МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ ФАЗЫ В НАНОКОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-КРЕМНИЙ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, АТОМНОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Метастабильные фазы могут обладать уникальными и интересными свойствами, такими как упрочнение с увеличением температуры. Хорошим примером являются суперсплавы на основе метастабильной фазы Ni₃Al, которые представляет собой передовой конструкционный материал, широко используемые в компонентах современных газотурбинных двигателей, особенно в качестве жаропрочного сплава для турбинных лопаток из-за их превосходных жаропрочных свойств. Высокая прочность и напряжение течения, проявляемые этими сплавами, проистекают из их микроструктуры $\gamma + \gamma'$, где матрица fcc- γ Ni упрочняется с помощью, упорядоченных по L1₂, включениями γ' Ni₃Al. Основной фазой для создания суперсплавов на никелевой основе послужила фаза Ni₃Al, однако известны и другие интерметаллидные фазы со сверхструктурой L1₂, такие как Ni₃Ti, Ni₃Fe, Ni₃Si, Co₃Ta, Pt₃Si, Pt₃Ga и др. Данные интерметаллические соединения можно выделить в группу A3B, в которых атомы обоих компонентов занимают центры граней и вершины куба с одинаковой вероятностью.

Интересным является тот факт, что для соединений типа A3B характерно сохранение дальнего порядка вплоть до температуры плавления (T_{пл}). Это определяет перспективу применения соединений типа A3B в технологии изготовления стабильных контактов (с использованием классических металлов микроэлектроники: Al, Cu, Ag, Au, Ni, Pt и т.д.) с высокой степенью воспроизводимости в мощных (в том числе СВЧ) интегральных схемах и дискретных полупроводниковых приборах, вместо используемых в настоящее время тугоплавких металлов, таких, как вольфрам и силициды вольфрама. Поэтому одной из целей данного проекта является получение новых соединений Al₃Si, Ag₃Si, Au₃Si, Cu₃Si обладающих высокотемпературной прочностью, для применения для создания надежных контактов в силовых интегральных схемах, что определяет актуальность данного проекта. Особый интерес для практического применения слоя соединений группы A3B в кремниевой микроэлектронике (в качестве буферного слоя между металлизацией и кремниевой подложкой) вызывает величина параметра

их кристаллической решетки, отличающейся большим значением сверхструктурного сжатия. В частности, как это было показано в наших предыдущих работах, параметр кристаллической решетки, неизвестной ранее фазы Al₃Si, соответствует значению 4,079Å-4,085Å, при значениях параметров кристаллических решеток Al - 4,050Å и Si - 5,431Å.

Использование эффекта сверхструктурного сжатия в соединениях A3B может внести весомый вклад в развитие технологии создания податливых кремниевых подложек для соединений типа A3B5.

Таким образом, наличие у соединений типа A3B свойства упрочнения с увеличением температуры и эффекта сверхструктурного сжатия определяет следующую цель данного проекта - попытку создать соединение Ga3Si, являющееся перспективным для согласования параметров решеток кремния и соединений типа A3B5.

Однако многие метастабильные фазы отсутствуют на равновесных диаграммах состояния, а также в международных базах данных, даже таких как International Centre of Diffraction

Data (ICDD) и NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database. В результате этого возникают сложности при прогнозировании свойств нанокompозитных материалов и выборе оптимальных технологических параметров их формирования.

Кроме того, трудности в прогнозировании свойств метастабильных фаз, посредством расчетов их электронного строения, обусловлены отсутствием надежных экспериментальных данных.

Поэтому одной из важнейших и актуальных задач данного проекта является получение комплексных данных об электронном строении и транспортных свойствах метастабильных фаз типа Me3Si (где Me = Al, Cu, Ag, Au, Ga) как прямыми экспериментальными, так и теоретическими методами.

Комплексность подхода позволит получить надежные данные, верифицировать методы теоретических расчетов, используемых исследователями в данной области, а также дополнить международные базы данных информацией о новых метастабильных соединениях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062600028-4

ВАЛИДАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ, СОПРЯЖЕННОГО ТЕПЛООБМЕНА И МНОГОФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПОРТНЕЗАВИСИМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» на 2022-2030 годы в целях достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы» в соответствии Соглашением №075-15-2022-1144 от 07.07.2022 о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий и Дополнительным соглашением №075-15-2022-1144/2 от 23.02.2023.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью перехода на отечественное инженерное программное обеспечение при разработке в критических отраслях промышленности, в том числе в двигателестроении.

В настоящее время подавляющее большинство предприятий и научно-образовательных организаций используют программное обеспечение зарубежной разработки, в частности программный комплекс ANSYS и его модули.

Уход зарубежных разработчиков с российского рынка в 2022 году привел к необходимости поиска импортонезависимых решений в области инженерного программного обеспечения.

Так, в области моделирования физических процессов турбулентного течения, горения и тепломассообмена альтернативными вариантами могут быть как open-source решения типа «OpenFoam», так и программные продукты отечественной разработки: «FlowVision» от ООО «ТЕСИС», «Логос» от РФЯЦ. В рамках данной работы предлагается провести следующие работы: - решение верификационных и валидационных задач при сжигании предварительно подготовленных смесей газообразного (природный газ) и

испаренного топлива (нормальный декан). Сопоставление с экспериментальными данными Самарского университета и результатами расчета с использованием ПО «ANSYS Fluent»; - решение верификационных и валидационных задач на горелочном устройстве НК-14СТ. Сопоставление с экспериментальными данными Самарского университета и ПАО «ОДК-Кузнецов», а также с результатами расчета с использованием ПО «ANSYS Fluent»; - отработка методики моделирования процессов горения в камере сгорания двигателя НК-14СТ и сопоставление результатов расчета с данными, полученными при использовании ПО «ANSYS Fluent»; - решение верификационных и валидационных задач течения топлива в центробежных форсунках.

Сопоставление с экспериментальными данными Самарского университета и результатами расчета с использованием ПО «ANSYS Fluent»; - формирование заключения об удобстве использования, скорости расчета, адекватности результатов расчета, границах применимости, а также рекомендаций по дальнейшему развитию импортонезависимого программного обеспечения в интересах ПАО «ОДК-Кузнецов»; - формирование методических рекомендаций по переходу с зарубежного программного обеспечения на отечественное.

Тематика заявляемого научного проекта соответствует теме научного исследования, связанной с отработкой прогрессивных конструкторско-технологических решений создания изделий аэрокосмической техники, а также соответствует программе развития ПИАШ в части разработки комплексных решений интенсификации процессов создания и модернизации изделий аэрокосмической техники на основе интеграции интеллектуальных производственных и информационных технологий в рамках «цифрового завода»

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123022700079-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭКРАННЫХ ТРУБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛОАГРЕГАТА

Цели работы: - повышение уровня надежности работы экранных поверхностей котлоагрегатов за счет своевременного выявления скрытых дефектов; - снижение затрат на неплановые ремонты и топливных затрат на неплановые пуски.

Объектом исследования является поверхность настенного

пароперегревателя котлоагрегата.

Актуальность данной работы обусловлена обеспечением надежности работы котельных агрегатов и сокращением количества их внеплановых остановок.

Планируемые научно-технические результаты: отчет о патентных исследованиях, методические указания оценки

результатов тепловизионной диагностики, производственные инструкции тепловизионного контроля, патент на разработанный РИД.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

4.10 ТЕХНОЛОГИИ СКОРОСТНОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ПИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ И СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

2021

№ 121081300069-3

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ВЫСОКОЙ МОЩНОСТЬЮ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Целью проекта является создание мобильных установок для заряда электротранспорта с интегрированной системой накопления электроэнергии, которая позволит гибко масштабировать мощность станции зарядки в зависимости от потребностей рынка. Решения по хранению электроэнергии требуют комплексного подхода. Основанные на новейших технологиях литий-ионные аккумуляторы могут работать как при подключении к сети, так и полностью автономно. Для их эффективной работы требуется правильное преобразование мощности, технология переключения, устройства защиты и мониторинг постоянного и переменного тока. Данные передовые технологии должны быть полностью интегрированы в единую систему и управляться современной программной системой, способной работать как локально, так и удаленно. Литий-ионные аккумуляторы находят применение в качестве накопителей электроэнергии при совместной работе с возобновляемыми источниками энергии, в изолированных микросетях, в устройствах для зарядки электромобилей, в системах энергосбережения коммерческих и промышленных зданий. По итогам реализации проекта будет создано высокотехнологичное оборудование и производство «линейки» мобильных установок заряда электротранспорта высокой мощностью с интегрированной системой накопления электроэнергии в соответствии с потребностями заказчиков. Будут получены следующие показатели и характеристики: - возможность беспроводного

способа заряда, обеспечивающий радикальное увеличение автономности работы транспортных средств на электротяге; - единое интегрированное решение мобильной установки, значительно снижающее время подготовки и установки на месте; - ISO-контейнер позволяет доставить аккумуляторную систему хранения энергии на большие расстояния и обеспечивает высоконадежное техническое помещение; - стандартное контейнерное решение может быть адаптировано к конкретным требованиям: экстремальные внешние условия окружающей среды, например, высокий уровень изоляции контейнера, резервирование системы охлаждения, защита от соленых сред и т.д.; - интеграция возобновляемых источников электроэнергии, размещение дополнительного шкафа для преобразования электроэнергии и защитных устройств; - интеграция трансформатора для прямого подключения к среднему напряжению; - интеграция сторонних устройств для управления и автоматизации всей системы аккумулирования энергии; - емкость не менее 1 МВт·ч для быстрого заряда электротранспорта выходной мощностью до 200 кВт·ч на одном кабеле; - возможность системы функционировать при малой подведенной мощности – от 11 кВт. В контексте импортозамещения создание «линейки» мобильных установок заряда электротранспорта высокой мощностью с интегрированной системой накопления электроэнергии позволит значительно сократить импорт данного вида продукции.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ЗАРНИЦА»

№ 121060200078-1

РАЗРАБОТКА ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ С ГИБРИДНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

В настоящее время наблюдается тенденция роста количества индивидуальных и общественных электротранспортных средств. Для обеспечения энергией электромобилей и подзаряжаемых гибридов увеличивается количество зарядных станций. С учетом этого неизбежно возникновение проблемы нехватки мощностей систем электропитания. Сегодня формируется направление по применению новых типов накопителей энергии, использование которых в составе зарядных станций способно не только решить проблему нехватки мощностей, но и повысить энергетическую эффективность систем электропитания в целом. В связи с этим представляется актуальной оценка потенциальных

техничко-экономических эффектов при использовании в состав зарядных станций накопителей энергии разных типов и при различном сочетании их свойств. В исследовании предлагается определить возможные топологии гибридной системы зарядки электромобилей в составе с накопителями энергии, определить технические требования к накопителям энергии для выбора их типов и расчета их основных параметров с учетом возможных мощностей зарядных станций, разработать принципы управления и схмотехнические решения для согласования режимов работы элементов разрабатываемой системы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

4.11 ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТА, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И НАДЕЖНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

2021

№ 121051100299-9

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АТОМИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

Цель - исследование транспортных и корреляционных свойств в жидкостях, кристаллах, стеклах и плазме. Изучение влияния транспортных свойств на динамику фазовых

переходов. Количественная оценка зависимости физических и биологических свойств модельных биологических мембран от их состава, описание неоднородностей в модельных

мембранах, расчёт свойств белок-белковых и белок-липидных комплексов. Поиск потенциальных сайтов мутагенеза для направленного изменения свойств белков. Реализация системы для сбора данных о производительности и сценариях использования молекулярно-динамических пакетов на суперкомпьютерах. Внедрение разработанной системы на вычислительные системы, используемые в лаборатории для проведения практических расчетов. Анализ использования суперкомпьютерных ресурсов отдельными алгоритмами при решении задач атомистического моделирования. Выявление наиболее типичных сценариев использования вычислительных пакетов. Тесты производительности перспективных языков программирования для решения задач НРС и их совместимости с актуальными технологиями параллелизации. Разработка параллельных алгоритмов для базовых операций с матрицами на нескольких GPU-ускорителях. Сравнение производительности технологий высокоскоростных прямых обменов данными между GPU-ускорителями, используемых у GPU Nvidia и AMD. Сравнение различных вариантов межузловых обменов с точки зрения производительности высокоскоростных прямых обменов данными между GPU-ускорителями. Выявление узких мест при параллельном вводе-выводе на суперкомпьютерах с различными типами параллельных файловых систем. Динамика и корреляции в движении частицы в переохлажденных и перегретых расплавах металлов. Исследование характерных микроструктур в металлических стеклах. Вычисление коэффициентов переноса флюидов в

пористой среде. Оценка влияния стенок пор на структуру и транспортные свойства флюидов. Коэффициенты диффузии ионов в среде вода-глина. Результаты могут быть применены при моделировании материалов и процессов, связанных с захоронением радиоактивных отходов, повышения нефте- и газо-отдачи сланцевых месторождений углеводородов, геологическом захоронении углекислого газа из атмосферы для контроля климатических изменений. Для модельных липидных мембран будет предложено описание характера неоднородностей, формируемых разными типами липидов, предложены механизмы взаимного влияния белок-мембрана, учитывающие «мозаичность» мембран. Оценка структурной роли остатков пролина в трансмембранных доменах рецепторов семейства IR. Построение модели комплекса потенциального пептидного модулятора активности нейраминидазы-1 человека с трансмембранным фрагментом белка-мишени, учитывающей оба его трансмембранных домена. Поиск возможных сайтов мутагенеза во фрагменте молекулы низина — потенциальной основе для нового антибиотика. Рациональный дизайн новых пептидных блокаторов калиевых каналов на основании анализа структурно-динамических параметров природных соединений. Поиск сайтов селективного узнавания белок-липид в термочувствительных каналах TRPV. Результаты работы создадут основу рационального подхода к созданию новых лекарственных молекул, нацеленных на молекулярные мишени, связанные с развитием онкологических, нейродегенеративных и сердечно-сосудистых заболеваний.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

№ 122020900243-9

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ СИНТЕЗ ГИДРАТОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ И СТЕПЕНЬЮ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОДЫ В ГИДРАТ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГАЗОГИДРАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТА, ХРАНЕНИЯ, УТИЛИЗАЦИИ И ЗАХОРОНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ

В современном мире спрос и потребление энергии быстро растут, что затрудняет удовлетворение потребностей потребителей на энергетическом рынке. В этом направлении природный газ является одним из подходящих источников энергии, который может обеспечить требуемую энергоёмкость при том с низким уровнем выбросов углекислого газа по сравнению с другими ископаемыми видами топлива. Газовые гидраты, содержащие CH₄ в качестве основного компонента, обычно встречаются в зоне распространения многолетнемерзлых пород и на дне морей и океанов (Buffett B.A., Zatsepina O.Y. Formation of gas hydrate from dissolved gas in natural porous media. 2000. Mar. Geol. 164, 69–77). Глубина зоны стабильности гидрата зависит от нескольких факторов, как например температура, давление, геотермальный градиент, солёность воды и вид гидратообразующего газа (Buffett B.A. Clathrate hydrates. 2000. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 28, 477–507). По оценкам ученых, количество газа заключенного в природных газовых гидратах колеблется от 104 до 106 триллионов кубометров (Boswell R. I., Collett T.S. Current perspectives on gas hydrate resources. 2011. Energy Environ. Sci. 4, 1206–1215). Эти оценки основаны на различных моделях, которые зависят от различных критериев оценки как например насыщенность гидратной фазы в породе. В настоящее время считается, что перспективы экономического извлечения метана из газовых гидратов являются еще недостаточно очевидными при современных технологиях (Moridis G.J., Collett T.S., Boswell R., Kurihara M., Reagan M.T., Koh C., Sloan D.E. Toward Production From Gas Hydrates: Current Status, Assessment of Resources, and Simulation- Based Evaluation of Technology and Potential, 2009. SPE Reserv. Eval. Eng. 12, 745–771). Тем не менее, с развитием технологий в разведке месторождений, нацеленных на эти сложные

гидратные залежи, нет сомнений в том, что количество газа, добываемого из газовых гидратов будет расширяться в ближайшие годы. Кроме того, необходим дешевый способ хранения и транспортировки природного газа. Типичными способами хранения/транспортировки природного газа являются трубопроводы, сжиженный природный газ, сжатый природный газ и адсорбированный природный газ. Однако в последнее время показано, что перевод газа в твердое гидратное состояние, так называемое Solidified Natural Gas (SNG), является более безопасным и благоприятным с экологической точки зрения (Veluswamy, H. P., Kumar, A., Seo, Y., Lee J.D., Linga. P., A Review of Solidified Natural Gas (SNG) Technology for Gas Storage via Clathrate Hydrates. 2018. App. Energy. 216, 262–85). В технологии SNG природный газ хранится в виде газовых гидратов. Газовые гидраты представляют собой нестехиометрические кристаллические соединения, которые могут вмещать до 180 объемов газа. Благодаря этому свойству газовые гидраты находят применение в таких областях, как хранение и транспортировка природного газа, разделение газовых смесей, улавливание и захоронение углекислого газа (основного парникового газа), опреснение воды. В связи такими обширными возможностями применения газогидратных технологий, актуальными являются вопросы изучения кинетики образования и диссоциации гидратов, увеличения скорости роста гидратов, в нефтегазовой сфере важными являются исследования веществ и материалов, которые способны ингибировать гидратообразование и препятствовать агломерированию газогидратных частиц. Применение ингибиторов и анти-агломераторов позволит снизить аварийность в системах сбора и подготовки газа, препятствуя образованию газогидратных пробок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022200480-9

Поиск оптимальных методов захоронения CO₂ в водоносных пластах на основе численного моделирования в гидродинамических моделях

Решение проблемы глобального потепления требует поиска путей утилизации парниковых газов. Одним из таких способов утилизации является захоронение углекислого газа - одного из основных парниковых газов - в водоносных горизонтах. Обоснование надежности такого

метода утилизации и оценка соответствующих показателей использования недр Земли требуют проведения комплексного геологического гидродинамического моделирования. В настоящем проекте планируется проведение такого моделирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 121120700193-7

Метастабильные катализаторы, полученные лазерной обработкой в жидкости, для эффективного дегидрирования алканов

Целью проекта является разработка метастабильных дисперсных и закрепленных на пористых носителях катализаторов для дегидрирования легких алканов. Достижение поставленной цели позволит создать новые наноструктурированные катализаторы и кинетическую модель для получения из легких алканов олефинов – ценных полупродуктов для производства полимеров. Разработка катализаторов дегидрирования алканов будет проведена с применением нового подхода: сначала с помощью лазерной обработки в жидкости будут синтезированы метастабильные каталитически активные частицы, которые затем будут иммобилизованы на пористых носителях. Разделение этапов синтеза частиц и их нанесения на носитель позволит выявить закономерности влияния структуры

частиц, текстурных и структурных характеристик пористого носителя и особенностей их взаимодействия на основные характеристики полученных гетерогенных катализаторов дегидрирования легких алканов. Полученные научные результаты послужат основой для разработки новых высокоселективных технологических процессов получения олефинов. Внедрение разработанных катализаторов приведёт к повышению эффективности крупнотоннажных промышленных нефтехимических процессов, а использование углекислого газа в качестве «мягкого» окислителя для дегидрирования позволит утилизировать значительные количества углекислого газа и повысить инвестиционную привлекательность таких процессов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

2022

№ 122020900247-7

Электроформованный композитный хемосорбент углекислого газа на основе оксида кальция

Углекислый газ является одним из основных парниковых газов, способствующих глобальному потеплению, ведущему к изменению климата. Основными антропогенными источниками CO₂ являются электростанции, особенно те, которые вырабатывают энергию за счет сжигания ископаемого топлива. Прогнозируется, что в следующие несколько десятилетий концентрация диоксида углерода в атмосфере будет продолжать расти, поскольку ископаемое топливо по-прежнему будет доминирующим источником энергии. Промышленную очистку газовых потоков от углекислого газа обычно осуществляют абсорбционным методом с использованием водных растворов аминов. В качестве альтернативных способов рассматривают адсорбцию при переменном давлении и кальциевый цикл (Calcium looping). Кальциевый цикл основан на способности оксида кальция обратимо поглощать CO₂ в температурном диапазоне 650–950 °С. Достоинствами данной технологии являются: - доступность и высокая сорбционная емкость оксида кальция; - отсутствует необходимость в предварительном охлаждении газовой смеси, как этого требуют два других способа; - температура карбонизации оксида кальция соответствует температуре выходящих дымовых газов ТЭЦ – главных антропогенных источников CO₂; - высокая скорость реакции карбонизации оксида кальция позволяет создавать компактные конструкции реактора; - меньшая энергоёмкость и меньшая нагрузка на окружающую среду по сравнению с очисткой аминами. Однако у оксида кальция есть один серьезный недостаток – он подвержен спеканию, в результате чего его сорбционная емкость уменьшается с увеличением числа циклов карбонизации-декарбонизации. В этой связи

становится актуальной разработка высокоэффективных хемосорбентов на основе CaO пролонгированного действия, которые могут найти промышленное применение, в частности для очистки выхлопных газов ТЭЦ. Одним из возможных путей решения данной задачи является создание композитных наноструктурированных хемосорбентов, в которых реализуется максимальный доступ CO₂ к оксиду кальция, а наночастицы функциональной добавки препятствуют его спеканию. В настоящее время такие композитные хемосорбенты получают осаждением, золь-гель методом, пламенным пиролизом, высокоэнергетическим помолом, темплатным способом и др. Однако данные методы являются лабораторными и малоприменимы для получения хемосорбентов в промышленных масштабах. Альтернативой им может служить технология электроформования (электроспиннинг), позволяющая получать различные функциональные нановолокна. Отличительными чертами электропрядения от других способов получения нановолокон (волочение, темплатный синтез, фазовое разделение, молекулярная сборка и др.) являются простота реализации, относительная дешевизна, универсальность и вариативность процесса, широкий спектр возможного входного сырья и разнообразие получаемой продукции, воспроизводимость, контроль размеров и морфологии получаемых нановолокон. Ожидается, что полученный впервые электроформованный композитный хемосорбент углекислого газа на основе оксида кальция будет обладать регулярной макропористой структурой, размером зерен CaO менее 50 нм и сорбционной емкостью не менее 12 ммоль/г. При этом средний диаметр филаментов не будет превышать 200 нм.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Р. ДЕРЖАВИНА»

№ 122021900015-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ CO₂ В СИНТЕТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И ВЫСШИЕ СПИРТЫ

Проект направлен на разработку технологии каталитической конверсии CO₂ в синтетические углеводороды и высшие спирты. В проекте будет разработан комплекс подходов и методов по разработке каталитической конверсии CO₂ в синтетические углеводороды и высшие спирты, что

позволит определить новые фундаментальные и прикладные закономерности, позволяющие создать экономически привлекательную технологию получения ценных химических продуктов из углекислого газа с использованием отечественных катализаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122040400128-2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

В последнее десятилетие экологические вызовы стали оказывать все большее влияние на мировую энергетическую политику. Политика декарбонизации, как способ противодействия глобальным изменениям климата является важнейшим драйвером глобального энергоперехода. В качестве локомотива выступают возобновляемые источники энергии и водородные технологии. В настоящее время одним из основных способов получения водорода является паровая конверсия метана, в результате которой при получении водорода выделяется эквивалентное количество выбросов CO₂, промышленная переработка которого ограничена и включает в себя многостадийные химические процессы. Промышленное использование CO₂ по отношению к выбросам ничтожно: это производство карбамида (~ 70 млн т CO₂ в год), неорганических карбонатов и пигментов (~ 30 Мт CO₂ в год), метанола (~ 6 Мт CO₂ в год), салициловой кислоты (~ 20 кт CO₂ в год) и пропиленкарбоната (несколько кило тонн CO₂ в год) и включает многостадийные химические процессы. Фотосинтезирующие микроорганизмы (бактерии, водоросли) и растения преобразовывают огромное количество, около 100 Гт, углерода в биомассу ежегодно. И этот эффективный и самовоспроизводящийся ресурс в настоящее время не используется для утилизации углекислого газа в промышленных масштабах. В данном проекте предлагаем способ культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов для утилизации углекислого газа. Преимуществом данного проекта также является его экологичность, так как утилизация CO₂ идет за счет процессов жизнедеятельности фотосинтезирующих микроорганизмов, без дополнительных экологически вредных химических реагентов. Фотосинтезирующие микроорганизмы

можно рассматривать как самовоспроизводящиеся машины, которые преобразуют солнечный свет и CO₂ в продукты с добавочной стоимостью (биоудобрения, корма для сельскохозяйственных животных и аквакультур, фармацевтические препараты, пигменты, биологически активные вещества и т.д.). Фотоавтотрофные организмы, способны превращать десятки и сотни гига тонн углерода в биомассу в год, однако в настоящий момент в России не существует масштабного биотехнологического процесса утилизации углекислого газа с использованием биомассы и не проводятся практические исследования по созданию технологии утилизации CO₂ с использованием биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов. За рубежом это лишь точечные исследования, дошедшие до этапа создания пилотных установок и отличающихся видом исследованных микроорганизмов и конструкциями фотобиореакторов. При утилизации углекислого газа с помощью микроорганизмов в качестве продукта происходит значительный рост биомассы, которая, как показывает опыт, может напрямую использоваться в виде кормов для сельскохозяйственных животных и удобрения, а также позволяет получать большой ассортимент и других продуктов, обладающих добавочной стоимостью (жиры, диетические белки, пищевые добавки, специфические химические продукты, витамины и т.д.). Таким образом, использование фотосинтезирующих микроорганизмов представляет собой перспективный и экологически чистый способ утилизации CO₂, который в качестве продукта позволяет, например, получать дешевые и столь необходимые для сельского хозяйства удобрения и другие продукты с добавочной стоимостью.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 122080300094-7

РАЗРАБОТКА И МНОГОУРОВНЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО МИКРОВОЛОКНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА С ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА ЕГО ОСНОВЕ

Проект направлен на разработку и многоуровневую (от нано- до макроуровня) оптимизацию структурированного микроволокнистого катализатора с повышенной теплопроводностью и теоретических основ процесса конверсии газового конденсата (далее - ГК) на его основе. ГК (смесь жидких углеводородов фракции C₅+) является традиционным побочным продуктом для газо- и нефтедобывающих компаний в процессе добычи углеводородов, который представляет ценность для производства бензинов, реактивных и дизельных топлив, а также может быть использован для комплексной нефтехимической переработки с получением высокооктановых компонентов, растворителей, ароматических углеводородов, спиртов, различных ингибиторов, а также синтетических волокон и пластмасс. Однако транспорт ГК от удаленных месторождений с относительно небольшими объемами добычи к местам переработки нерентабелен из-за высоких капитальных затрат на создание инфраструктуры для подготовки и

транспортировки ГК. Это приводит к недостаточному уровню переработки, экологическим проблемам (загрязнение окружающей среды углеводородами, выбросы парниковых газов – CO₂, метан) и снижению объема производства ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью [1]. Такие месторождения по экономическим соображениям не могут быть связаны между собой транспортными трубопроводами, поэтому работой с ГК до недавнего времени занимались по остаточному принципу, и в качестве серьезного ресурса нефтегазовыми компаниями не рассматривался, а встречающийся в залежах с высоким газовым фактором ГК просто сжигается вместе с попутным нефтяным газом (далее - ПНГ), или в отсутствие систем раздельного сбора и транспорта продуктов скважин на установках подготовки смешивался с товарной нефтью. Перспективным вариантом решения этой проблемы является гидрогенолиз компонентов ГК до легких парафинов, в первую очередь метана, который может далее транспортироваться вместе с основным потоком

добываемого природного газа (далее - ПГ). Водород для гидрогенолиза при этом может получаться за счет паровой или окислительной конверсии самого ГК. Традиционно в этой сфере используют технологии на основе гранулированных или блочных керамических каталитических систем. Однако такие каталитические системы характеризуются существенным диффузионным торможением каталитических реакций, и низкой теплопроводностью. Последний фактор обуславливает высокую сложность управления тепловыми режимами протекания целевых реакций в силу их высоких тепловых эффектов, приводящей к необходимости использования дорогих и сложных в управлении реакторов и теплообменной обвязки. В итоге, такие технологии имеют низкую или отрицательную рентабельность. Существенный прогресс в этой области может быть достигнут за счет применения катализаторов на основе стекловолоконистых носителей [2-4]. Главным достоинством таких каталитических систем является возможность формирования структурированных картриджей, обладающих уникально высоким соотношением интенсивности массообмена к удельному гидравлическому сопротивлению [5, 6]. Такие катализаторы оригинальны, не имеют зарубежных аналогов и обладают высоким потенциалом как в области импортозамещения в стратегически важных сферах, так и в сфере развития высокотехнологичного экспорта. На сегодня, высоко актуальной научной и практической задачей является преодоление технологического барьера, связанного с разработкой новых каталитических технологий с низкими капитальными затратами для эффективной и глубокой переработки ГК на основе структурированных микроволоконистых катализаторов, в том числе стекловолоконистых катализаторов (далее - СВК) с повышенной теплопроводностью. Высокая теплопроводность каталитических картриджей на основе микроволоконистого катализатора, достигаемая за счет целенаправленного использования металлических структурирующих элементов, позволит существенно упростить процедуру управления тепловыми режимами процессов паровой/окислительной конверсии ГК и его гидрогенолиза, а также существенно упростить и удешевить каталитические реактора и их теплообменную обвязку, и таким образом снизить их капитальную стоимость до экономически приемлемого уровня. Основным методом синтеза разрабатываемых структурированных микроволоконистых катализаторов является метод вакуумного нанесения и высокодисперсного напыления раствора прекурсора активного компонента катализатора. В качестве активных компонентов катализаторов будут рассматриваться различные композиции на основе переходных металлов, в первую очередь – никеля (для стадии паровой конверсии и метанирования ГК), а также на основе благородных металлов, в частности, платины (для

стадии паровой/кислородной конверсии). Метод позволит нанести частицы активного компонента на поверхность стекловолоконистого материала без вторичного носителя в вакуумной камере, исключая появление примесей, и получить тонкие плёнки толщиной ~30 нм с высокой адгезией и однородностью по составу. Метод дает возможность относительно просто варьировать состав плёнки активного компонента на поверхности носителя и достаточно точно контролировать толщину, что исключает перерасход материала. При этом также реализуется возможность синтеза активного компонента в виде мелкодисперсных поверхностных частиц, отличающихся высокой удельной каталитической активностью [7-11]. Важным достоинством этого метода также является его безотходность и возможность использования в качестве носителя недорогих и доступных силикатных стеклотканей [12]. В рамках данного проекта предполагается решить три основных задачи: 1. Разработать и оптимизировать принципиально новые конструкции каталитических картриджей, химических реакторов на их основе, в том числе с использованием методов гидродинамического и теплофизического моделирования тепловых и реакционных процессов с помощью программного комплекса мультифизического моделирования ANSYS FLUENT; 2. Провести верификацию результатов гидродинамического и теплофизического моделирования структурированного стекловолоконистого катализатора, конструкции каталитических картриджей и реакторов на их основе, оптимизированных на нано- и микроуровне; 3. Разработать теоретические основы нового процесса конверсии ГК в транспортируемые компоненты ПГ, конструкции каталитических картриджей и реакторов на их основе, оптимизированных на микро- и мезоуровне. В итоге выполнения работ будет получен комплекс научной и технической информации – от фундаментальных знаний в сфере катализа, поверхностной химии и теоретических основ химической технологии до практических рекомендаций по производству катализатора и разработке промышленных технологий конверсии ГК в транспортируемые компоненты ПГ. В работе будут широко задействованы методы и подходы из разных областей науки – катализа, физической химии, механики сплошных и дисперсных сред, гидродинамики, тепло- и массообмена, теплофизики, математического моделирования, инженерных наук, что обеспечивает очевидно мультидисциплинарный характер исследования. Концептуальная новизна подхода базируется на идее многоуровневого структурирования каталитических систем, в которой оптимизация на каждом масштабном уровне (от нанометров до метров) с учетом межмасштабного взаимодействия между этими уровнями, обеспечивает достижение максимально возможного эффекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080800017-1

ГИДРИРОВАНИЕ CO₂ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ НА НОВЫХ ИНДИЙ-СОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМАХ

В настоящее время одной из серьезных проблем является большое количество выбросов CO₂ в атмосферу. Основными источниками данных выбросов являются электростанции, работающие на угле, автомобили, промышленные фабрики и заводы, животноводческие фермы, количество которых растет год от года, и другие. Интерес научного сообщества к этой проблеме выражается в возросшем количестве работ, посвященных утилизации CO₂. Известно, что в настоящее время CO₂ является весьма дорогим отходом на различных производствах (особенно в странах, где применяются налоги на выбросы углекислого газа), поэтому количество работ, посвященных каталитической конверсии CO₂ растет с каждым годом. Конечными продуктами конверсии CO₂ может быть широкий круг соединений, такие как низшие олефины, метанол, диметиловый эфир и прочие. Несмотря на активный рост исследований по этой тематике их все еще недостаточно,

чтобы решить проблему утилизации всего объема выбрасываемого в атмосферу углекислого газа. В свете этих причин и необходимы поиски новых процессов и разработка более эффективных катализаторов каталитической конверсии CO₂. Также развитие методов каталитической конверсии CO₂ в ценные химические соединения вызывает существенный интерес не только из-за экологических причин, но и благодаря вовлечению в производство нетрадиционных источников углеводородов с высоким содержанием CO₂, таких как биогаз, шельфовый газ или природный газ с высоким содержанием CO₂ (например, с Астраханского месторождения). Огромный рыночный спрос на низшие олефины (НО) дает прекрасную возможность исследователям для поиска катализаторов селективного гидрирования CO₂ в эти продукты. Современная химическая промышленность в значительной степени зависит от нефти (паровой крекинг нефти) для производства

легких олефинов. Истощение нефтяных запасов или отход от переработки нефти повлечет за собой разрыв между спросом и предложением низших олефинов, что потребует новых стратегий синтеза низших олефинов из альтернативных источников углерода. В этом плане одностадийный процесс превращения CO₂ в НО является перспективным процессом, позволяющий решить вышесказанные проблемы. Таким образом, разработка новых методов каталитической конверсии диоксида углерода в низшие олефины, такие как этилен, пропилен или бутилен, является актуальной задачей для современного мира. Целью данного проекта является разработка катализаторов для каталитической конверсии CO₂ в низшие олефины на бифункциональных катализаторах, содержащих оксид индия и цеолитные системы. Научная новизна данного проекта заключается в разработке методик нанесения активного металлического компонента на цеолитные носители. В настоящее время основная масса работ в литературе посвящена механически

смешанным системам катализаторов высокотемпературного синтеза метанола и катализаторов для процесса «метанол-в-олефины». В данном проекте будут применяться методики приготовления катализаторов, разработанные в Институте катализа СО РАН, для приготовления бифункциональных систем. При успешном выполнении данного проекта данные катализаторы могут быть использованы для увеличения рентабельности промышленных производств и снижения выбросов CO₂ в атмосферу. Выполнение задач проекта позволит определить наиболее активный образец из различных металлических катализаторов, нанесенных на цеолитные носители для проведения реакции селективного гидрирования CO₂ в низшие олефины. В конечном итоге будет предложен катализатор процесса гидрирования CO₂ в низшие олефины, и будут разработаны предложения по оптимальным режимам проведения данного процесса для различных потенциальных применений процесса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122080900033-0

РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ CO₂

В последние десятилетия проблема выбросов парниковых газов, прежде всего CO₂, приобретает все большую актуальность в связи с очевидным потеплением климата и вызываемыми этим процессом негативными явлениями в общепланетном масштабе. Снижение «углеродного следа» позволит нашей экономике, в частности, предприятиям энергетического, металлургического и нефтегазового сектора, достаточно уверенно чувствовать себя в современных международных экологических реалиях. Очень перспективными являются каталитические методы переработки CO₂ в ценные химические продукты. В рамках настоящего проекта планируется проведение исследований по разработке катализаторов для следующих процессов: 1) Гидрирование CO₂ с получением синтез-газа или жидких углеводородов. 2) Углекислотная конверсия метана (сухой риформинг) с получением синтез-газа. 3) Циклоприсоединение CO₂ и эпоксидов/спиртов/аминов с получением циклических/линейных карбонатов. В настоящее время практически все крупные компании энергетического и нефтегазового сектора проявляют активный интерес к технологиям утилизации CO₂. В частности, с компанией СИБУР согласован план НИОКТР по этой теме с участием аспирантов ТПУ - работников СИБУР. Весьма перспективными представляются технологии переработки биомассы в биотопливо и другие ценные химические вещества с нулевым углеродным балансом. При этом выбросы CO₂ от сжигания биотоплива и биоорганического синтеза равны (и даже ниже) поглощению CO₂ растениями для процесса фотосинтеза. Т.е. нулевой углеродный баланс поддерживается при любом объеме производства. Среди существующих технологий наиболее перспективными представляются каталитические методы переработки биомассы и отходов ее производства в ценные химические вещества. Вышеизложенное обуславливает актуальность настоящего проекта, который представляет собой комплексное междисциплинарное исследование, посвященное как фундаментальным аспектам дизайна и генезиса активной поверхности каталитических систем, так и их практическому применению в таких экологических и экономически важных процессах «безуглеродной экономики», как углекислотная конверсия метана, циклоприсоединение

CO₂ и эпоксидов/спиртов/аминов, селективное жидкофазное окисление/гидрирование кислородсодержащих органических соединений различных классов (например, жирные спирты и др.). Кроме того, будет разработаны матрицы применимости решений по закачке CO₂ в базальты и применения новых технологий при закачке углекислого газа в нефтеносные пласты. Утилизация и захоронение углекислого газа в различные типы пластов применяется в зарубежных проектах как климатическое мероприятие с закачкой, в частности, в базальты, с последующим химическим связыванием, так и в качестве метода увеличения нефтеотдачи. Данные процессы представляют большой интерес и необходимость с точки зрения защиты как окружающей среды, так и финансовых интересов государства и промышленных предприятий. Работы будут проводиться в тесном взаимодействии с научными группами ИШПР и ИШЭ ТПУ. Промышленными партнерами проекта являются ПАО Газпром нефть и ПАО СИБУР-Холдинг. Разработка новых эффективных процессов и катализаторов конверсии CO₂ и биоспиртов в ценные химические вещества с высокой добавленной стоимостью - синтез-газ, циклические (линейные) карбонаты, метанол и др. 1) Разработать эффективные и экологически безопасные (температура, давление, нетоксичные растворители и т.д.) гетерогенно-каталитические процессы конверсии CO₂ и биоспиртов с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью - синтез-газ, циклические (линейные) карбонаты, метанол и др.; 2) Разработать высокоэффективные каталитические системы для процессов: углекислотной конверсии метана (сухого риформинга метана), карбоксилирования эпоксидов и спиртов, жидкофазного окисления/гидрирования продуктов переработки биомасс (биоспирты, альдегиды и т.д.); 3) Подготовить комплект технической документации для создания промышленной каталитической установки процесса конверсии CO₂ в ценные химические продукты. 4) Создать образовательный модуль «Каталитические методы углеродно-нейтральных технологий» 5) Оценка возможности закачки углекислого газа в базальты с целью утилизации и захоронения, 6) Оценка возможности применения новых технологий при закачке углекислого газа в нефтеносные пласты для увеличения нефтеотдачи

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081500077-5

УСТОЙЧИВАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ФОТОТРОФНО-ГЕТЕРОТРОФНЫМИ МИКРОБНЫМИ КОНСОРЦИУМАМИ В СОЧЕТАНИИ С ПРОИЗВОДСТВОМ БИОЭЛЕКТРИЧЕСТВА И БИОТОПЛИВА

Экологически чистое производство энергии вызывает сегодня большой интерес, поскольку способствует социальному развитию и повышению уровня жизни людей. Темпы роста мирового потребления ископаемых топлив указывают на то, что к концу текущего столетия потребность в энергии должна возрасти в 3-5 раз. Кроме того, ископаемое топливо не обеспечивает устойчивого развития, так как оно приводит к увеличению уровня CO₂ и накоплению парниковых газов в окружающей среде. Рост антропогенных выбросов парниковых газов только за последние 40 лет превысил 100 %. При этом более 75 % выбросов парниковых газов исходит от энергетического сектора, от сжигания ископаемого топлива. Средняя концентрация углекислого газа в атмосфере Земли сегодня (410 ppm) на 40 % выше, чем в середине XIX века, при этом с каждым годом она увеличивается в среднем на 2 ppm. В ряде стран мира сегодня вводятся углеродные налоги, в связи с чем многие участники рынка ископаемых топлив вынуждены обращаться к «зеленым» решениям. Проблема утилизации парниковых газов является общемировой, в том числе для России и Индии, где большую долю в топливно-энергетическом балансе занимают традиционные углеводородные топлива. Одним из перспективных решений вышеуказанной проблемы является использование фотосинтезирующих микроорганизмов (микроводорослей и цианобактерий) для утилизации дымовых газов, образующихся при сжигании ископаемых топлив. Использование фотосинтезирующих микроорганизмов для улавливания солнечной энергии, свободно доступного источника энергии, и разработка технологии для удовлетворения глобальных потребностей в энергии может изменить правила игры. Микроводоросли, являясь потенциальным экологически чистым источником биоэлектричества (микроводоросли и микробные топливные элементы - MMFC), и биотопливо могут ликвидировать разрыв между текущим спросом и предложением чистой энергии. Одно из главных преимуществ использования микроводорослей в качестве кандидата на биоэлектричество заключается в том, что во время выращивания в присутствии света им не требуется кислород. Вместо этого поглощается углекислый газ и выделяется кислород. Следовательно, топливный элемент из микроводорослей может быть легко связан с секвестрацией дымовых газов. Однако использование монокультур (микроводорослей и цианобактерий) в процессах утилизации дымовых газов теплоэлектростанций и других промышленных объектов связано с рядом трудностей. Прямая подача дымовых газов в фотобиореактор приводит к подкислению питательной среды и созданию неблагоприятных для роста водорослей условий. Помимо CO₂, дымовой газ, образующийся в процессе сжигания на промышленных предприятиях, обычно содержит ингибирующие токсичные загрязнители SO_x и NO_x, которые также могут негативно сказываться

на росте микроводорослей. Поиск устойчивых штаммов и условий культивирования водорослей в условиях утилизации дымовых газов, образуемых при сжигании органического топлива, является сегодня актуальной научной задачей. С целью обеспечения стабильного роста водорослей в условиях, приближенных к реальным на промышленных объектах, в данном проекте предлагается создание и исследование искусственных симбиотических микробных консорциумов фототрофов и гетеротрофов. Данный тип ассоциации часто встречается в природе (в биопленках, микробных матах, лишайниках и др.) и может успешно выживать при высыхании, нехватке питательных веществ, а также при повышенной солености или экстремальных температурах [5]. Данная способность выживать в экстремальных условиях отчасти объясняется разделением труда и последующим взаимодействием между членами сообщества. Создание искусственных сообществ гетеротрофов и фототрофов для различных биотехнологических приложений является сегодня актуальной научной задачей. Научная новизна проекта связана с созданием нового симбиотического микробного консорциума фототрофов (водорослей) и гетеротрофов (бактерий или дрожжей) для эффективного поглощения CO₂ и других дымовых газов (NO_x, SO_x) и его интеграции с микроводорослевыми микробными топливными элементами для производства биоэлектричества и биомассы водорослей. В ходе работы коллекция микроводорослей и гетеротрофных микроорганизмов будет пополнена новыми штаммами, выделенными из озер и прудов Индии. Впервые будет исследована кинетика и эффективность утилизации дымовых газов как с помощью альгологически чистых культур (монокультур), так и с использованием консорциумов микроводорослей с гетеротрофами. Новые результаты мирового уровня будут получены при использовании сточных вод в качестве питательной среды в процессе утилизации водорослями дымовых газов. Впервые биоэлектричество (в микробных топливных элементах из микроводорослей), бионефть и биоуголь (путем гидротермального сжижения и гидротермальной карбонизации, соответственно) будут получены из биомассы, выращенной с использованием дымовых газов. Наконец в проекте будет рассмотрен новый подход к захоронению углерода, полученного в результате утилизации CO₂, который основан на конверсии выращенной биомассы в инертный биоуголь методом гидротермальной карбонизации и дальнейшем захоронении полученного биоугля (в шахтах, полигонах, почвах, грунтах). Данный проект будет являться продолжением успешного и плодотворного сотрудничества (имеется 17 совместных публикаций в высокорейтинговых изданиях, индексируемых в базах Web of Science Core Collection или Scopus) между коллективами из России и Индии, начатого в рамках гранта РФФИ Инд_а 18-58-45009.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081900064-1

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ D-МЕТАЛЛОВ И ФЕРРОЦЕНОВЫХ ЛИГАНДОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы создания высокоэффективных гетерогенных электрокатализаторов восстановления углекислого газа на основе металлоценовых систем (мультиферроценовых комплексов и координационных полимеров). Расширение методов исследования электроактивных металлоценовых систем и возможностей их применения в качестве электрокатализаторов восстановления углекислого газа является важной фундаментальной и практической

задачей. Развитие альтернативных источников энергии с сопутствующим генерированием электроэнергии указывает на электрохимическую переработку как на один из вариантов преобразования CO₂ в полезные продукты, такие как топливо и синтетические органические химические вещества. В частности, потенциальное использование углекислого газа, т.е. получение из него топлива в так называемых регенеративных топливных элементах открывает интересные перспективы для будущих энергетических систем, основанных на неископаемых

источниках энергии. Согласно термодинамике реакции, CO₂ можно преобразовать в различные соединения (H₂C₂O₄, HCOOH, CO, HCHO, CH₃OH, CH₄) путем электровосстановления при равновесном напряжении полной ячейки (реактора) ниже примерно 2 В при 298 К и атмосферном давлении (примерно 100 кПа (абс); абс = абсолютный). Однако, как обнаружили многие исследователи, кинетика этих катодных реакций, как правило, не способствует селективности и накоплению продукта в реальных условиях процесса. Это требует поиска более эффективных и селективных систем. При разработке катализаторов - металлические центры, используемые для активации CO₂, кислоты Льюиса, склонны восстанавливать протоны, которые являются субстратом для CO₂RR, что приводит к конкурирующей реакции выделения водорода (HER). Точно так же низковалентный металл склонен к окислению атмосферным O₂ (т. е. он может катализировать реакцию восстановления кислорода, ORR), что требует строго анаэробных условий для CO₂RR. Требование условий реакции без O₂ не только нецелесообразно, но также приводит к высвобождению частично восстановленных частиц O₂, таких как O₂, H₂O₂ и др., которые являются реакционноспособными и приводят к окислительной деградации катализатора. Именно поэтому, в рамках проекта предполагается синтез новых сложнокомпонентных систем на основе ферроценовых лигандов, устойчивых к окислительной деградации и при являющиеся селективными катализаторами. Предварительные экспериментальные тесты систем на основе Mn(CO)₃ с P(S-Fc-R)₃ лигандами показывают, что основным продуктом реакции восстановления CO₂, является метан (19,1–22,0%). Также был обнаружен этан (2,2–3,1%). Этен, пропан и CO присутствуют в незначительных количествах (суммарно менее 1%). Выбор ферроценовых систем также обусловлен их широким использованием для медиаторных электрохимических процессов. Ферроценовые системы активно вовлечены в исследования превращения

CO₂, например, кластеры кобальта на основе аденина и ферроцена показывают успешные превращения углекислого газа в муравьиную кислоту. [10.1021/acs.inorgchem.1c03368]. В металлоценовых системах (мультиферроценовых комплексах и координационных полимерах) металлическими линкерами могут быть ионы переходных металлов, щелочноземельных металлов или лантаноидов. Такие структуры с высокой удельной поверхностью являются перспективными материалами для электродов нового поколения, необходимых при конструировании проточных электролизеров. Предлагаемые в проекте системы могут быть настроены в соответствии с их окончательными требованиями; например, выбирая конкретные металлофрагменты и контролируя размеры пор. Такие материалы потенциально могут сочетать в себе преимущества как гомогенных, так и гетерогенных катализаторов. Стандартно, при создании каркасных структур, в качестве активных центров используют строительные блоки, аналогичные существующим известным гомогенным молекулярным катализаторам восстановления диоксида углерода. Этот подход может потенциально привести к синергетическому эффекту, т.е. к созданию материалов с каталитической активностью больше, чем сумма таких свойств у отдельных молекулярных частей. В результате проделанной работы будет разработана фундаментальная основа, позволяющая рационально подходить к выбору материалов электродов, а также других электрохимических параметров для осуществления селективных реакций электровосстановления диоксида углерода с минимальными энергозатратами. Предварительные тесты показывают, что основными продуктами реакции при восстановлении углекислого газа с использованием комплексов марганца с P(S-Fc-R)₃ лигандами, являются алканы (Метан и Этан). Таким образом, проект имеет фундаментальные и прикладные аспекты исследования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122090900080-3

РАЗРАБОТКА НЕПРЕРЫВНОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ КАРБОНАТОВ ИЗ ЭПОКСИДОВ И CO₂

Целью НИОКР является разработка технологии получения циклических карбонатов, в частности, этилен- и пропиленкарбоната, с применением моделей промышленных сырьевых потоков этиленоксида, пропиленоксида и углекислого газа, разработка оптимального по цене и эффективности катализатора, позволяющего получать продукты с высоким выходом и чистотой не менее 97%,

разработка принципиальной технологической схемы установки непрерывного действия для получения названных циклических карбонатов в пилотном масштабе для апробации метода на площадке заказчика, рекомендаций для подготовки исходных данных для проектирования опытной установки и выполнение технико-экономической оценки.

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

№ 122092900006-7

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ CO₂ В УГЛЕВОДОРОДЫ И ОКСИГЕНАТЫ

Разработка эффективных катализаторов утилизации CO₂ путем его химической переработки в углеводороды и оксигенаты с целью создания технологии связывания диоксида углерода в ценные химические продукты и топливо. Для перехода к низкоуглеродной экономике и повышения рентабельности переработки CO₂ необходима разработка новых высокоэффективных бифункциональных катализаторных систем для превращения диоксида углерода в ценные продукты в одну стадию. Традиционно такой процесс реализуется через стадию первоначального поручения CO из диоксида углерода по обратной реакции водяного газа

и дальнейшее превращения полученного соединения в углеводороды или оксигенаты. Альтернативой являются бифункциональные системы на основе различных активных металлов, которые позволят реализовать оба процесса в одном реакторе. В работе предлагается разработка метода создания наиболее эффективных бифункциональных систем, позволяющих осуществлять конверсию CO₂ в целевые продукты в одну стадию, а также скрининг их каталитической активности и подбор наиболее эффективных методов контроля физико-химических свойств разрабатываемых контактов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111500019-9

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ПРОДУКТА (МЕТАНОЛА) ИЗ CO₂

Основной целью исследования является разработка новых наукоемких технологий, основанных на использовании синтеза разнообразных наноматериалов, гибридных материалов (адсорбентов и катализаторов), СВЧ-активации широкого круга процессов с участием CO₂, а также осуществлении каталитических процессов конверсии CO₂ в сверхкритических условиях. Нетрадиционные методы

синтеза и активации катализаторов будут применены для повышения эффективности широкого круга процессов, включая гидрирование CO₂, гидрирование-дегидрирование полициклических соединений, окислительное дегидрирование алканов под действием CO₂, конверсия CO₂ с спиртов, олефинов, производных карбоновых кислот.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 122071400026-5

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО- АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Известно, что одним из значимых факторов изменения климата на Земле в последнее время является растущее содержание в атмосфере планеты парниковых газов. Предположительно, в основном это вызвано ростом производственных мощностей и ростом населения на планете. За последние 40 лет выбросы углерода в результате сжигания углеводородного ископаемого топлива увеличились более чем на 95%. Углекислый газ является основным антропогенным газом, выбрасываемым в атмосферу (более 72% от всех выбросов). В 2016 г. концентрация углекислого газа в атмосфере Земли преодолела значимую отметку в 400 ppm (parts per million — частицы CO₂ на миллион частиц воздуха). При этом по прогнозам к концу столетия концентрация CO₂ может увеличиться примерно в 2 раза. Возобновляемые источники энергии на данный момент не способны быть конкурентоспособной альтернативой традиционным углеводородным технологиям. Большинство стран, в том числе и Россия, заявила о достижении углеродной нейтральности до 2060 года, что означает достижение баланса между выбросом и поглощением углекислого газа. Невыполнение этих условий может вести за собой реальные экономические последствия для государственных предприятий, начиная с введения «углеродного» налога на экспортируемые товары, закаявая введением законодательных ограничений по «чистоте» ввозимого товара. Поэтому особо важно создание новых технологий улавливания и захоронения углерода (carbon capture and storage technology — CCS) для сдерживания роста температуры на планете в пределах 1,5–2 °C к 2050 г. Улавливание углекислого газа важно и в водородной энергетике, где требуется очистка «серого» водорода, получаемого в основном паровой конверсии

метана или природного газа в «голубой» водород, а также с разработкой энергоэффективных гидратных технологий транспортировки природного газа. В настоящий момент в мире нет промышленной технологии улавливания CO₂, при этом на относительно небольших объемах оно осуществляется технологиями, связанными с процессами химической абсорбции, физической абсорбции и адсорбции, криогенной сепарации, мембранных технологий. Эти технологии обладают как преимуществами, так и недостатками. Поэтому в настоящий момент в мире есть спрос на новые технологии улавливания углекислого газа. Захват углекислого газа из смесей в газовый гидрат выглядит перспективным, так как он является безопасным и требует минимальных трудозатрат для извлечения углекислого газа из захваченного состояния. Данный проект направлен на углубленное изучение процесса нуклеации газовых гидратов для разработки методики эффективного контроля этого процесса. Разработка данной методики направлена на решение проблем создания экономически обоснованных газогидратных технологий для использования их в промышленности из-за низкой скорости синтеза и низкого коэффициента поглощения газа гидратной фазой. Для достижения поставленных целей будет проведена комплексная теоретическая и экспериментальная работа по изучению природы нуклеации газовых гидратов, которая является предметом споров специалистов по настоящее время. В предлагаемом исследовании также планируется серия теоретических и экспериментальных работ по исследованию кинетики синтеза газовых гидратов на поверхности наночастиц и изучению того, как некоторые поверхности и пространственное ограничение могут влиять на формирование газовых гидратов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122041800103-2

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРЕБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫМИ МЕТОДАМИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДАТЧИКА МОНООКСИДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

В связи с повсеместной индустриализацией и ростом больших городов-мегаполисов возрастает необходимость мониторинга степени загрязнения окружающей среды. В первую очередь это относится к выбросам углекислого и угарного газов, т.к. в городских условиях основным источником таких загрязнений является автотранспорт. Особую актуальность это приобретает в крупных городах таких, как Москва, где высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечается вблизи крупных автомагистралей и промышленных зон. Так в Москве автотранспорт генерирует более 90 процентов всех вредных выбросов, как за счет сжигания топлива, так и путем создания взвешенных в атмосфере частиц. Для улучшения экологической обстановки, а также в рамках ресурсосберегающих технологий экономически выгодной стратегией становится улавливание

и повторное использование CO₂ и CO, когда они выборочно удаляются из смешанных газовых потоков и технологических выбросов. Значительный интерес применительно к решению задач газоочистки в последнее время вызывают такие нетрадиционные углеродные адсорбенты, как молекулярно-ситовые активные углеродные материалы, активированные углеродные волокна, а также графен и его соединения. Экспериментальное исследование сорбционных свойств новых углеродных материалов на основе графена и его соединений является в настоящее время весьма актуальной задачей. В Проекте предполагается исследование адсорбционных свойств модифицированных пленок графена и его соединений на основе использования современных акустоэлектронных технологий. Газочувствительные сенсорные гибридные пленочные покрытия для исследования

адсорбционных свойств будут сформированы с помощью технологии Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ) и сенсibilизированы с помощью допирования оксидными и металлическими наноматериалами. Также на основе разработанных

сенсорных покрытий и акустоэлектронных технологий будет создан макет акустоэлектронного датчика монооксида и диоксида углерода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ИМ. В.А.КОТЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122093000017-9

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ БАССЕЙНОВ, КАРТИРОВАНИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАХОРОНЕНИЯ CO₂ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ

Проектнаправленнаетеоретическоеобоснованиеиразвитие в России технологии геологического хранения углекислого газа в осадочных бассейнах с различными гидрогеологическими условиями. Для этой цели на основе мирового опыта планируется обосновать критерии для проектов CCUS (Carbon Capture, Use And Storage) в России и выполнить оценку гидрогеологических структур по перспективности их реализации. В рамках реализации проекта будет выполнен региональный и зональный прогноз перспективности осадочных бассейнов России для проектов геологического хранения углекислого газа. На основе численного физико-химического моделирования взаимодействия закачиваемого углекислого газа будет подготовлен перечень и выполнен

качественный анализ возможных эффектов от закачки CO₂ в коллектор и его реакций с породой терригенного коллектора, покрышки, пластовой водой (растворение, осаждение, выпаривание и пр.). Будет выполнена оценка геохимических последствий взаимодействия карбонизированных вод и CO₂ с терригенными коллекторами и покрышками, а также выявлены возможные эффекты от закачки CO₂ в терригенный коллектор в зависимости от термобарического режима недр и геохимических особенностей системы вода – порода. Необходимый фактический материал будет получен в геологических фондах РФ и ряде отраслевых подразделений Роснедр и Минприроды.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122092900007-4

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ H₂/CO₂

Разработка композиционных газоразделительных мембран с тонким селективным полимерным слоем для разделения смесей водорода и диоксида углерода при повышенных давлениях, получение экспериментальных образцов композиционных газоразделительных мембран. Для создания композиционных мембран в качестве тонкого разделительного слоя предлагается использовать полициклогексенкарбонат. Поликарбонаты являются перспективными конструкционными материалами, сочетающими в себе значительную механическую прочность,

гибкость, долговечность, широкий температурный диапазон использования, оптическую прозрачность, стабильность размеров при изменении температур и биологическую инертность. Совокупность этих свойств позволяет применять поликарбонаты в качестве мембранных материалов. Несмотря на широкое распространение ароматических поликарбонатов, большой интерес представляют их алифатические аналоги (например, полициклогексенкарбонат), которые могут быть получены с использованием диоксида углерода в качестве мономера (вариант утилизации CO₂).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111600007-5

РАЗРАБОТКА АДОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПАРНИКОВЫХ И КИСЛЫХ ГАЗОВ

Данное исследование направлено на решение актуальной и острой проблемы повышения концентрации CO₂. Это разработка систем для поглощения и хранения CO₂, разработка наноразмерных катализаторов для утилизации и конверсии CO₂ в ценные продукты, адсорбентов-катализаторов для очистки дымовых выбросов промышленных предприятий от кислых газов (диоксида серы и азота), а также разработка систем мониторинга состояния атмосферного воздуха с применением современных методов анализа. Диоксид углерода (CO₂) – основной парниковый газ. К настоящему времени выбросы CO₂ не удалось не только сократить, но и удержать на уровне, приемлемом для выживания человечества в среднесрочной перспективе. Второй немаловажной проблемой, решаемой в рамках проекта, является очистка дымовых выбросов промышленных предприятий от кислых газов, наносящих вред окружающей среде и здоровью человека. Согласно отчету, Гринпис Россия занимает второе место по мировым выбросам диоксида серы. В настоящее время предприятия РФ используют устаревшие малоэффективные системы очистки с применением жидких скрубберов. Современные каталитические системы очистки, применяемые на единичных предприятиях, являются импортными и имеют высокую стоимость. В рамках настоящего исследования будут решаться следующие задачи

фундаментального и прикладного значения: - разработка эффективных регенеративных систем для поглощения CO₂ из воздуха и разработка методов каталитической конверсии CO₂ в ценные продукты; - разработка адсорбентов и катализаторов для тонкой очистки газовых смесей и дымовых выбросов промышленных предприятий от кислых газов; - разработка систем мониторинга загрязнений атмосферного воздуха. В ходе выполнения проекта будут: - получены образцы адсорбентов и катализаторов для очистки газовых смесей и дымовых выбросов промышленных предприятий от кислых и парниковых газов; - проведено исследование физико-химических характеристик разработанных адсорбентов и катализаторов; - смонтированы экспериментальные установки для тестирования адсорбентов и катализаторов в условиях, приближенных к реальному технологическому процессу очистки газовых смесей и дымовых выбросов промышленных предприятий от кислых и парниковых газов; - проведено исследование разработанных адсорбентов и катализаторов в сравнении с коммерческими аналогами; - разработаны каталитические системы по конверсии углекислого газа в ценные продукты и исследованы адсорбционные и каталитические характеристики разработанных материалов; - проведены натурные испытания систем мониторинга загрязнений атмосферного воздуха; - смонтированы

демонстрационные стенды, показывающие эффективность очистки газовых смесей и дымовых выбросов промышленных предприятий от кислых и парниковых газов разработанных адсорбционно-каталитических систем; - подготовлена

техническая документация на разработанные адсорбенты и катализаторы, а также системы мониторинга загрязнений атмосферного воздуха.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123012300040-4

ИЗВЛЕЧЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Несмотря на растущее число мер по смягчению последствий глобального изменения климата, антропогенные выбросы диоксида углерода (CO₂) с каждым годом увеличиваются и на настоящий момент достигают почти 40 Гт в год, что подтверждается данными Emissions Database for Global Atmospheric Research – EDGAR. Рост антропогенных выбросов CO₂ приводит к увеличению среднего его содержания в атмосфере, которое на данный момент составляет порядка 420 ppm. Развитие низкоуглеродной экономики в Российской Федерации имеет важное значение, поскольку Россия входит в пятерку мировых лидеров по выбросам диоксида углерода, что подтверждается открытыми данными EDGAR. В 2019 году выбросы CO₂ в России составили ~ 5% мировых. Углеродоемкость экономики России составляет 445 кг CO₂/\$/к ВВП, что выше значений Европы (148 кг CO₂/\$/к ВВП) и США (245 кг CO₂/\$/к ВВП) и близко к показателям Китая (511 кг CO₂/\$/к ВВП) – лидера по выбросам CO₂. Поэтому вопрос снижения выбросов CO₂ для развития низкоуглеродной промышленности в России, стоит достаточно остро, что обуславливает актуальность развития технологий улавливания и переработки CO₂ в различные продукты.

Для решения поставленных задач в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН) в 2022 г. создана новая молодежная лаборатория «Извлечение и утилизация диоксида углерода» по направлению «Климатические исследования», ориентированная на достижение результатов для решения задач Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021 – 2030 годы и важнейшего инновационного проекта государственного значения, направленного на создание и развитие «Единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ».

Мембранные технологии (в частности, мембранное газоразделение) рассматриваются как один из наиболее перспективных подходов для улавливания CO₂ и в качестве альтернативы традиционной алкалоаминовой абсорбционной очистки газов от кислых примесей. В связи с этим исследовательские группы разных стран активно работают над разработкой новых материалов и высокоэффективных мембран, применением имеющихся на рынке коммерческих мембран и проведением экспериментальных испытаний специально разработанных высокоэффективных композитных мембран для улавливания CO₂ из различных потоков газов с особым акцентом на очистку сбросных газов предприятий сектора энергетики (дымовых газов).

Промышленные газоразделительные мембраны преимущественно выполнены на основе стеклообразных полимеров, для которых характерен удовлетворительный баланс между селективностью и проницаемостью, а также устойчивость к условиям эксплуатации. В то же время стеклообразные полимеры являются неравновесными материалами. Они подвержены физическому старению, во время которого их структура релаксирует до равновесного состояния, что приводит к изменению их транспортных, разделительных, механических и некоторых других

свойств. Релаксация неравновесного свободного объема сопровождается уменьшением во времени газопроницаемости мембран. Стеклообразные полимеры с высоким свободным объемом обладают высокой проницаемостью по CO₂, что делает их привлекательными материалами для разработки мембран для улавливания CO₂. Однако эффект «старения» для мембран на основе стеклообразных полимеров с большим свободным объемом, например, поли(1-триметилсилил-1-пропин) (ПТМСП), поли-4-метилпентин-1-а (ПМП), полибензодиоксана (PIM-1), тефлона AF, сополимеров Hyflon AD, полинонборнеленов и т.д., выражен особенно ярко.

Существует несколько подходов для предотвращения эффекта старения полимеров: добавление в полимерную матрицу непористых и пористых материалов, постмодификация готовых мембран путем сшивания полимера, сочетание сшивки и добавления наночастиц.

Варьирование структуры полимерной добавки с жестким каркасом позволяет контролировать эффект старения стеклообразных полимеров с высокой долей свободного объема. Однако следует подчеркнуть, что в подавляющем большинстве исследований по предотвращению старения мембран речь идет о плотных полимерных пленках толщиной 30 мкм и более. В то же время стеклообразные полимеры, обладающие высокой долей свободного объема, более перспективны для использования в композиционных мембранах в виде тонких слоев толщиной от сотен нанометров до 3-4 мкм. Это могут быть как селективные, так и промежуточные «отводящие» слои (т.н. «gutter layer») композиционных мембран.

Стоит отметить, что при разработке композиционных мембран для улавливания CO₂ из дымовых газов вопросам оптимизации подложек для мембран, удовлетворяющих условиям данной технологии, уделяется сравнительно мало внимания. Учитывая это, сотрудники ИНХС РАН разработали композиционную мембрану с тонким селективным слоем из ПТМСП – перспективную устойчивую к растворителям высокопроницаемую подложку для дальнейшего нанесения CO₂-селективных материалов. Кроме того, при разработке технологии мембранного газоразделения для выделения CO₂ из дымовых газов важно изучение стабилизирующего влияния различных наполнителей на транспортные свойства селективных слоев в композиционных мембранах.

Направления исследований лаборатории «Извлечение и утилизация диоксида углерода» ИНХС РАН заключаются в создании основ технологий улавливания и конверсии CO₂ в ценные продукты крупнотоннажной и малотоннажной химии в пяти условных группах: (1) мембранные и адсорбционные методы улавливания CO₂ из сбросных газов; (2) регенерация абсорбентов аминной очистки газов от CO₂; (3) конверсия CO₂ в углеводороды топливного назначения; (4) вовлечение CO₂ в синтез аминов, спиртов; (5) получение высокомаржинальной продукции (изоцианаты, функционализированные кислоты) с использованием CO₂.

Таким образом, исследования в направлении 1.1 (мембранное газоразделение для улавливания CO₂) посвящены попытке дальнейшего улучшения стабильности композиционных мембран в рамках разработанного подхода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123020600112-0

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОВОГО ГИДРАТА CO_2 НА ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ЖИДКОЙ ФАЗЫ CO_2 С ВОДОЙ И ВОДНО-СОЛЕВЫМИ РАССОЛАМИ В ПРИСУТСТВИИ ПАВ

Известно, что поступление в атмосферу значительных количеств парниковых газов, в первую очередь диоксида углерода, в настоящее время приводит к увеличению среднегодовой температуры Земной поверхности и угрожающим изменениям климата. Вопросы ограничения поступления парниковых газов в атмосферу обсуждаются на уровне руководителей наиболее развитых государств и являются движущей силой бурного развития нетрадиционных источников энергии (в первую очередь солнечной и ветроэнергетики). Захоронение производимой углекислоты является дополнительным методом борьбы с изменением климата. Создание эффективных способов улавливания углекислоты и надежных методов ее захоронения позволит еще длительное время использовать хорошо разведанные и освоенные ресурсы традиционного ископаемого топлива, включая каменный уголь. В данном проекте предлагаются провести фундаментальные исследования малоизученных на данный момент проблем, связанных с захоронением углекислоты в породах. Для этого, запланированные комплексные исследования можно разделить на два взаимосвязанных блока: исследование процессов нуклеации (образование гидрата на границах раздела фаз) и изучение

процессов массопереноса в них, поскольку создание гидратных технологий захоронения углекислого газа требует детальных знаний о механизмах и особенностях процессов гидратообразования объемной воде, особенно на границах раздела фаз жидкий CO_2 - вода, а так же морфологии получаемых в данных условиях гидратов (влияние солевых рассолов, наличие природных ПАВ). Научные результаты могут найти практическое применение при обосновании и разработке соответствующих технологий захоронения углекислого газа. Предполагается изучить особенности образования гидратов углекислоты и взаимодействия жидкой углекислоты с водой (солевыми рассолами) в присутствии новых типов экологически дружелюбных ПАВ, а также исследовать особенности процессов массопереноса в указанных условиях. Собранный в рамках проекта коллектив исследователей имеет опыт экспериментальной работы по всем предполагаемым направлениям исследований. Имеющаяся экспериментальная аппаратура может быть легко адаптирована к проведению подобных работ. Это позволяет утверждать, что задачи, которые ставятся в рамках данного проекта, будут успешно решены.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123091100048-7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТА CO_2 В ПОРОДАХ КРИОЛИТОЗОНЫ ПРИ ЗАКАЧКЕ CO_2 СОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Данный проект направлен на изучение образования гидрата CO_2 в поровом пространстве промерзающих и мерзлых пород с целью захоронения CO_2 в криолитозоне на основе экспериментального моделирования. Проблема захоронения CO_2 в настоящее время является очень актуальной в связи с глобальным изменением климата и ролью в этом парниковых газов. Одним из перспективных мест для захоронения CO_2 является криолитозона, мерзлые толщ которой характеризуются низкими температурами и наличием зоны стабильности гидрата двуокиси углерода, что позволяет хранить CO_2 в породах криолитозоны в гидратной форме. Для понимания механизмов формирования гидратов CO_2 в промерзающих и мерзлых породах, а также оценки свойств грунтовых сред при образовании гидрата CO_2 , возникает необходимость проведения экспериментального

моделирования процессов гидратообразования в породах криолитозоны при закачке CO_2 содержащих газовых смесей. Экспериментальные исследования образования гидрата CO_2 в промерзающих и мерзлых породах планируется проводить на специальном оборудовании, позволяющем моделировать пластовые условия пород криолитозоны, а также определять теплофизические и акустические характеристики льдо- и гидратосодержащих пород в широком диапазоне температур и давлений. Исследования, которые предлагаются в рамках данного проекта, позволят получить новые данные о процессах, протекающих в поровом пространстве промерзающих и мерзлых пород при закачке CO_2 , и их влиянии на свойства и поведение пород криолитозоны при образовании гидрата CO_2 .

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123060600111-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБНОВЛЕНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА И ОТВОДА УГЛЕКИСЛОТЫ НА ЗАХОРОНЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ НА УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

Проект посвящен изучению передовых кислородно-топливных полукруглых энергетических циклов с использованием диоксида углерода в качестве рабочего тела. В работе рассматриваются особенности обновления рабочего тела цикла за счет непрерывной генерации его добавки в камере сгорания путем кислородного сжигания газообразного топлива и непрерывного отвода эквивалентного количества углекислоты за пределы цикла после совершения работы расширения, что делает CO_2 единственным побочным

продуктом производства электроэнергии. Особое внимание уделяется определению зависимостей количества выводимого на захоронение CO_2 от термодинамических параметров, конфигурации и эффективности энергетического цикла, а также величины собственных нужд с целью выявления наиболее оптимальной архитектуры цикла по критерию эффективности производства эл/эн с нулевыми выбросами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123091200026-4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАХОРОНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОРОУПРУГИХ СРЕДАХ

Одним из рациональных вариантов захоронения углекислого газа (CO₂) является сбор и захоронение газа в выработанные нефтяные и газовые месторождения. Углекислый газ, поданный в скважину под очень высоким давлением, смешивается с остатками нефти, увеличивая ее объем и снижая вязкость. Благодаря этому можно увеличить нефтедобычу. Перед закачкой скважины тестируются для обеспечения правильных геологических условий. Чтобы определить правильное место для закачки и удержания CO₂, который задерживается в микроскопических порах горных пород в результате того же процесса, который задерживал нефть, газ и природный CO₂ на протяжении миллионов лет, необходимо найти проницаемую горную породу, стабильную и достаточно глубокую, чтобы CO₂ находился в жидком состоянии. Данные процессы описываются математическими моделями фильтрации жидкостей (газов) в поропругих средах. К настоящему моменту не существует общепринятого подхода к моделированию движений многофазных систем. Известные модели являются достаточно сложными для применения в прикладных и инженерных задачах. Слабо развита математическая теория обоснования начально-краевых задач, недостаточно результатов о разрешимости и свойствах решений. В проекте планируется исследование новых задач, объединенных тематикой движения жидкостей и газов в пористых деформируемых средах: Разработка и исследование математических моделей захоронения углекислого газа в пористых средах с учетом деформации

среды, то есть среды с переменной пористостью. Особое внимание в предлагаемом проекте уделяется учету сжимаемости газовой фазы и деформированию пористого скелета. Выбор критериев разрушения и определение критических областей деформации в задаче о захоронении CO₂ в геологической среде на основе модели однофазной фильтрации жидкости (газа) в поропругой среде. Задача о закачке CO₂ на основе модели фильтрации двух несмешивающихся жидкостей в поропругой среде. Разработка и исследование математических моделей движения жидкости (газа) в слоистых пористых средах с учетом деформации слоев и фильтрации жидкости (газа) между слоями. Каждый слой обладает отдельными характеристиками и разными поровыми свойствами. Особое внимание в предлагаемом проекте уделяется учету сжимаемости газовой фазы и деформированию пористого скелета, а также анализу условий разрушения поропругой породы с учетом повышения давления. Для описания фильтрационных процессов газа будут использоваться математические модели поропругой среды. Также будет дано обоснование модели фильтрации жидкости в поропругой среде для задачи протекания жидкой (газообразной) фазы. Методы и алгоритмы, которые будут разработаны в ходе выполнения проекта, пригодны для широкого применения в естественных науках, а также для решения конкретных задач при добыче углеводородов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123110700054-0

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ОБЪЕМОВ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО УЛАВЛИВАНИЮ, ИЗВЛЕЧЕНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОБЪЕКТАХ ПАО «ГАЗПРОМ»

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: анализ потенциальных объемов CO₂ в сырье, поступающем на объекты переработки ПАО «Газпром» (Уренгойский ЗПКТ, Сургутский ЗСК, Сосногорский ГПЗ, Оренбургский ГПЗ и ГЗ, Астраханский ГПЗ, Комплекс переработки этансодержащего газа в районе п. Усть-Луга, Комплекс СПГ КС Портовая); анализ потенциальных объемов CO₂ в дымовых газах на действующих объектах переработки ПАО «Газпром»; определение потенциальных источников (мест) с технологической возможностью извлечения и/или улавливания CO₂ на объектах переработки ПАО «Газпром»; разработка технических решений по извлечению CO₂ из сырьевого газа на перерабатывающих объектах ПАО «Газпром»; разработка технических решений по улавливанию CO₂ на объектах переработки ПАО «Газпром», включая: обзор и анализ научно-технической информации по технологиям улавливания CO₂, разработка предложений по применению технологий улавливания CO₂ на объектах переработки ПАО «Газпром», определение физико-химических основ технологического процесса, описание технологического процесса, расчет материального и теплового балансов производства, расчет расходных коэффициентов энергоносителей, сырья и вспомогательных материалов; разработка технических решений по переработке извлеченного CO₂ в продукцию, включая: обзор и анализ научно-технической информации по технологиям переработки CO₂ в высококипящую продукцию, в том числе в продукты газохимии, разработка предложений по применению технологий переработки CO₂ на объектах переработки ПАО «Газпром»; определение физико-химических основ технологического процесса;

описание технологического процесса; расчет материального и теплового балансов производства; расчет расходных коэффициентов энергоносителей, сырья и вспомогательных материалов; разработка требований к качеству продуктивных потоков CO₂ для целей сжижения, переработки в продукцию и закачки в пласт; разработка матрицы вариантов извлечения/улавливания-переработки-сжижения-отгрузки CO₂ с учетом возможного кластерного использования выделенного на объектах переработки ПАО «Газпром» CO₂ для целей сжижения, переработки в продукцию и закачки в пласт; подготовка вариантов укрупненной оценки капитальных вложений и эксплуатационных затрат на извлечение/улавливание CO₂, сжижение CO₂, переработку CO₂, отгрузку жидкого CO₂; оценка стоимости технических решений по улавливанию углекислого газа на объектах переработки; оценка удельных затрат на извлечение/улавливание-переработку-сжижение-отгрузку CO₂. Результаты работы – отчет о НИР «Оценка динамики объемов и разработка технических решений по улавливанию, извлечению и переработке диоксида углерода на перерабатывающих объектах ПАО «Газпром», отчет о НИР «Технические решения на установки улавливания углекислого газа из дымовых газов на объектах переработки ПАО «Газпром». Результаты работы предназначены для использования Департаментами, отвечающими за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа и газового конденсата, нефти, в области переработки газа и жидких углеводородов, в области транспортировки, подземного хранения и использования газа, при планировании, организации и контроле реализации проектов по улавливанию, сжижению, переработке, транспортировке и хранению CO₂.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123031700021-0

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНЫХ УГЛЕКИСЛОТНЫХ ТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ, РАБОТАЮЩИХ НА СЫРОЙ НЕФТИ

В ближайшем будущем мировая и отечественная энергетика могут столкнуться с дефицитом энергоресурсов. По прогнозу Агентства по прогнозированию балансов в электроэнергетике (АПБЭ) суммарный недобор энергоресурсов составит порядка 173 ГВт. Среди возможных вариантов решения сложившейся ситуации рассматриваются введение в эксплуатацию новых тепловых электроцентралей или создание новых автономных источников энергии. Первый вариант представляется более стабильным, так как базируется на имеющейся материально-технической и научной базах. Однако централизованная энергосистема имеет ряд существенных недостатков, связанных с экологичностью, экономичностью и территориальной изолированностью производства энергии. Второй вариант позволяет нивелировать недостатки первого варианта, однако данное направление не имеет под собой достаточной научно-технической базы для полноценной замены централизованной энергетике. Для внедрения автономных энергетических машин необходимо решить ряд частных задач таких как: подбор оптимальной вариации тепловой схемы, подбор рабочего тела и топлива для повышения эффективности и экологичности производства электроэнергии, подбор и обоснование выбора основных элементов турбомашин. Достижение поставленных

задач позволит сформировать научно-техническую базу для дальнейшего развития автономных турбомашин. На сегодняшний день опыт создания автономных турбомашин сводится к заимствованию технологий, применяемых на аналогичных установках большей мощности. Данный подход не позволяет повысить эффективность и экологичность турбомашин, необходим принципиально новый метод. В данном проекте рассматривается вариант интегрирования в турбину технологий внешнего подвода теплоты и работу на углекислотном рабочем теле. Данная энергетическая установка способна повысить эффективность турбомашина на 10-15% (согласно данным по аналогичным зарубежным установкам). Актуальность исследований заключается в разработке принципов, математических моделей, методик и программы расчета для энергетических установок с внешним подводом теплоты с целью повышения экологичности, эффективности и экономичности. Разработанные на данный момент зарубежные аналоги используют одно из заявленных технологических решений: либо внешний подвод теплоты, либо использование углекислого газа в качестве рабочего тела. Исследования по комбинированию двух технологий будут проводиться впервые.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123100400137-4

БАЗОВАЯ ТЕОРИЯ И КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Целью проекта является: выработка практических рекомендаций по подбору режимов закачки углекислого газа в пласт, обеспечивающих сохранение целостности геологической ловушки и скважины на основе прямого численного моделирования геомеханического воздействия закачиваемого CO₂ на дизъюнктивные нарушения пласта и конструктивные элементы скважины: разработка

индустриального программного обеспечения для интерпретации данных мониторинга пласта и скважины с целью обнаружения и определения характеристик дизъюнктивных нарушений или заколонных перетоков флюида на основе интерпретации данных распределенных оптоволоконных сенсоров.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123021300196-0

ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ПРОПАНА В ПРИСУТСТВИИ CO₂ НА ХРОМОКСИДНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Основным направлением научной работы является разработка высокоэффективных катализаторов, содержащих наночастицы оксидов переходных металлов, для реакции дегидрирования пропана в пропилен, с использованием CO₂ в качестве мягкого окислителя. Окислительное дегидрирование пропана с участием CO₂ способствует решению двух задач

химической промышленности. Во-первых, в результате данной реакции происходит эффективное использование CO₂, который является одним из основных парниковых газов, и, во-вторых, данная реакция решает проблему получения ценного продукта для химической промышленности-пропилена.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

4.13 СРЕДСТВА СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ

2021

№ 121060700102-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО (КОМБИНИРОВАННОГО) МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Данное исследование проводится в области технологий силовой электроники и направлены на разработку гибридной схемы матричного конвертора для промышленных электроприводов. Предлагаемый преобразователь сочетает в себе преимущества классического матричного конвертора напряжения (МК), таких как сниженные массогабаритные показатели, возможность рекуперации энергии в сеть, расширенный диапазон рабочих температур

и пр., с преимуществами многоуровневых преобразователей напряжения. Использование комбинированного каскадного включения устраняет недостаток традиционного МК в пониженном выходном напряжении и обеспечивает возможность генерирования с низкими гармоническими искажениями выходного напряжения и входного тока. Система на базе комбинированного преобразователя имеет большую эффективность и используемую мощность электропривода

относительно традиционного МК. Исследование такого преобразователя позволит расширить области применения

матричных конверторов и повысить их эффективность в системах средних и больших мощностей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121052600080-5

ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ A_3B_5 ДЛЯ РАДИОФОТОНИКИ, СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОЭЛЕКТРОНИКИ

Цель работы — разработка конструкции и технологии получения гетероструктур (ГЭС) для создания на их основе элементной компонентной базы радиофотоники, СВЧ- и фотоэлектроники, а также исследование электрофизических и оптических свойств ГЭС и элементов на их основе. В рамках запланированной работы предполагается проведение исследований по нескольким направлениям: А) Гетероструктуры InGaAlAs/InAlAs для интегрально-оптического модулятора на фосфид индиевой платформе Б) Гетероструктуры InGa(Al)As/InAlAs с InAs квантовыми точками для одночастотного лазерного излучателя на фосфид индиевой платформе. В) Гетероструктуры InGaAlAs/InAlAs для лавинного фотодиода на фосфид индиевой платформе. Г) Гетероструктуры InAlSb/InSb и AlAsSb/InAsSb с потенциальными барьерами ($n\text{Bn}$ структур) и короткопериодные сверхрешетки 2го рода InAs/GaSb (CP). Д) Гетероструктуры AlN/GaN со сверхтонким барьером для стабильных нормально открытых и нормально закрытых КВЧ транзисторов и силовых транзисторов. Е) Гетероструктуры AlGaAs/InGaAs с донорно-акцепторным легированием для КВЧ транзисторов. Разработка перспективных и создание современных средств вооружения, связи, локации и РЭБ является одной из приоритетных задач любого государства в современном мире, которое хочет сохранить свой суверенитет. Достижение такой глобальной цели невозможно без постоянного улучшения характеристик электронной компонентной базы, которая во многом определяет тактико-технические характеристики и возможности современных устройств и аппаратуры. При этом различные функциональные элементы ЭКБ демонстрирует лучшие характеристики на основе различных материалов. Для силовой электроники — это широкозонные полупроводники с высоким пробивным напряжением типа GaN , для фотоприемных устройств — полупроводниковые соединения, обеспечивающие низкие темновые токи, для СВЧ электроники это низкоразмерные структуры с высокой подвижностью электронов, для элементов радиофотоники полупроводниковые соединения на фосфид индиевой подложке, рассчитанные на спектральных диапазон оптоволоконных линий связи. Общим критически важным параметром при создании ЭКБ является качество выращенных слоев ГЭС, поскольку оно напрямую влияет на их характеристики. Большое количество дефектов в эпитаксиальных слоях пороговые токи в лазерах, оптические потери сигнала в модуляторах, увеличивает темновые токи в фотоприемниках и понижает подвижность двумерных электронов. В мире сейчас происходит бурное развитие нового направления электроники — радиофотоники. Принципиальное отличие радиофотоники от традиционной сверхвысокочастотной (СВЧ) электроники заключается в том, что вместо электронной обработки сигналов в радиофотонных устройствах используются оптические технологии. Радиофотонные устройства оперируют квантами света и в перспективе имеют гигантские преимущества перед электронными устройствами, поскольку фотоны, в отличие от электронов, не имеют массы и заряда, обладают большей скоростью, не подвержены воздействию внешних электромагнитных полей и могут передаваться на большие расстояния. Радиофотонные устройства позволяют, например, формировать оптические импульсы длительностью менее 10-14 секунды, что на 2-3 порядка меньше длительности самых коротких импульсов, формируемых электронными устройствами. До недавнего времени системы радиофотоники основывались на дискретной компонентной базе. Однако

наиболее ярко преимущества радиофотоники проявляются при использовании радиофотонных интегральных схем, которые позволяют повысить энергоэффективность и производительность устройств, уменьшить их размеры и предоставляют возможность интеграции с электронными схемами. Элементная база радиофотоники может быть создана на основе различных технологических платформ, наиболее распространенными из которых являются платформы на основе фосфида индия (InP), на основе кремния (Si и Si/SiO_2), кремния-на-изоляторе, нитрида кремния (Si_3N_4) и на основе полимеров. Среди этих технологических платформ самой мощной и перспективной является платформа на основе InP . Она единственная из выше перечисленных платформ, позволяет создавать полностью монолитные радиофотонные интегральные схемы. Прямозонные соединения на основе InP обладают превосходными оптическими свойствами и позволяют генерировать, усиливать и регистрировать свет, быстро модулировать и управлять световым потоком. Кроме того, потенциально эти системы могут интегрироваться с электронными кремниевыми КМОП микросхемами и дают возможность создания многоуровневых МИРС. Любая радиофотонная схема предусматривает конвертацию СВЧ сигналов в модулированный световой сигнал и обратно на длине волны 1,55 мкм, которой соответствует минимальное затухание света в оптоволокне. Поэтому, радиофотонную схему невозможно создать без наличия в ее составе передатчика и приемника излучения, являющихся, таким образом, ее основными элементами. При этом, зачастую на практике передатчик является более сложным устройством, содержащим как источник лазерного излучения, так и электро-оптический модулятор. Предполагается провести ряд исследований направленных на разработку и оптимизацию конструкции всех трех основных элементов радиофотонной схемы — источника, приемника излучения, а также электро-оптического модулятора. Область тепловидения, широко используется в таких сферах, как мониторинг окружающей среды, медицина, биология, астрономия, военная сфера и многих других. Ввиду такого активного развития этого направления требуется улучшение эффективности инфракрасных матричных фотоприемных устройств (МФПУ) — основного элемента тепловизионных систем. Основным ограничением ФПУ является темновой ток, возникающий в основном в результате тепловой генерации носителей заряда в отсутствии освещения, поскольку для ИК области спектра используются полупроводники с малой шириной запрещенной зоны. На данный момент основным методом подавления темнового тока является охлаждение устройства до криогенных температур, а также пассивация поверхности полупроводника, что также является нетривиальной задачей в случае полупроводников с малой шириной запрещенной зоны. Для понижения темнового тока и, соответственно, достижения высокой чувствительности, фоточувствительные матрицы охлаждаются до криогенных температур, что увеличивает вес, стоимость и энергопотребление МФПУ. Соответственно улучшение чувствительности, уменьшение размеров, стоимости и энергопотребления ФПУ ИК диапазона является актуальной фундаментальной и прикладной задачей современной науки. Со времени первой демонстрации НЕМТ транзисторов их ключевые параметры были значительно улучшены, прежде всего, в результате совершенствования конструкции и технологии роста гетероструктур. Непрерывное совершенствование гетероструктур позволяло монотонно увеличивать выходную мощность транзисторов в

сантиметровом диапазоне длин волн (10-30 ГГц), но, несмотря на значительные усилия, удельная выходная мощность транзисторов - ρ_{out} долгое время не могла преодолеть порог около 1 Вт/мм. Кардинальное увеличение ρ_{out} произошло после создания авторами проекта гетероструктур с донорно-акцепторным легированием (donor-acceptor doped pHEMT, DA-pHEMT), которые позволили увеличить ρ_{out} до 1.8 Вт/мм. Такое увеличение мощности произошло вследствие усиления локализации двумерного электронного газа, и, главным

образом, благодаря улучшению локализации горячих электронов. Очевидно, что потенциал DA-легированных гетероструктур далеко не исчерпан. Наиболее актуальным является выявление потенциала такого способа повышения локализации ДЭГ в AlGaAs/InGaAs/GaAs с молярным содержанием индия более 0,2, AlInAs/InGaAs/InP и AlN/GaN/SiC гетероструктурах, наиболее перспективных для создания мощных транзисторов миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ИМ. А.В. РЖАНОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121112900185-5

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА, ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Основной целью проекта «Современные Методы Мониторинга, Защиты и Управления Будущих Энергетических Систем» является создание новой лаборатории программно-аппаратного моделирования на основе Цифрового Симулятора RTDS (Real Time Digital Simulator), разработке ряда методов мониторинга, защиты и управления для будущих энергосистем, и верификация этих методов с помощью вновь созданной лаборатории. В рамках проекта будет разработан ряд новых методов мониторинга, защиты и управления электрических сетей, которые призваны решить проблему их значительно возросшей сложности, особенно актуальную в связи с возрастающей долей преобразовательной техники, подключенной к сети на разных уровнях. В условиях возрастающей сложности с регулированием таких сетей, есть необходимость для применения новых информационно-коммуникационных технологий и технологий обработки данных для поддержания качества мониторинга, защиты и регулирования на приемлемо высоком уровне. Используя разработанные методы, можно будет добиться значительного сокращения затрат на планирование и эксплуатацию системы, а инвестиции в новые активы на всех уровнях сети не будут ограничены техническими соображениями. Однако такие решения, в том числе, например, подходы централизованного и децентрализованного управления, будут весьма непростыми с точки зрения трудоемкости их разработки, тестирования, и подтверждения работоспособности в реалистичных условиях. Следовательно, наш проект нацелен на развитие лаборатории, способной проводить тестирование и верификацию таких высокотехнологичных решения для будущих энергосистем. Разрабатываемые методы можно разделить на три категории: а) методы мониторинга и идентификации включая мониторинг параметров и состояния системы, и показателей характеризующих ее безопасность

и устойчивость; б) архитектуры систем управления для нивелирования отрицательных последствий снижения инерции и величин токов КЗ, а также архитектуры, основанные на быстродействующих регуляторах, используемых в компонентах системы на основе силовой электроники; и с) новые функции релейной защиты и систем поддержания целостности сети. Мы предложим подходы, основанные, в основном, на данных измерений, и не требующие точного знания моделей. Центральным элементом будущей лаборатории станет Цифровой Симулятор RTDS (Real Time Digital Simulator), вероятно, самый надежный и адаптивный комплекс для программно-аппаратного моделирования из всех имеющихся на рынке на сегодняшний день. RTDS имеет модульную конструкцию и представляет собой мощный суперкомпьютер, способный выполнять высокоточное динамическое моделирование энергетических систем различной сложности, топологии и конструкции в режиме реального времени. Может использоваться для валидационных технических решений для энергосистем разного размера и сложности. В этом контексте средства будут одинаково подходящими для тестирования решений для традиционных магистральных и распределительных сетей, а также для микроэнергосистем. Используя RTDS, разработанные в рамках проекта методы мониторинга, защиты и регулирования будут тщательно проверены, подтверждены и, в некоторых случаях, доведены до уровня патентов, готовых для представления на утверждение и дальнейшего использования нашими промышленными партнерами. Мы ставим целью использовать возможности RTDS для ускорения всего процесса от первоначальной идеи до решений, проверенных по самым высоким промышленным стандартам и предлагаемых для практической реализации нашим отраслевым партнерам.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 121080500048-9

ДВУХФАЗНАЯ СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ, РАССЕИВАЮЩИХ ВЫСОКИЕ ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ

Проект нацелен на определение границ и достижение новых пределов в интенсификации теплопередачи и отвода тепла при испарении в тонких и сверхтонких слоях жидкости за счет нового фундаментального понимания динамических процессов в области трехфазной границы газ – жидкость – твердое тело, сопутствующих динамике и слианию капель жидкости на твердой поверхности, а также формированию «сухих пятен» в тонких слоях жидкости бомбардируемых микрокаплями. Особое внимание будет уделено супер - разреженным средам, т.е. малоисследованным режимам, когда не формируется сплошная жидкая пленка охлаждающей жидкости. Данный процесс при движении капель обеспечивает «сверхинтенсивное испарение» в динамических линиях контакта газжидкость- твердое тело и тем самым приводит к существенной интенсификации теплообмена. Однако в настоящее время не существует фундаментального, законченного физического и математического описания таких процессов. Это не позволяет осознанно переходить в режим

«сверхинтенсивного испарения» в различных технических устройствах, на различных поверхностях и для различных жидкостей, поддерживать и регулировать его, проектировать любую из систем охлаждения на таком физическом принципе. Потребность отводить сверхвысокие удельные тепловые потоки стала реальностью уже несколько десятилетий назад. Экстремальные тепловые потоки с целевыми показателями более 1 кВт/см² и более 1 кВт/см³, превышающие те, которые встречаются в типичных устройствах обработки данных, должны рассеиваться в радиолокационных системах, лазерах, силовой электронике и высокопроизводительных вычислительных системах. Перспективные электронные устройства будут использовать широкополосные материалы (карбид кремния, нитрид галлия), которые более эффективны, чем традиционные. Масштабы тепловыделения для GaN электроники оценены как 1 кВт/см² в настоящее время и более 10 кВт/см² в перспективных проектах при температурах до 130 С. В электронных интегрированных системах (мощные

серверы, транспорт и оборона) тепловые потоки могут достигать еще больших величин. Силовые агрегаты гибридных электромобилей также содержат большое количество силовой электроники. Мощные радары и телекоммуникационное оборудование являются также крайне сложными для охлаждения. Интенсификация теплообмена в современных двухфазных системах охлаждения развивается в направлении значительного снижения толщин жидких пленок. Есть понимание, что локальная интенсификация процессов на мини- и микро-масштабах потребовала качественно новый уровень описания явлений, проходящих на масштабах размеров от сотен нанометров до сотен микрометров и масштабах времен не более десятков миллисекунд. Но соответствующих этим условиям фундаментальных описаний физических процессов в настоящее время недостаточно. Именно этот факт определяет научную значимость поставленной задачи. Актуальность решения проблемы определяется тем, что постоянный рост совместной интеграции отдельных узлов силовой, коммутационной и/или микроэлектронной техники совместно с последовательной миниатюризацией/ (снижением характерного стандарта размеров коммутационных и/или микроэлектронных элементов) приводит к интенсивному росту удельных тепловых потоков, которые требуется рассеивать для обеспечения высоких характеристик устройств наряду со значительным снижением их стоимости. Обобщая, можно сказать, что человечество стоит на пороге создания образцов принципиально новых технических, электронных и интеллектуальных систем. Это, например, самоуправляемый электронный транспорт (автобусы, такси, грузовики ...). Предполагается, что такой транспорт должен быть оснащен гибридными энергоустановками с интеллектуальным управлением всеми системами, являясь автономным от управления человеком. Создание данных систем требует дальнейшего совершенствования элементной базы, увеличения скорости вычислений, все большей интеграции систем и их мини-микроминиатюризации. Вышесказанное неизбежно ведет к росту тепловыделения и возрастанию поверхностной и объемной плотностей теплового потока. В ходе выполнения проекта планируется решить три идеологически связанные задачи: 1. Теплообмен и динамика линии контакта газ – жидкость – твердое тело при взаимодействии капли жидкости с твердой поверхностью. Бурное развитие и миниатюризация вычислительной техники, а также крайняя неоднородность теплового потока на электронном компоненте, например, на чипе компьютера, ставит перед разработчиками и исследователями новые научные задачи. Локальный тепловой поток в отдельных областях чипа размером порядка 0,1- 2 мм, («Hot spots»), может превышать более чем на порядок среднюю плотность теплового потока на чипе и может иметь значение 1 кВт/см² и выше, что ставит задачу по исследованию теплоотвода высоких и одновременно неравномерных тепловых потоков. Спрейная система охлаждения потенциально способна решать поставленную задачу в силу своих конструктивных особенностей. Предлагается выполнить систематические измерения локальных коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков с использованием метода тонкой фольги, при спрейнном охлаждении, который включает в себя измерение температуры обратной стороны подложки ИК сканнером и решение обратной 3Д задачи теплопроводности в подложке. По нашим данным такой метод будет применен впервые к исследованию спрейнного охлаждения. Линия контакта, ограничивающая каплю либо деформированный слой жидкости, будет визуализирована сверху с помощью высокочувствительной, высокоскоростной шлирен-системы. Оптические методы позволят четко фиксировать положение линии контакта, что, в совокупности с тепловыми измерениями, позволит значительно продвинуться в понимании процессов теплообмена в области линии контакта. Также предлагается выполнить систематические измерения интегральных коэффициентов теплоотдачи и критических

тепловых потоков при спрейнном охлаждении локального источника тепла (10х10 мм²) Большая часть исследований в данном разделе будет выполняться при падении одиночных капель различного размера и супер-разреженного спрея. 2. Динамика и теплообмен при вертикальной и горизонтальной коалесценции капель жидкости. Несмотря на наличие ряда работ по динамике жидкости при вертикальной и горизонтальной коалесценции капель, данный предмет остается плохо понятным с точки зрения термо – гидродинамики. Сложности включают в себя существенные изменения формы интерфейса, а также появление нескольких существенно различных масштабов скоростей, масштабов длин и масштабов времени. Смачиваемость оказывает существенное влияние. Фактически, относительно простая конфигурация эксперимента при падении холодной капли на другую каплю расположенную на нагретой текстурированной поверхности, создает междисциплинарную, многомасштабную и многофазную физическую проблему, требующую решения. Имеют место кардинальные вариации межфазной поверхности, причем наиболее значительные деформации длятся 1-2 мс. Авторы проекта считают, что движение трехфазной линии контакта играет важную роль в процессе коалесценции. Планируется экспериментально, с помощью двух синхронных высокоскоростных камер, исследовать гидродинамику взаимодействия капли с другой каплей в условиях их нагрева, что по мнению авторов проекта является одним из важных физических механизмов при интенсивном спрейнном охлаждении особенно без формирования сплошных жидких пленок. Планируются эксперименты с каплями, помещенными бок о бок, и одна над другой на гидрофобной поверхности. Предполагается обратить особое внимание на вычисления касательных напряжений с использованием данных высокоскоростной съемки. Данные исследования будут дополнены измерениями температуры обратной стороны тонкой фольги с помощью ИК-сканера. С помощью решения обратной задачи Каши будет определено локальное распределение поля температур на поверхности, где происходит коалесценция, а также поле локальных тепловых потоков и поле локальных коэффициентов теплоотдачи. Таким образом впервые удастся связать и совместно проанализировать гидродинамическую информацию о деформациях, скоростях и касательных напряжениях с информацией по теплообмену. 3. Численное моделирование гидродинамики и теплообмена при взаимодействии капли с изотермической и нагретой поверхностью, а также при коалесценции капель. Большинство исследований по коалесценции капель, приведенных в литературе выполнено в отсутствие твердых поверхностей. Капля соприкасается с твердой поверхностью и формирует динамическую трехфазную линию контакта. Несколько событий, таких как воздействие капель, испарение падающих капель или мягко размещенных на подложке, слияние капель, расположенных бок о бок или один над другой будет наблюдаться вовремя спрейнного охлаждения. Эти и другие сопутствующие фундаментальные механизмы будут рассмотрены с помощью численного моделирования. Численное моделирование будет выполняться с использованием COMSOL®, коммерческого кода для уравнений Навье-Стокса и энергии. Эволюция формы капли при падении и комбинированной капли будет прогнозироваться моделью Кан-Хиллиарда. Плотность, теплопроводность и удельная теплота фазового перехода в вычислительном домене будут определяться с использованием правила смесей со ссылкой на переменную фазового поля. Трехфазная линия контакта будет рассматриваться как динамическая. Твердые поверхности будут приниматься как супергидрофобные и свободные от закрепления линии контакта. Характеристики поверхности энергии для падающей капли и комбинированной капли будут определяться с точки зрения динамического контактного угла смачивания, который будет определяться с использованием модели Кистлера. Таким образом в данной части работы с помощью численной модели будут

смоделированы все основные физические механизмы для исследуемых процессов и выбраны оптимальные параметры. Будет выполнен сравнительный анализ исследуемых в проекте спрейных систем и анализ теплообменных характеристик с учетом данных из литературы. Будут разработаны предложения по оптимизации систем охлаждения электронного оборудования. В результате выполнения проекта будут получены новые

экспериментальные данные, созданы теоретические модели, проведены комплексные расчеты, выполнены обобщения и предложены новые корреляции, а также технические решения и концепции. Проект отличается междисциплинарный характер и комплексный подход к поставленным задачам (теоретический и экспериментальный подходы, исследования на различных масштабах, локальные и интегральные измерения).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011400174-9

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ, АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА И МУЛЬТИСЛОЙНЫХ СТРУКТУР НА ЕГО ОСНОВЕ

На сегодняшний день потенциальный интерес к синтетическому алмазу существует практически во всех областях науки и техники, начиная от обработки и добычи материалов, изготовления теплоотводов и оптических окон, и заканчивая созданием гетероструктур вида «полупроводник на алмазе», элементов СВЧ и силовой электроники, акустоэлектроники, сенсорной техники (датчики ионизирующих излучений, электрохимические и биологические детекторы) и пр. Настоящий отчет содержит результаты следующих работ, запланированных на 2021 год выполнения государственного задания ФГБНУ ТИСНУМ:

Исследования процессов генерации и отжига радиационных дефектов в объеме алмаза под действием ионизирующего излучения, включающие в себя: - набор разного уровня радиационного повреждения в алмазе с дефектно-примесным составом под действием пучка ускоренных электронов; - исследование структуры и концентрации радиационных дефектов методами спектроскопии поглощения в ИК, видимом и УФ диапазоне, а также фотолюминесцентной спектроскопии; - исследование электрофизических свойств алмаза с разным содержанием радиационных дефектов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ И НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

№ 122080900031-6

ПРИОРИТЕТНЫЕ ОЦЕНКИ И СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КИПЕНИЯ НЕДОГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ С НАНОЧАСТИЦАМИ В БОЛЬШОМ ОБЪЕМЕ НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ

Кипение жидкости – один из эффективных и широко применяемых способов отвода теплоты от нагретых поверхностей. Несмотря на многочисленные работы в этой области, появляются новые данные, дополняющие или подтверждающие основные результаты, полученные преимущественно еще в прошлом веке. Анализ осложняет отсутствие достоверной математической модели, которая позволила бы корректно оценить теплообмен при кипении. Часть современных исследований связана с задачами интенсификации теплообмена при кипении. Актуальность данного вопроса обусловлена: 1) необходимостью уменьшения габаритов теплообменников, как компактных (тепловые трубки, теплообменные устройства в электронике), так и промышленных (тепловые насосы, теплообменные аппараты); 2) увеличением критических тепловых потоков; 3) необходимостью отвода тепловых потоков, имеющих экстремально высокую плотность (более 1 МВт/м² при охлаждении силовой электроники, микроэлектроники, термоядерных установок и т.д.); 4) особыми условиями кипения (отсутствие достаточного количества центров парообразования, использование специальных жидкостей и поверхностей, и т.д.). Исследование кипения методом градиентной теплотметрии позволит сопоставить кипение в чистой воде и наножидкости. По значениям местной ПТП при кипении в наножидкости с различными массовыми концентрациями наночастиц разного состава можно определить концентрации, при которых будет наблюдаться максимум критической ПТП при соответствующем начальном температурном напоре. Изучение влияния нанопорошка на величину теплосъема при определенных температурных режимах и концентрациях позволит дополнить и уточнить имеющиеся данные. Исследования позволят управлять

теплообменом при кипении благодаря чему удастся снизить температурный напор в начале кипения, увеличить критические тепловые потоки и интенсифицировать теплообмен. Для решения этой проблемы в 2007 – 2020 гг. заявитель создал и апробировал в лабораторном и промышленном эксперименте гетерогенные градиентные датчики теплового потока (ГГДТП), и на их основе создал новый метод градиентной теплотметрии, который позволяет напрямую измерить местную плотность теплового потока. Задачей работы является определение эффективности использования наножидкостей на основе оксида алюминия (Al₂O₃), диоксида кремния (SiO₂) и оксида титана (TiO₂) в качестве механизма интенсификации теплообмена при кипении в недогретой воде в большом объеме. Будут определены местные значения ПТП на поверхности предварительно разогретого шара, когда на нем происходит кипение жидкости в пленочном, переходном и пузырьковом режимах. Основная задача проекта - получить значения критических ПТП для массовых концентраций нанопорошка в воде в диапазоне 0,32-4% при температурных напорах 350-500 К. На основе полученных результатов определить оптимальную для каждого температурного режима концентрацию наночастиц и выявить нанопорошок наиболее подходящий для интенсификации теплообмена при кипении в недогретой воде. По итогам проекта будет собрана обширная экспериментальная база. Научная новизна проекта определяется прямым измерением плотности теплового потока методом градиентной теплотметрии. Прогнозируемые результаты исследования необходимы для уточнения и переработки методик расчета теплообменного оборудования, использующего в качестве теплоносителя кипящую жидкость.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 121032400173-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ВТСП ТРАНСФОРМАТОРОВ С ФУНКЦИЕЙ ТОКООГРАНИЧЕНИЯ

Развитие электроэнергетики и промышленных отраслей Российской Федерации требует повышения их энергоэффективности и технического совершенствования, включая их важнейшую неотъемлемую часть — силовые трансформаторы. Практически отсутствующие потери энергии на переменном токе у высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) обеспечивают значительное увеличение эффективности работы электротехнических устройств, а охлаждение жидким азотом отличается экологической чистотой и безопасностью. Исходя из вышесказанного, актуально использовать силовые трансформаторы со сверхпроводящими обмотками на

основе высокотемпературных сверхпроводников, главным преимуществом которых являются низкие нагрузочные потери по сравнению с традиционными трансформаторами. Помимо этого, силовые трансформаторы с высокотемпературной сверхпроводящей обмоткой обладают такими преимуществами как меньшие массогабаритные показатели, возможность ограничения токов короткого замыкания, экологическая безопасность, пожаро- и взрывобезопасность и другие. В современных условиях развития рынков электроэнергии многие потребители будут экономически заинтересованы в снижении потребляемой мощности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121041400219-5

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ СВЕРХПРОВОДЯЩИМИ ОБМОТКАМИ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В работе предполагается разработка и исследование силового трансформатора с высокотемпературными сверхпроводящими (ВТСП) обмотками, обладающего следующими преимуществами: отсутствие потерь электроэнергии, способность ограничения тока КЗ, снижение массы устройства на 50-60%, пожаробезопасность. Новые конструктивные исполнения обмоток и криостата трансформатора позволят: увеличить температурный запас сверхпроводника, снизить вероятность непредвиденной потери сверхпроводимости, повысить токоограничивающую способность. Предполагается, что ограничение сверхтока будет реализовано не только за счет потери сверхпроводимости, но и за счет увеличения общего импеданса обмоток путем разделения их на секции и использования дополнительных

сопротивлений. В настоящее время приведённый вид токоограничения в мире не рассматривался. Таким образом, ВТСП трансформатор позволяет совместить два важнейших электрических процесса, трансформацию напряжения и ограничение тока КЗ, в одном устройстве на основе одной диэлектрической среды, что позволит существенно повысить энергоэффективность электроэнергетических систем, поскольку в нормальных режимах активное сопротивление и потери будут равны нулю, а ограничивающее воздействие будет автоматически возникать только в момент возникновения сверхтока. Это позволяет считать, что поиск оптимальной конструкции этого совмещенного устройства является весьма актуальной и продуктивной задачей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121101300018-6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ БАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК MESFET ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР

В результате проведения НИР будут изготовлены тестовые структуры дискретных MESFET-транзисторов и микросборок для экспериментальной апробации Методик измерения;

будет изготовлен макетный образец чувствительного элемента на основе кремниевого кристалла.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

№ 122081600008-8

ДИЗАЙН-ЦЕНТР ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ГИБРИДНЫХ МИКРОСБОРОК ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Разрабатываются гибридные силовые модули для энергопреобразующей аппаратуры аэрокосмического применения, а также создаётся опытное производство мощных гибридных интегральных схем. Особенностью разработки является повышенная мощность модуля, а также радиационная и спецстойкость. Задачи проекта. - Содействовать развитию отечественной электронной базы для аэрокосмических аппаратов на основе новых технологий и элементной базы, проектируемой и производимой на научно-производственной площадке НГТУ в кооперации с ведущими академическими институтами, ВУЗами и предприятиями микроэлектронной промышленности России и мира.

- Создание конструкторского бюро по проектированию силовых гибридных микросборок энергопреобразующей аппаратуры для аэрокосмического применения. - Разработка проекта производственного участка и его создание на площадях Техноцентра НГТУ по изготовлению экспериментальных и опытных образцов радиационно- и спецстойких силовых гибридных микросборок. - Разработка, изготовление и испытания экспериментальных образцов силовых гибридных микросборок космического применения по требованиям АО ИСС. - Разработка технологии производства опытных образцов силовых гибридных микросборок космического применения по требованиям АО ИСС.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122051900043-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА $n\text{-GaN}/p\text{-NiO}$ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ

Нитрид галлия (GaN) является перспективным материалом для создания полупроводниковых устройств следующего поколения. Пространственное внимание к данному материалу обусловлено уникальной совокупностью его физических свойств, таких как: широкая и прямая запрещенная зона, высокие значения напряжения пробоя и подвижности, хорошая теплопроводность и химическая инертность. GaN уже зарекомендовал себя как прекрасный материал для светоизлучающих и лазерных диодов, фотодетекторов и устройств высокочастотной и силовой электроники. Оптоэлектронные преобразователи на основе GaN считаются идеальными кандидатами для стабильных и эффективных фотодетекторов (ФД) ультрафиолетового (УФ) спектра излучения (длина волны $\lambda < 365$ нм). Такие ФД находят применение в системах противоракетной обороны,

обнаружения пламени, мониторинга УФ-излучения, химического и биологического анализа, безопасной оптической связи, мониторинга окружающей среды и астрономических исследованиях. В рамках реализации проекта планируется разработка и исследование оптических и электрических параметров диодных структур на основе гетероперехода $n\text{-GaN}/p\text{-NiO}$. Данное исследование будет включать: оптимизацию технологии получения высококачественных эпитаксиальных слоев GaN на сапфировых подложках; оптимизацию технологии получения высококачественных пленок $p\text{-NiO}$; исследование свойств гетероперехода $n\text{-GaN}/p\text{-NiO}$. По результатам выполнения проекта будет разработана конструкция и технология изготовления УФ ФД.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ж.И. АЛФЕРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122062800024-5

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ ОКСИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИБОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Существует также острая потребность в новых полупроводниковых устройствах силовой электроники, способных работать в диапазоне до нескольких киловольт в таких передовых системах, как распределенные энергетические сети, электромобили, высокоскоростные поезда и промышленная автоматизация. Кремниевая электроника практически исчерпала возможности дальнейшего роста. Поэтому активно ведется поиск новых и более эффективных полупроводниковых материалов, на основе которых можно превзойти обычные приборы. Большой интерес привлекает оксид галлия Ga_2O_3 , – сверхширокозонный полупроводник (4.8-5.3 эВ), который обладает целым рядом свойств, потенциально позволяющих обеспечить значительный прорыв в области силовой электроники, создания нечувствительных к солнечному свету детекторов ультрафиолетового излучения и т.д. Одним из основных методов модификации свойств (селективное легирование, обработка поверхности и т.д.) полупроводниковых материалов является ионная имплантация. Использование этого метода весьма привлекательно и при создании электронных приборов на базе оксида галлия. Однако ионная бомбардировка всегда сопровождается образованием устойчивых структурных нарушений. Этот процесс для Ga_2O_3 практически не изучен. Поведение нарушений в закономерностях образования и поведения нарушений структуры при ионном облучении,

их влияния на процессы переноса заряда в двух наиболее перспективных политипах Ga_2O_3 (альфа и бета), и составляет один из предметов настоящего проекта. Будет выполнен цикл исследований по установлению закономерностей радиационно-индуцированных явлений в оксиде галлия в широком диапазоне условий ионного внедрения. Результаты подобных исследований позволят выяснить физическую природу образования радиационных нарушений. Облучение будет производиться как атомарными, так и молекулярными ионами. Исследования должны привести к формированию физической картины накопления нарушений, выяснению закономерностей поведения в нем структурных нарушений, объяснение физики процессов, сопровождающих торможение ионов и, как следствие, выработку рекомендаций для практических приложений. Кроме того, из результатов предполагаемых исследований будут получены сравнительные данные о радиационной стойкости разных политипов оксида галлия, что весьма актуально для создания приборов способных работать в условиях повышенной радиации. Вторая цель данного проекта направлена на практическую реализацию фундаментальных знаний. На основе полученных данных будут созданы модельные структуры силовых приборов и исследованы возможности использования ионно-лучевой технологии для создания приборов силовой электроники на основе оксида галлия.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122080200086-3

РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ

Целью заявляемого научного проекта является разработка фундаментальных основ и научно обоснованных технических решений, направленных на разработку новых энергоэффективных методов управления высоковольтными силовыми преобразователями в условиях низкой частоты переключений полупроводниковых модулей. Научная проблематика заявляемого проекта вытекает из фундаментальной проблемы силовой электроники, которая связана с возникновением электрических

потерь при преобразовании электрической энергии полупроводниковыми преобразователями, а также с ухудшением показателей качества преобразованной мощности. Актуальность проекта связана с недостаточным развитием энергоэффективных технологий управления высоковольтными силовыми полупроводниковыми преобразователями при низких частотах переключений полупроводниковых модулей. Исследования в данной области положительно отразятся на научном уровне

фундаментальных и прикладных исследований, направленных, прежде всего, на проектирование, повышение энергоэффективности ветроэнергетических комплексов, солнечных электростанций, промышленных электроприводов. Актуальность проводимого исследования также связана с повсеместным распространением мощных высоковольтных полупроводниковых преобразователей в составе энергосберегающих электроприводов переменного тока и возобновляемых систем генерирования электрической энергии. Они являются примером использования последних научно-технических достижений в области электротехники и

электроники, обладающих рядом существенных преимуществ, с точки зрения эффективности преобразования и потребления электрической энергии. Научная новизна проекта заключается в разработке нового энергоэффективного метода управления высоковольтными силовыми преобразователями на основе предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей, позволяющего обеспечить заранее заданный спектр сигналов в условиях ограниченной частоты переключений ключей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122092100047-8

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ БЛОКОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РСУ. ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА И РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК БСЭ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИМПЕЛЛЕРА

Работа посвящена разработке подходов к математическому моделированию блоков силовой электроники электроприводов распределённых силовых установок. Работа заключается в проведении исследований, направленных на формирование системы контроля электропривода импеллера на основе современных тенденций в области силовой

электроники и управления электродвигателями, а также в разработке методов математического моделирования отдельных компонентов и системы управления в целом с целью повышения эффективности работы силовой установки в двигательном и рекуперативном режимах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122102400003-7

ГИБРИДНЫЕ SP3-SP2 УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА

Постоянное увеличение степени интеграции электронных элементов на чипе и рост энергопотребления в промышленных и бытовых электронных приборах остро ставят проблему низких эксплуатационных характеристик кремния в экстремальных внешних условиях. Поэтому фундаментальными проблемами современного материаловедения являются поиск полупроводников, имеющих устойчивые физико-химические свойства и стабильность интерфейса контакта металл-полупроводник под воздействием высоких температур, электромагнитных полей и ионизационных излучений. Данный проект ставит своей целью создание и исследование новых энергоэффективных материалов на основе избирательно графитизированных алмазных структур для приложений интегральной и силовой электроники. Идея проекта возникла из слияния трех основных концепций. Первая - это возможности уменьшения межфазного теплового и электрического сопротивления полупроводник-металл при наличии ковалентной связи между ними. Данный подход позволяет уменьшить пассивную рассеиваемую мощность. Вторым важным моментом являются функциональные свойства алмаза, являющегося широкозонным радиационностойким полупроводником с рекордной теплопроводностью. И последнее - это небольшое различие в соразмерности решеток алмаза и графена, что, вероятно, должно способствовать эпитаксии слоев при образовании гибридного sp³-sp² углеродного материала. Таким образом, ожидается, что исследуемые материалы будут характеризоваться низким контактным сопротивлением, иметь высокие теплоотводящие характеристики и высокое значение напряжения пробоя, обладать хорошей адгезией материалов. Программа исследований состоит из трех этапов, каждый из которых фокусируется на одном из трех способов создания гибридных материалов, состоящих из ковалентно-связанных sp³ и sp²-компонентов, и исследовании его строения и свойств. В первый год проекта будет исследован механизм графитизации алмаза при термическом нагревании в вакууме. В течении второго года проекта планируется провести исследование возможности создания sp³-sp²

структур при воздействии на алмаз сфокусированного лазерного излучения. Кроме графитизации поверхности исходных алмазных структур (поликристаллические алмазные пленки и монокристаллы алмаза) также будут изучены процессы, протекающие при нагревании sp³-компонент с нанесенными тонкими слоями металлов. В заключении мы рассмотрим возможность получения гибридного sp²-sp³ углеродного материала при плазменном травлении углеродных нанотрубок (УНТ). Морфология, текстурные характеристики, функциональный состав полученных материалов будут исследованы набором современных физико-химических методов. В том числе, методами электронной и атомно-силовой микроскопии (РЭМ, ПЭМ, АСМ), оптической спектроскопии, поверхностночувствительной рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), рентгеновской эмиссионной спектроскопии (РЭС), спектроскопии ближней тонкой структуры рентгеновского поглощения (NEXAFS) с угловым разрешением и методами квантовой химии. Будут проведены *in situ* рентгеноспектральные исследования трансформации алмазной поверхности. В результате комплексной диагностики материалов будет получена информация о соотношении sp² и sp³ компонент на разной глубине, ориентация графеновых слоев, наличие оборванных связей на краях графеновых частиц и на поверхности алмаза в зоне интерфейса. Будут проведены исследования транспортных свойств гибридных материалов в том числе при облучении ультрафиолетовым светом и фотонами рентгеновского излучения. Будут исследованы теплофизические свойства интерфейса между sp³ и sp²-компонентами. Будут исследованы автоэмиссионные характеристики материалов. Для большинства указанных материалов ранее не исследовались теплофизические и электрофизические свойства. Таким образом, предлагаемый к реализации проект направлен на комплексное решение целого спектра задач, сопряженных с синтезом, исследованием строения и физических свойств новых гибридных углерод-углеродных материалов для различных областей электроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122110100114-8

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ (4H-SiC, GaN, Ga₂O₃)

Исследование свойств широкозонных материалов является одним из наиболее динамично развивающихся направлений физики полупроводников. Как правило, к широкозонным полупроводникам (ШП) относят материалы с величиной запрещенной зоны (E_g) > (2,5 – 3,0) эВ. По сравнению с классическими полупроводниковыми материалами – Si и GaAs, ШП позволяют создавать на их основе радиационно-стойкие приборы, работающие при существенно более высоких температурах. Также прямозонные ШП позволяют формировать светоизлучающие приборы и фотоприемники в синем, фиолетовом и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Большая величина E_g обуславливает большое значение критического поля пробоя для данного полупроводника. Как следствие, ШП перспективны для создания приборов силовой электроники. В случае материалов III-N возможность создавать гетеропереходы в системе AlGaIn/GaN позволяет создавать мощные транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT) для применения в СВЧ технике. Приборы на основе ШП могут быть использованы для повышения надежности работы атомных электростанций, уже проектируемых термоядерных энергетических установок и устройств космической техники, требующих использования радиационно-стойкой полупроводниковой электроники, т. е. полупроводниковых материалов и приборов, сохраняющих исходные свойства и/или меняющих их в допустимых пределах при облучении различными типами излучений: протонами, электронами, нейтронами, α - и γ - и тяжелыми высокоэнергетичными частицами. Несмотря на ряд проведенных исследований, остается еще много неразрешенных вопросов в определении радиационной стойкости ШП полупроводников и в установлении возможных путей ее повышения. Как отмечалось выше, ШП имеют потенциально более высокие предельные рабочие температуры, чем кремний и арсенид галлия. Таким образом, представляется важным провести исследование одновременного воздействия облучения и высоких температур, т.е. исследовать температурную зависимость скорости удаления носителей, характер и свойства вводимых дефектов в зависимости от температуры облучения, а также оценить влияние вводимых при высокотемпературном облучении дефектов на свойства высоковольтных и оптоэлектронных приборов. Ранее нами было показано, что увеличение температуры облучения электронами до 200-3000С приводит к уменьшению скорости удаления носителей в SiC примерно на порядок. Для GaN и Ga₂O₃ таких исследований, насколько нам известно, проведено не было. Для этих материалов, как и для SiC важно определить характер процессов при облучении образцов высокоэнергетичными частицами, в том числе и при повышенных температурах облучения. Установить, что служит стоками образующихся радиационных дефектов, и как эффективность этих стоков зависит от исходного структурного совершенства материала и введенных примесей. В ходе предлагаемого проекта планируется провести сравнительное исследование образцов ШП методами релаксационной спектроскопии глубоких уровней (PCGU или DLTS — Deep Level Transient Spectroscopy), электронного парамагнитного резонанса (ЭПР — EPR)), фотолюминесценции (ФЛ), рентгеновской спектроскопии (X-ray), катодолюминесценции (КЛ) и комбинационного рассеяния света (КРС) после облучения электронами (0,9 МэВ), протонами (15 и 2 МэВ) и тяжелыми ионами Ar (53 МэВ) как при комнатной температуре, так

и при повышенных температурах. Следует отметить, что участники проекта разработали и создали уникальную систему, позволяющую проводить облучение протонами и электронами при температурах до 5000С. Исследование процессов одновременного воздействия на материал облучения и повышенных температур является очень важной задачей в физике широкозонных полупроводников, одним из преимуществ которых являются высокие рабочие температуры. Как уже было показано участниками настоящего проекта, радиационная деградация SiC приборов значительно снижается в случае облучения при повышенных температурах. Этот результат имеет большое практическое значение при разработке радиационно-стойких систем. В ходе выполнения настоящего проекта планируется проверить данный результат и для других широкозонных материалов - GaN и Ga₂O₃. Другой уникальной чертой предлагаемого проекта является возможность анализа корреляций экспериментальных данных, полученных взаимодополняющими методами. А именно, корреляция данных спектроскопии ЭПР с данными DLTS позволит установить как микроскопическую модель создаваемых радиационных дефектов, их спиновое, а значит и зарядовое состояние дефектов, зависимость их концентрации от дозы и температуры облучения, так и глубину залегания энергетического уровня дефектов в запрещенной зоне, степень их влияния на электрофизические параметры кристалла. В качестве одного из методов диагностики исследуемых объектов будет применяться спектроскопия КРС. Этот метод относится к одному из главных источников информации о динамике кристаллической решетки. В то же время природа процесса комбинационного рассеяния света такова, что в процесс вовлекается как движение электронов, так и колебания кристаллической решетки. Этот метод позволяет: определять политип SiC, определять состав твердых растворов, проводить оценку концентрации и подвижности носителей заряда, получать информацию о микроструктуре дефектов решетки. Последующие исследования облученных образцов методом ФЛ позволят установить корреляцию между структурными параметрами изучаемых объектов и процессами излучательной и безызлучательной рекомбинации, определяющими квантовую эффективность излучения, что является основой для использования кристаллических матриц и гетероструктур в приборах оптоэлектроники. Стоит отметить уникальную особенность ФЛ – возможность реализации возбуждения люминесценции, как с участием уровней внутри запрещенной зоны, так и переходов зона-зона, зона-примесь (дефект) за счёт изменения энергии возбуждения (в нашем случае вплоть до 5.8 эВ (213 нм)). Последнее крайне важно при исследовании таких широкозонных матриц как Ga₂O₃ ($E_g \sim 4.9$ эВ) и GaN ($E_g \sim 3.5$ эВ для). Важно отметить, что оптические исследования электронных и фононных спектров будут вестись методами микро-ФЛ и микро-КРС из одной и той же точки образца с высоким пространственным разрешением, что намного повышает достоверность интерпретации полученных результатов. Планируется исследовать структуры, полученные различными технологическими методами, чтобы надежно определить возможное влияние примесного фона в исходных образцах на результаты измерений. Полученные результаты позволят сделать практические выводы о возможности повышения радиационной стойкости новых ШП для создания приборов высокотемпературной электроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122120100070-6

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ АЛМАЗНЫХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОДЛОЖЕК С ЛОКАЛЬНЫМИ АЛМАЗНЫМИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБЛАСТЯМИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СВЧ ЭКБ И РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Алмаз является непревзойденным материалом по своим электрофизическим и тепловым свойствам, это позволит создать СВЧ диоды повышенной мощности, работающие при высоких температурах выше 300°C и высоких уровнях радиации. В нашей стране и за рубежом периодически проводились работы по применению алмаза при изготовлении СВЧ диодов. Однако работы из-за отсутствия качественных, воспроизводимых по примесям и свойствам алмазных материалов и сложных технологий обработки алмазных Алмаз является непревзойденным материалом по своим электрофизическим и тепловым свойствам, это позволит создать СВЧ диоды повышенной мощности, работающие при высоких температурах выше 300°C и высоких уровнях радиации. В нашей стране и за рубежом периодически проводились работы по применению алмаза при изготовлении СВЧ диодов. Однако работы из-за отсутствия качественных, воспроизводимых по примесям и свойствам алмазных материалов и сложных технологий обработки алмазных Алмаз является непревзойденным материалом по своим электрофизическим и тепловым свойствам, это позволит создать СВЧ диоды повышенной мощности, работающие при высоких температурах выше 300°C и высоких уровнях радиации. В нашей стране и за рубежом периодически проводились работы по применению алмаза при изготовлении СВЧ диодов. Однако работы из-за отсутствия качественных, воспроизводимых по примесям и свойствам алмазных материалов не позволяли получать стабильные воспроизводимые результаты. В настоящее время за рубежом ведутся работы по исследованиям применимости алмаза в качестве материал СВЧ электроники, однако данные исследования носят, в основном, теоретический и поисковый характер. Выпускаемые в промышленности аналоги - не известны. Предлагаемая к исследованию и разработке лабораторная технология позволит обеспечить задел для создания СВЧ-диодов с использованием алмаза с улучшенными характеристиками. Анализ тенденций развития электронной техники двойного назначения за рубежом свидетельствует о начале формирования предпосылок для научно-технического прорыва в области создания сверхвысокочастотной, силовой электроники и оптоэлектроники на основе нового класса полупроводниковых материалов - монокристаллического алмаза. Алмаз является материалом с уникальным набором электрофизических, тепловых и механических свойств, которые позволяют создавать полупроводниковые приборы, превосходящие по своим характеристикам (мощностным, стойкости к теплу и радиации) приборы, созданные на основе других полупроводников. На данный момент не существует промышленной или лабораторной технологии получения алмазных монокристаллических подложек большого диаметра. Наиболее перспективной подложкой для алмазных приборов является комбинированная

алмазная подложка диаметром более 50 мм, состоящая из CVD-поликристаллического алмаза и более 10 периодически внедренных областей из монокристаллического алмаза. Разработка технологии создания пластин с монокристаллическими областями алмаза представляет собой сложную научно-техническую и технологическую задачу, решение которой связано с поиском новых принципов конструктивных и технологических решений. Работа актуальна для создания новой перспективно элементной базы мощных радиационно-стойких полупроводниковых приборов и радиоэлектронной аппаратуры специального назначения, включая системы двойного назначения. Использование алмазных материалов может обеспечить создание новых и усовершенствованных микро- и оптоэлектронных изделий (детекторы космической радиации, сенсоры ионизирующих излучений, УФ-фотоприемники и фотоприемные матричные устройства солнечно-слепого типа) с использованием алмаза с улучшенными электрофизическими и функциональными характеристиками. Тема исследований сформулирована на основе следующих предложений предприятий реального сектора экономики: 1) АО «НПП Исток» (г. Фрязино), который заинтересован в получении: алмазных пластин диаметром не менее 50 мм с заданными электро-физическими характеристиками (тема №144) для изготовления p-i-n диодов СВЧ диапазона; комбинированных алмазных подложек диаметром более 50 мм, состоящих из CVD-поликристаллического алмаза и более 10 периодически внедренных областей из монокристаллического алмаза (тема №147). Номера тем взяты из предоставленного Министерством науки и высшего образования РФ перечня требований реального сектора экономики к результатам поисковых исследований в области электроники, проводимых научными и образовательными организациями высшего образования. 2) НПК «Алмаз» (г. Сестрорецк); ПТЦ «УралАлмазИнвест» (г. Москва) и АО ЦНИТИ «Техномаш» (г. Москва), которые заинтересованы в получении: полупроводниковых приборных структур на основе алмаза для опто- и микроэлектроники, вкл. экспериментальные образцы изделий на основе алмаза для УФ-оптоэлектроники; лабораторные технологии интегральных детекторных структур для радиационно-стойкой РЭА. Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость): результаты востребованы в электронной промышленности, в приборостроении для ракетно-космической промышленности, для обеспечения создания новой ЭКБ. В качестве подтверждения потенциала практического применения и планируемых результатов в части полупроводниковых приборных структур на основе алмаза для опто-микроэлектроники (вкл. экспериментальные образцы изделий на основе алмаза для УФ-оптоэлектроники. Лабораторные технологии интегральных детекторных структур для радиационно-стойкой РЭА)

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122120600036-7

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ В ЦИФРОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

На сегодняшний день для распределительных электрических сетей класса 0,4 кВ, обеспечивающих электроснабжение всех бытовых потребителей и значительную долю предприятий различных отраслей хозяйства и промышленности, актуальной является проблема: несоответствие показателей качества электроэнергии

нормированным значениям, определяемым ГОСТ 32144-2013. В первую очередь несоответствие регистрируется по параметрам установившегося отклонения напряжения и коэффициентам несимметрии напряжений в трехфазных электрических сетях. Масштаб отмеченных проблем на сегодняшний день значителен, что подтверждается

официальными документами электросетевых компаний (в частности, ПАО «Россети», АО ОЭК» и др.). Эффективным решением данной проблемы является комплексное внедрение в энергетические системы специализированных устройств силовой электроники и преобразовательной техники, в том числе полупроводниковых стабилизаторов напряжения, осуществляющих быстродействующее регулирование переменного напряжения в электрических сетях. Современные сложные взаимосвязанные электросетевые комплексы, направленные на развитие функций цифровизации, предъявляют ряд требований к устройствам, функционирующим в их составе. К основным из показателей относятся: показатели надежности, быстродействия, ресурс работы, локализация производства и используемая компонентная база, степень интеграции в цифровые механизмы управления сетей, стоимость владения и т.д. В связи с этим, требуемый спектр функциональных возможностей устройств должен включать: автоматическую быстродействующую стабилизацию напряжения и симметрирование напряжений фаз в сети; работу в широких пределах изменения напряжений сети; защиту от аварийных режимов работы; поддержку телеметрии и телеуправления, обмен данными с диспетчерскими пунктами центров управления сетями (ДП ЦУС), формирование статистических отчетов и т.д. В настоящее время на отечественном рынке

регуляторов-стабилизаторов напряжения не представлено устройств, в полной мере отвечающих вышеперечисленным требованиям. По этой причине оснащение сетей подобными средствами автоматизации управления режимами работы затруднено. Реализация проекта позволит создать полностью отечественные стабилизаторы переменного напряжения с целью удовлетворения потребности в данной продукции отечественных электросетевых компаний. Основные преимущества, обеспечиваемые инновационной технологией построения разрабатываемых полупроводниковых устройств стабилизации напряжения:

- Повышенное быстродействие регулирования напряжения на нагрузке – менее одного периода сети, 20 мс;
- Защита от токов КЗ, от тепловой перегрузки, от грозовых перенапряжений;
- Диапазон регулирования напряжения на нагрузке $\pm 40\%$ от номинального;
- Отсутствие ограничений по числу переключений в час вследствие использования полупроводниковых ключей;
- Импортонезависимость вследствие использования компонентной базы, произведенной на территории РФ;
- Мониторинг режимов работы сетей в месте установки;
- Отсутствие искажений синусоидальных токов и напряжений сети;
- Высокая надежность и увеличенный временной интервал между моментами планового технического обслуживания.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122121500006-8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В МИНИКАНАЛЕ

Глобальной целью проекта является поиск новых методов повышения энергоэффективности технологий, в том числе новых методов существенной интенсификации передачи тепла. Данная проблема остро стоит при создании высокоэффективных мини- и микросистем, что обусловлено высокими темпами развития электроники и микроэлектроники, а также глобальной миниатюризацией устройств в различных областях техники. Важной задачей является уменьшение размеров теплообменных аппаратов. Для отвода тепла в проекте используется течение жидкости в миниканале (высотой порядка 1 мм). Данная система теплоотвода на таком принципе позволяет использовать является перспективной для целого ряда практических приложений (чипы для производства электроэнергии, микроэлектроника, светодиодная техника, лаборатории в чипах, силовая электроника). В продолжении проекта предлагается выяснить влияние высоты канала и размера микроструктур на критический тепловой поток при разных расходах жидкости и газа в мини- и микроканале. Будут

проведены эксперименты в микроканале высотой 300-500 мкм и проведено сравнение с уже имеющимися результатами для миниканалов для плёночного течения жидкости под действием потока газа. В рамках данного проекта планируется также сравнить эффективность теплоотвода при разных способах охлаждения: при кипении во время течения жидкости в микроканале и при движении плёнки жидкости, в микроканале под действием потока газа. Исследования будут выполнены на гладком нагревателе и с микроструктурами разной высоты. Планируется сделать сравнительный анализ критического теплового потока в зависимости от наличия микроструктур и высоты канала. Для изготовления микроструктурированных поверхностей планируется использовать аддитивные технологии (в сотрудничестве с компанией ООО «ЛОГИКС», г. Новосибирск). Данная технология открывает новые возможности в техническом плане и имеет ряд преимуществ перед традиционными методами обработки поверхностей (фрезеровка, точение, плавление в формах и др.).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123071300001-2

РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ

Целью заявляемого научного проекта является разработка фундаментальных основ и научно обоснованных технических решений, направленных на разработку новых энергоэффективных методов управления высоковольтными силовыми преобразователями в условиях низкой частоты переключений полупроводниковых модулей. Научная проблематика заявляемого проекта вытекает из фундаментальной проблемы силовой электроники, которая связана с возникновением электрических потерь при преобразовании электрической энергии полупроводниковыми преобразователями, а также с ухудшением показателей качества преобразованной мощности. Актуальность проекта связана с недостаточным

развитием энергоэффективных технологий управления высоковольтными силовыми полупроводниковыми преобразователями при низких частотах переключений полупроводниковых модулей. Исследования в данной области положительно отразятся на научном уровне фундаментальных и прикладных исследований, направленных, прежде всего, на проектирование, повышение энергоэффективности ветроэнергетических комплексов, солнечных электростанций, промышленных электроприводов. Актуальность проводимого исследования также связана с повсеместным распространением мощных высоковольтных полупроводниковых преобразователей в составе энергосберегающих электроприводов переменного

тока и возобновляемых систем генерирования электрической энергии. Они являются примером использования последних научно-технических достижений в области электротехники и электроники, обладающих рядом существенных преимуществ, с точки зрения эффективности преобразования и потребления электрической энергии. Научная новизна проекта заключается в разработке нового энергоэффективного метода управления

высоковольтными силовыми преобразователями на основе предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей, позволяющего обеспечить заранее заданный спектр сигналов в условиях ограниченной частоты переключений ключей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122072600013-0

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХПОДДИАПАЗОННОГО РЕАКТОРНО-ТИРИСТОРНОГО УСТРОЙСТВА СОВМЕСТНО С КОНДЕНСАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Целью данного проекта является уменьшение количества коммутационных аппаратов, улучшение динамических и стационарных процессов работы силового трансформатора и батареи конденсаторов, а также повышение энергетической эффективности у потребителей за счет применения нового двухподдиапазонного реакторно-тиристорного устройства совместно с конденсаторной установкой и специализированного способа управления оборудованием. В результате применения нового способа включения, пусковые токи, потребляемые силовыми трансформаторами из сети, не будут превышать своих установившихся значений и снизятся в 2 раза. Это, в свою очередь, пропорционально квадрату тока, уменьшит в 4 раза электродинамические усилия, действующие на обмотки силового трансформатора, и пусковые потери в линиях электропередач. Разработка автоматической системы управления двухподдиапазонным реакторно-тиристорным устройством для трансформаторных

подстанций с конденсаторной установкой в составе силового трансформатора обеспечит косвенную компенсацию реактивной мощности и стабилизацию напряжения в нагрузке. Предлагаемое двухподдиапазонное реакторно-тиристорное устройство будет состоять из основного и дополнительного блоков тиристорных ключей, трехфазного контактора, а также основного и дополнительного реакторов. Каждый тиристорный блок состоит из трех ключей с двухсторонней проводимостью тока. Конденсаторная установка содержит две батареи косинусных конденсаторов с трехступенчатым регулированием и три батареи конденсаторов с семиступенчатым регулированием. Планируется, что она будет подключаться параллельно к входу двухподдиапазонного реакторно-тиристорного устройства. По данной тематике научно-исследовательской работы имеются патенты РФ, свидетельства на программы для ЭВМ и статьи в центральной печати.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122071300004-4

СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: Формирование базы данных и разработка алгоритма прогнозирования работоспособности силового трансформатора на основании данных компьютерного

моделирования, а также на основании лабораторного исследования макетов трансформаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123011700065-6

АММИАЧНАЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВАЯ ЭПИТАКСИЯ GAN ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ПОДЛОЖКАХ КРЕМНИЯ ДЛЯ СИЛОВЫХ И СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ

Развитие направления базовых твердотельных элементов на основе полевых транзисторов с высокой подвижностью электронов (НЕМТ) для нового поколения СВЧ и силовых приборов предприятиями реального сектора экономики в России осложняется отсутствием годных гетероструктур (ГЭС) нитрида галлия и алюминия с двумерным электронным газом (2ДЭГ), обладающих высокой проводимостью канала, тонким барьером, высокими пробивными напряжениями и малыми токами утечки, что говорит о высоком уровне сложности существующих в данной области задач. К ним можно отнести несколько фундаментальных проблем, которые сдерживают дальнейшее продвижение нитрид галлиевой электроники, в частности, большая плотность структурных дефектов, возникающих при росте на инородных подложках (Al₂O₃, SiC, Si) и эффект коллапса тока, вызванный наличием на поверхности GaN-гетероструктур ловушек, связываемых с поверхностными состояниями и выступающих в роли виртуального затвора. Проект направлен на создание научно-

технического задела в области синтеза гетероэпитаксиальных структур с 2ДЭГ на основе соединений нитрида галлия-нитрида алюминия на кремнии для электронной компонентной базы силовой и СВЧ-электроники, а также на исследование структурных, электрофизических и оптических свойств ГЭС и характеристик формируемых на их основе транзисторов. Это позволит: создать устойчивую технологию роста методом аммиачной молекулярно-лучевой эпитаксии ГЭС нитридов III группы на подложках кремния с электрофизическими параметрами, не уступающими мировому уровню; установить физические основы процесса in situ пассивации поверхности ГЭС для подавления коллапса тока в нормально-открытых и нормально-закрытых СВЧ и силовых транзисторах; внедрить GaN ГЭС в производство передовой инновационной продукции отечественными предприятиями реального сектора экономики, специализирующимися на создании твердотельной ЭКБ и устройств СВЧ и силовой электроники на её основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ИМ. А.В. РЖАНОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123083100004-8

РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНО МОДУЛИРУЕМЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ

Формулировка проблемы заявляемого прикладного научного исследования вытекает из фундаментальной проблемы силовой электроники, которая связана с возникновением электрических потерь при преобразовании электрической энергии полупроводниковыми преобразователями, а также с ухудшением показателей качества преобразованной мощности. Ожидаемые результаты исследования: 1. Усовершенствованные алгоритмы широтно-импульсной модуляции высоковольтными силовыми полупроводниковыми преобразователями при низкой частоте переключений ключей, обеспечивающие адаптацию к резонансным явлениям в питающей сети за счет ослабления амплитуд высших гармоник тока или их полного удаления в области основного резонанса, благодаря чему достигается улучшение гармонического состава напряжения на общих секциях главной понизительной подстанции предприятия; 2. Метод расчёта предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей на основе метода роя частиц с возможностью получения нескольких последовательностей без необходимости перебора начальных углов переключений; 3. Метод расчёта

предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей преобразователя для создания обладающей четвертьволновой симметрией формы напряжения на входе преобразователя при подавлении отдельных гармонических составляющих; 4. Результаты экспериментальных исследований на лабораторном исследовательском стенде для проверки адекватности разработанных методов расчета предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых последовательностей переключений полупроводниковых модулей трёхфазного трёхуровневого преобразователя, демонстрирующие работоспособность и адекватность разработанного метода; 5. Рассчитанные предварительно запрограммированные широтно-импульсно модулируемые последовательности переключений полупроводниковых модулей для применения в высоковольтных трёхфазных трёхуровневых преобразователях большой мощности, позволяющие снизить электрические потери в пределах от 20% до 30% при сохранении требуемых показателей качества электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123050200031-5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БЛОКА СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ОБРАТИМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ РСУ

Работа посвящена формированию облика математической модели системы управления и блока силовой электроники для обратимой электрической машины распределённых силовых установок. Работа заключается в проведении исследований, направленных на создание и оптимизацию алгоритмов работы системы управления блоками силовой электроники

на основе современных тенденций в области управления электродвигателями, а также в разработке и создании отдельных блоков силовой электроники с целью повышения эффективности работы силовой установки в двигательном и рекуперативном режимах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123032200022-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Современные электротранспортные системы невозможно представить без применения силовых полупроводниковых преобразователей, которые выполняют различные функции и во многом определяют энергетическую эффективность всего транспортного комплекса. В рамках исследования будет уделено внимание энергетическим аспектам функционирования силовых

полупроводниковых преобразователей различного типа в составе электротранспортных комплексов. В этой части заслуживают внимания вопросы повышения эффективности систем тягового электроснабжения за счет перехода на энергоэффективные системы преобразования энергии. Также не теряет актуальности вопрос снижения реактивной мощности в питающих сетях переменного тока.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123122200030-2

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЪЕМНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ АКЦЕПТОРНОЙ ПРИМЕСЬЮ МИКРООБЛАСТЕЙ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ ТЕРМОМИГРАЦИИ ЖИДКИХ ЗОН

Цель научного исследования разработка физико-технических основ объемного легирования акцепторной примесью микрообластей кремниевых пластин методом термомиграции жидких зон. Задачи исследования: «Этап 1 (2023 год). Физико-математическое моделирование поля температурного градиента в кремниевой пластине при термомиграции системы жидких зон. Разработка прототипа нагревательного устройства для объемного легирования микрообластей кремния заданной геометрии». 1.1 Разработка с помощью программной платформы Ansys физической

модели и математическое моделирование температурного поля в кремниевых пластинах при термомиграции системы жидких зон на основе алюминия, а также выявление причин, приводящих к искажению заданного поля температурного градиента при обработке пластин диаметром 100 мм. Формулирование принципиальной концепции конструкции вакуумного теплового узла с нагревателем резистивного типа в форме меандра, способного устранить дефекты конфигурации температурного поля при одновременной термомиграции как минимум на двух

кремниевых пластинах. 1.2. На основании результатов, полученных в п.1.1, проведение разработки и изготовление нагревательного устройства термомиграции, способного создавать на кремниевых пластинах диаметром не менее 100 мм массив легированных алюминием микрообластей заданной геометрии. Проведение отладки нагревательного устройства, выявление его динамических и статических характеристик, сравнение полученных данных с расчетными. Проведение экспериментов, уточнение и корректировка численной модели температурного поля, использованной в п 1.1, и усовершенствование конструкции нагревательного устройства. 1.3. Проведение экспериментальных исследований термомиграции локальных прямолинейных жидких зон в пластинах кремния диаметром не менее 100 мм различной кристаллографической ориентации при различных температурах (от 1150 до 1500 К) и градиентах температуры (от 10 до 100 К/см). Выявление допустимых локальных искажений однородности поля градиента температуры в кремниевых пластинах. 1.4. Определение условий стабильной миграции системы жидких зон на основе алюминия кольцевой и сложной криволинейной форм. Установление допустимых отклонений величины и направления градиента температуры. Сопоставление результатов моделирования с экспериментами по термомиграции с использованием металлографического анализа и рентгеновской топографии полученных образцов. «Этап 2 (2024 год). Разработка физико-технологических основ термомиграции жидких зон для создания легированных микрообластей в виде массива сквозных каналов с заданной геометрией. Конструирование нагревательного устройства для одновременной обработки двух пластин диаметром не менее 150 мм. 2.1. Уточнение и корректировка физико-математической модели температурного поля в кремниевой пластине диаметром 150 мм при термомиграции в ней системы жидких зон на основе алюминия. Разработка конструкции нагревательного устройства и методики термомиграции системы жидких зон различной конфигурации на пластинах кремния диаметром не менее 150 мм. Экспериментальное выявление критических геометрических размеров жидких зон, необходимых для управляемого объемного легирования микрообластей в пластинах кремния. 2.2. Определение оптимальных условий синхронного движения системы жидких зон различной ширины в кремниевой пластине, а также выявление факторов, способных вызывать нарушения целостности жидких зон, и способов обеспечения траекторной стабильности процесса термомиграции. Проведение численного моделирования

эволюции жидких зон в кремнии. Исследование механических напряжений в формируемых структурах с использованием спектров комбинационного рассеяния. 2.3. Исследование закономерностей погружения и термомиграции дискретных линейных зон на основе алюминия с добавками галлия и олова. Проведение экспериментальных исследований, в которых будут уточнены методики формирования жидких зон сложного состава, определена способность эффективно регулировать концентрацию акцепторной примеси в микрообластях без изменения температуры термомиграции. 2.4. Исследование процесса выхода жидких зон на финишную поверхность пластины и разработка новых методик и алгоритма контролируемого завершения термомиграции. Проведение экспериментальных исследований и на их основе разработка методик обеспечения планарности финишной поверхности пластины кремния. «Этап 3 2025 год). Исследование структурных, электрофизических и оптических свойств формируемых массивов легированных микрообластей в виде сквозных каналов. Определение возможности использования полученных микрообластей для создания эффективных фотопреобразователей, силовых модулей на токи до 100 А и других приборов. Сопряжение и интеграция процесса термомиграции с полупроводниковыми технологиями создания электронных приборов на пластинах кремния диаметром не менее 150 мм». 3.1 Изучение кристаллического совершенства формируемых кремниевых структур с помощью металлографического анализа и рентгеновской дифрактометрии. 3.2. Исследование влияния технологических режимов термомиграции и состава жидких зон на электрофизические свойства формируемых структур с массивом сквозных каналов. Получение партии экспериментальных образцов, содержащих семейство микрообластей различной геометрической формы, и исследование их вольт-амперных, вольт-фарадных характеристик. 3.3. Получение тестовых структур силовых модулей на токи до 100 А и фотопреобразователей. Исследование параметров тестовых структур. Сопряжение и интеграция процесса термомиграции с другими полупроводниковыми технологическими операциями (ионная имплантация, диффузия, металлизация) создания структур фотопреобразователей и силовых модулей на токи до 100 А на пластинах кремния диаметром не менее 150 мм. 3.4. Определение перспектив использования структур с массивом легированных микрообластей и выявление новых возможностей применения усовершенствованного метода термомиграции.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 123021500029-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ МОДУЛЯХ НА ОСНОВЕ MOSFET- И IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ

Теоретические исследования тепловых процессов, происходящих в силовом модуле, включают в себя разработку и анализ тепловой модели модуля, использующие пакет физического моделирования COMSOL Multiphysics. Для экспериментальной проверки результатов моделирования тепловых процессов в силовом модуле будут произведены измерения распределения температурных полей по поверхности подложки с помощью тепловизионной камеры высокого разрешения. Повышение точности измерения членов матрицы путем нагрева кристаллов переменной

мощностью, изменяющейся по гармоническому закону. Периодический нагрев одного кристалла вызывает распространение по подложке модуля температурной волны. Измерение температурного отклика всех остальных кристаллов позволит определить перекрестные тепловые сопротивления. Измерения будут производиться с помощью аппаратно-программного комплекса, в котором реализован модуляционный метод измерения тепловых сопротивлений полупроводниковых приборов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ИМ. В.А.КОТЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123051500110-1

ПОВЫШАЮЩИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ НЕСИММЕТРИИ В ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ

Необходимость улучшения качества электрической энергии актуальна для всех сетей переменного тока, что требует создания соответствующих устройств силовой электроники на базе автономных инверторов напряжения или инверторов тока. В подобных преобразователях используются громоздкие, дорогие реактивные элементы, такие как электролитические конденсаторы или реакторы. Во многих современных автоматических регуляторах напряжения (AVR – Automatic Voltage Regulator) в качестве устройства преобразования до сих пор применяется автотрансформатор. В наиболее продвинутых инверторных устройствах нового поколения используется технология двойного, бестрансформаторного преобразования электроэнергии. В зависимости от типа напряжения питающей сети, на которую рассчитаны регуляторы переменного напряжения, существуют однофазные, трехфазные и устройства, имеющие конфигурацию 3:1 («три в один»). Первые применяются только для стабилизации питания однофазных электроприборов. Трехфазные регуляторы предназначены для работы в трехфазных сетях для питания оборудования, рассчитанного на 380 В, но при пофазном распределении нагрузки могут быть использованы и для питания однофазных электроприборов. В Российской Федерации начинает наблюдаться постепенное увеличение спроса на регуляторы переменного напряжения, что с одной стороны объясняется невысоким качеством сетевой электроэнергии, а с другой – постоянно растущими требованиями электрооборудования к характеристикам питающего напряжения. Анализ российского рынка регуляторов переменного напряжения показывает следующую картину. Объем рынка в 2020 году оценивается в 517 млн рублей (6,89 млн долларов США на 6 декабря 2021 года). Частные домовладения, а также предприятия подключены к трехфазной сети. В этом случае надо выбирать между приобретением одного стабилизатора на три фазы, или трех однофазных (каждый стабилизатор на одну фазу). Полезно знать, что, когда напряжение на одной из фаз

пропадает, то в существующих трехфазных стабилизаторах полностью отключаются другие две фазы, что нежелательно. Регуляторы переменного напряжения бывают сетевыми и магистральными. Сетевые рассчитаны на отдельные устройства и подключаются к обычной розетке. Магистральные регуляторы переменного напряжения используются для питания всех энергопотребляющих устройств в помещении, включая осветительные приборы. Они подключаются непосредственно к электромагистральной. Мощность этих приборов обычно превышает 4 кВт, в частных домовладениях, и 40 кВт на предприятиях. Значительный уровень мощности определяет строгие ограничения на вид регулятора переменного напряжения. Это обусловлено нагрузочными токами. Стабильная электроэнергия, качество которой отвечает действующим стандартам и нормам – обязательное условие для любого рентабельного производства. Это объясняется тем, что проблемы с электропитанием крайне негативно отражаются на промышленном оборудовании (вплоть до его выхода из строя) и являются косвенной причиной снижения количества и качества выпускаемой продукции. Целью проекта является разработка семейства новых энергоэффективных регуляторов переменного напряжения для целей стабилизации напряжения, компенсации несимметрии сети, кондиционирования качества электрической энергии. Будут предложены маловентильные регуляторы переменного напряжения с улучшенной электромагнитной совместимостью с питающей сетью. Кроме того, транзисторные регуляторы обладают еще способностью повышать выходное напряжение. В качестве базы будут использоваться наработки членов коллектива исследователей-исполнителей, в частности были разработаны и опубликованы первые версии метода синтеза топологии схем регуляторов переменного напряжения, имеются методики синтеза алгоритмов управления регуляторов переменного напряжения, разработаны математические модели регуляторов переменного напряжения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123070400030-4

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКАХ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ В ГРУППОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ

Частичные разряды (ЧР) возникают в местах пониженной электрической прочности изоляции высоковольтного электрооборудования при воздействии высокой напряженности электрического поля. ЧР могут вызывать местное разрушение диэлектрика, а при длительном существовании способны привести к пробою изоляционной конструкции. Изоляция электрооборудования проектируется так, чтобы при рабочем напряжении в ней не возникало начальных ЧР с малой интенсивностью, а при испытательном напряжении – критических ЧР с высокой интенсивностью, которые возникают перед пробоем. Проверка наличия ЧР и измерение их количественных характеристик информативны с точки зрения диагностики состояния изоляции как при контроле качества производства электрооборудования на заводе-изготовителе, так и в эксплуатации на объектах генерации, передачи и распределения электроэнергии. Источники ЧР в изоляции электрооборудования могут быть самыми разнообразными: от некачественно обработанных поверхностей электродов до пузырьков воздуха и металлических примесей в толще диэлектрика. В ряде случаев за ЧР в изоляции диагностируемого оборудования может быть ошибочно принят коронный разряд во внешней электрической цепи или микроразряды, возникающие из-за плохого электрического контакта. На сегодняшний день, как в

рамках заводских приемо-сдаточных испытаний, так и в рамках периодической диагностики и непрерывного мониторинга высоковольтного электрооборудования, общепринятой практикой является выявление уровня интенсивности ЧР – кажущегося заряда, а также напряжения появления начальных и критических ЧР. Эти мероприятия позволяют провести оценку состояния изоляции электрооборудования, но не позволяют определить тип, местоположение, степень развития и свойства дефектов, являющихся источниками ЧР. В зависимости от типа изоляции (твердая, бумажно-масляная, маслобурьерная) и в зависимости от типа дефекта ЧР по-разному проявляются в сигналах с измерительных элементов – датчиков ЧР, причем различия обнаруживаются на уровне анализа как отклика от отдельно взятого разряда, так и совокупности откликов от множества ЧР. Так, в технической брошюре, опубликованной по итогам деятельности рабочей группы Д1.29 СИГРЭ, приводится краткий перечень наиболее общих дефектов в изоляции силовых трансформаторов и их типичные проявления в амплитудно-фазовых диаграммах ЧР, но отсутствует анализ физических предпосылок предложенных паттернов, без чего невозможен анализ свойств сложных дефектов изоляционных конструкций. Настоящая работа посвящена экспериментальным исследованиям закономерностей проявления дефектов

различных типов в групповых статистических характеристиках ЧР и физическому обоснованию этих закономерностей, в частности, с помощью численного моделирования дефектов изоляции и формирования разрядов в них. Результаты работы позволяют сформулировать физически обоснованную методику определения типа и местоположения дефектов в изоляции высоковольтного электрооборудования на основе паттернов групповых статистических характеристик ЧР. Практическое применение результатов работы откроет возможность

выявлять тип, местоположение и стадию развития дефекта в изоляции по результатам испытаний электрооборудования на ЧР, что позволит заводам-изготовителям определять направления совершенствования технологических процессов производства, а сетевым компаниям – осуществлять оценку остаточного ресурса изоляции электрооборудования и своевременно выводить из эксплуатации объекты, находящиеся в предаварийном состоянии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123052200101-9

ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИКРО- И НАНОСТРУКТУРАХ В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Проект направлен на проведение комплексных экспериментальных и теоретических исследований процессов взаимодействия излучения терагерцового (ТГц) и инфракрасного (ИК) диапазонов с полупроводниковыми структурами в сильных электрических полях. Будут изучены физические процессы и оптические явления, связанные с неравновесными электронами в полупроводниках и наноструктурах. Актуальность предлагаемых исследований связана с тем, что работа современных полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, лазеров, светодиодов) часто происходит в сильно неравновесных условиях, связанных с разогревом носителей заряда в электрическом поле. Это определяет интерес к изучению оптических явлений в сильных электрических полях. Наряду с важностью эффектов горячих электронов для приборных применений, исследования сильно неравновесных систем интересны с точки зрения фундаментальной физики. Одной из таких актуальных задач в этой области является исследование излучательной рекомбинации в сильных электрических полях и, как следствие, возникающей анизотропии поляризации люминесценции в узкозонных полупроводниковых материалах. Как известно, узкозонные полупроводниковые материалы могут быть использованы при разработке детекторов и источников излучения на средней ИК диапазон спектра. Исследование фотолюминесценции (ФЛ) и изменения спектров и поляризационной зависимости ФЛ в сильных электрических полях в наноструктурах с квантовыми ямами (КЯ) также являются важными задачами, так как анализ спектров ФЛ позволяет определить ряд параметров квантовых ям: энергетический спектр носителей заряда, вклад разного типа межзонных оптических переходов в интенсивность и поляризацию ФЛ, установить механизм рассеяния энергии горячими электронами, определить константу взаимодействия электронов с оптическими фононами, время жизни неравновесных оптических фононов и другие параметры. Некоторые из полученных данных могут быть полезны при разработке лазеров, модуляторов и светодиодов на КЯ. Наряду с узкозонными

полупроводниковыми материалами в проекте предлагается изучение поглощения ТГц и ИК излучения эпитаксиальными слоями нитрида галлия в сильном электрическом поле. Актуальность исследования оптических свойств микроструктур на базе нитрида галлия определяется тем, что этот полупроводник в настоящее время является одним из самых широко используемых материалов для создания полупроводниковых приборов силовой электроники и его всестороннее исследование является актуальной задачей. Определение коэффициента поглощения света свободными электронами в сильных греющих электрических полях может быть полезным при разработке оптоэлектронных приборов, так как поглощение света свободными носителями заряда, в частности, определяет оптические потери в них. Исследование поглощения света в сильных полях позволит оценить такие параметры как время жизни длинноволновых оптических фононов, константу взаимодействия оптических колебаний с электронами, скорость рассеяния энергии электронами и другие параметры. Кроме того, поглощение поляризованного света электронами в сильных электрических полях – новое, пока не изученное явление физики полупроводников. В проекте также предлагается изучить влияние латерального электрического поля на процессы генерации излучения терагерцового диапазона частот в легированных наноструктурах с квантовыми ямами GaAs/AlGaAs при межзонной оптической накачке. Интерес к этим исследованиям связан с общей проблемой разработки физических основ твердотельных источников терагерцового излучения, широкое применение которого сдерживается отсутствием доступных источников этого спектрального диапазона. Научная новизна предлагаемых исследований заключается в изучении оптических явлений – поглощения, фотолюминесценции, эмиссии ТГц излучения – в условиях разогрева и дрейфа носителей заряда в латеральном электрическом поле. В структурах, которые предполагается изучать в настоящем проекте, такие исследования ранее не проводились.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123022200044-2

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

1. Результаты патентных исследований в области сетевых технологий ЭНЕРНЕТ, силовой электроники. 2. Методики применения накопителей энергии и прецизионных источников в различных энергосистемах. 3. Математические модели: работы накопителя электрической энергии в составе электрической сети, методов расчета его параметров; интеллектуальное управление энергетическими потоками в электрических сетях различной топологии. 4. Алгоритм интеллектуального управления накопительным комплексом в распределительной электрической сети промышленных предприятий и предприятий электротранспорта. 5.

Кибербезопасность и модель нарушителя в сетях ЭНЕРНЕТ. 6. Практическая ценность данной работы заключается в том, что впервые предлагается использовать основные принципы ИНТЕРНЕТ для построения энергетических сетей нового поколения ЭНЕРНЕТ с целью повышения технико-экономических характеристик, надежности и энергосбережения, а также перехода на альтернативные источники энергии. Впервые рассматриваются вопросы кибербезопасности. Практическая значимость данной работы заключается в разработке базовой компоновки сверхпроводящего электромеханического накопительного

комплекса (СПНК), содержащего СПЭН-1, систему интеллектуального управления и контроля параметров (СИУИКП) СПНК, требований к параметрам и характеристикам, узлов и элементов. Результаты данной работы предполагается

использовать на этапе НИОКР при разработке опытного образца СПНК для конкретного потребителя. Результаты разработки прецизионного источника энергии будут использованы в проекте СКИФ и учебных целях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

№ 123071800023-9

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА КИПЕНИЯ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА НА МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПРИ СВЕРХВЫСОКОМ ТЕПЛОМ ПОТОКЕ

В современной технике необходимы простые и надежные решения, обеспечивающие стационарный отвод тепла и термостабилизацию рабочих элементов при плотностях теплового потока в несколько раз превышающих критическую плотность теплового потока (КТП) при кипении в большом объеме. Обеспечить термостабилизацию при необходимом уровне плотности теплового потока возможно с использованием фазовых переходов охлаждающей жидкости и дополнительной интенсификации теплообмена. Проект направлен на решение задачи получения необходимой эффективности теплообмена при использовании фазовых переходов для достижения высоких значений плотности

теплового потока при термостабилизации и теплосъема объектов силовой электроники и термоядерных установок и реакторов. Будут разработаны методы создания на поверхностях теплообмена микроструктуры с помощью механической, лазерной, пучковой и плазменной обработки материалов подложки, выполнено изучение структуры поверхности образцов; Экспериментально обоснована возможность отведения на полученных микроструктурированных поверхностях тепловых потоков не ниже 10 МВт/м², термостабилизация поверхностей на заданном уровне температур при данных тепловых потоках при охлаждении диспергированным потоком воды.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123072100027-1

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Распределительные электрические сети 6-10 кВ в России являются наиболее протяженными и наиболее повреждаемыми частями электроэнергетической системы (ЭЭС). Линии электропередачи (ЛЭП) 6-10 кВ имеют протяженность более 1 млн км. Повреждения в элементах распределительных сетей являются наиболее частой причиной нарушения электроснабжения потребителей. Показатели надежности и экономичности в данной классе сетей в разы ниже, чем в промышленно развитых странах. Например, длительность отключения подачи электроэнергии составляет от 70 до 100 часов в год, что превышает аналогичный показатель в западных странах практически в 2 раза, а количество повреждений на 100 км воздушных линий электропередач составляет 26 в год. Большая часть случаев электротравматизма и гибели людей происходит при напряжении 6-10 кВ. Основными причинами высокой аварийности в распределительных сетях являются: – износ первичного оборудования, включая ЛЭП, силовые трансформаторы и коммутационное оборудование; – низкая степень автоматизации, большое время ликвидации аварий и их последствий; – низкая наблюдаемость сети и отсутствие достоверной информации о режиме работы и состоянии оборудования; – низкая квалификация обслуживающего персонала; – сложные погодные условия. Район электрических сетей (РЭС) выполняет функции по эксплуатации, капитальному и текущему ремонту распределительных электрических сетей 6-10 кВ. Текущее состояние распределительных сетей не позволяет перейти к активно-адаптивной сети (Smart Grid) и цифровизации РЭС. Повышение надежности распределительных сетей 6(10) кВ и создание технологий для реализации активно-адаптивной сети в данном классе напряжений является одной из ключевых задач в электроэнергетике. Решение указанных проблем возможно за счет широкого внедрения цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения (ЦТТН) 6(10) кВ. Благодаря малым габаритам, установка ЦТТН

возможна не только на понизительных подстанциях (ПС) и распределительных пунктах (РП), но и непосредственно на опорах ЛЭП. Применение ЦТТН на объектах РЭС позволяет: – увеличить наблюдаемость сети; – применить цифровые автоматические системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ); – применить цифровые устройства релейной защиты и автоматики (РЗА); – уменьшить потери электроэнергии и повысить энергоэффективность передачи электроэнергии за счет снижения коммерческих потерь в сети. ЦТТН является уникальной инновационной разработкой Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ) и ООО НПО «Цифровые измерительные трансформаторы». Опытная эксплуатация ЦТТН показала их высокую надежность и соответствие заявленному классу точности 0,1s. Однако некоторые области применения ЦТТН и отработка технологий автоматизации на их основе требует дополнительных исследований, а именно: 1. Исследование работы ЦТТН в условиях дугowych перемежающихся однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). 2. Исследование работы ЦТТН совместно с цифровыми устройствами РЗА. 3. Реализация функций РЗА непосредственно в цифровом блоке ЦТТН 6(10) кВ. 4. Оценка экономического эффекта от внедрения технологий на основе ЦТТН 6(10) кВ. Решение указанных проблем возможно за счет широкого внедрения цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения (ЦТТН) 6(10) кВ. Благодаря малым габаритам, установка ЦТТН возможна не только на понизительных подстанциях (ПС) и распределительных пунктах (РП), но и непосредственно на опорах ЛЭП. Применение ЦТТН на объектах РЭС позволяет: – увеличить наблюдаемость сети; – применить цифровые автоматические системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ); – применить цифровые устройства релейной защиты и автоматики (РЗА); – уменьшить потери электроэнергии и повысить энергоэффективность передачи электроэнергии за счет снижения коммерческих потерь в сети.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И. ЛЕНИНА»

№ 123030900047-1

РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

Цель проекта – разработка комплекса неразрушающих методов диагностики и создание прототипа устройства по определению остаточного ресурса силовых трансформаторов 10-750 кВ и высоковольтных кабельных линий 6-35 кВ. Задача – решение проблемы большого количества внезапных отказов электроустановок, которые приводят к снижению качества электроснабжения, а также к повышению себестоимости путем разработки современных методов и создание устройства, определяющего остаточный ресурс определенных

частей электроснабжающего комплекса. Значительная часть основного трансформаторного оборудования и кабелей уже выработало свой ресурс времени, регламентированный нормативными документами. Контроль остаточного ресурса, также необходим для обоснования выбора очередности замены этого оборудования. Проект станет актуальным в отрасли электроэнергетики для энергосетевых и сервисных компаний РФ. По результатам работы будет подана заявка на полезную модель.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ДСК ЭНЕРГОРЕСУРС»

4.2 ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ, В ТОМ ЧИСЛЕ С МИНИМАЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

2021

№ 121122200105-9

РАЗРАБОТКА УТИЛИЗАЦИОННОЙ ПАРОСИЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ РАБОЧЕМ ТЕЛЕ

Научно-исследовательская работа выполняется в целях реализации программы развития Самарского университета на 2021-2030 годы в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». Выхлопные газы, выходящие из двигателей и энергетических установок, как правило все еще обладают достаточно большим температурным потенциалом, который теряется при выбросе газов в атмосферу. Таким образом снижается эффективность использования энергии топлива или другого источника тепла. Реализовать этот температурный потенциал возможно за счет создания специального низкотемпературного термодинамического цикла, в котором тепло будет подводиться в котле-утилизаторе – специальном теплообменнике, в котором тепло выхлопных газов передается в цикл. Как показывает пример парогазовым энергетических установок, использование котлов-утилизаторов и низкотемпературного паросилового цикла позволяет повысить эффективность использования теплоты сгорания топлива с 40% до 60%. Наиболее эффективным для реализации низкотемпературного потенциала выхлопных газов является паросиловый цикл Ренкина, в котором за счет использования теплоты фазового перехода, возможно поддерживать постоянные температуры подвода и отвода теплоты, за счет чего получая высокую эффективность преобразования энергии. Однако использование цикла Ренкина накладывает и свои ограничения. В частности, наличие фазового перехода приводит к необходимости подбора рабочего тела, которое может осуществлять фазовый переход при данных термодинамических параметрах.

Традиционно используемое рабочее тело на тепловых электростанциях – водяной пар имеет ряд своих недостатков, в частности низкая плотность при температуре конденсации близкой к температуре окружающей среды, что приводит к большим размерам теплообменника-конденсатора. Другие часто используемые рабочие тела – аммиак, углекислый газ и т.д. также обладают рядом недостатков, например, низкая критическая температура аммиака и высокое давление конденсации углекислого газа, что приводит к ограниченности их применения в утилизационных циклах. В данной работе предлагается использовать в качестве рабочего тела цикла Ренкина органические вещества. Большое разнообразие химического состава органических веществ, позволяет подбирать оптимальное рабочее тело практически к любым исходным параметрам, что позволит получить более высокую эффективность использования низкопотенциального тепла, а также сделать утилизационную установку компактной и мобильной. Создание компактной эффективной утилизационной установки по преобразованию низкопотенциальной тепловой энергии позволит уменьшить выбросы вредных веществ за счет более полного использования теплоты сгорания органического топлива, а также использовать тепло возобновляемых источников энергии для получения полезной работы. Использование отечественных комплектующих позволит значительно уменьшить стоимость готовой установки и повысить её конкурентоспособность на рынке преобразователей вторичной энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 121110900076-2

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Целью работы является повышение уровня контроля за температурным состоянием металла пароперегревателей в переходных режимах котлоагрегатов типа ТП-82 Омской ТЭЦ-3. Объектом исследования является поверхность

настенного пароперегревателя котлоагрегата. Актуальность данной работы обусловлена обеспечением надежности работы котельных агрегатов и сокращением количества их внеплановых остановок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122091900092-3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА С НАКАТЫВАНИЕМ ТОПЛИВА НА ГРАНУЛЫ ШИХТЫ

Эффективность использования твердого топлива при агломерации, определяемая полнотой его сгорания, зависит от реакционной способности, технического и фракционного состава топлива, а также его распределения в спекаемом слое, как по высоте, так и в структуре зерен окомкованной шихты. Поэтому агломерационное производство развивается как по пути совершенствования технологии подготовки твердого топлива к спеканию с целью оптимизации его фракционного состава, так и по пути рационального распределения частиц топлива по гранулам окомкованной шихты. Последнее направление является более перспективным с точки зрения максимально полного использования имеющихся источников коксовой мелочи, образующийся

в процессе производства и подготовки кокса к доменной плавке. В связи с этим, целью настоящей работы является исследование влияния накатывания кокса на гранулы окомкованной шихты на показатели процесса спекания и качество агломерата в шихтовых условиях ПАО «НЛМК». Для решения поставленной задачи в работе планируется проведение комплекса лабораторных экспериментов, предусматривающий проведение нескольких серий опытов с различными условиями подачи твердого топлива в аглошихту. Результаты исследования будут использованы для повышения эффективности агломерационного производства ПАО «НЛМК».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 122102000060-4

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ПЕРСПЕКТИВНОМ ВИХРЕВОМ ТОПОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Исзуемая научная проблема сохраняет свою актуальность в рамках продления проекта 2022, направленного на получение новых научных знаний в области горения органического топлива применительно к созданию новых энергоэффективных вихревых технологий совместного сжигания углеродосодержащих техногенных отходов и некондиционного жидкого топлива для экологически безопасного производства энергии. Уголь является одним из самых распространенных и дешевых ископаемых топлив. В современном мировом производстве электроэнергии доля угля составляет около 40%, а ежегодное потребление превышает 3,7 млрд тонн н.э. Однако уголь является и одним из самых «грязных» топлив, сжигание которого сопровождается высокими выбросами CO_x, NO_x, SO_x, образованием большого количества золошлаковых отходов, летучей золы с высоким содержанием тяжелых металлов и токсичной воды, загрязненной радионуклидами. Тем не менее, согласно прогнозам Мирового Энергетического Агентства (IEA) и другим источникам даже с учетом ужесточения климатической и экологической политики, роста потребления природного газа и развития возобновляемой энергетики, спрос на уголь в перспективе до 2040 года будет сохраняться стабильным. Таким образом, вредное экологическое воздействие угольной энергетики может быть уменьшено только путем улучшения технологий его использования. На этом фоне импульс

развития получили безуглеродные технологии, призванные минимизировать вредное воздействие от использования угля. Вторым по величине источником энергопотребления по прогнозам до 2040 года остается нефть. При этом ежегодное накопление нефтяных шламов во всем мире составляет 160 млн тонн., а ежегодное мировое накопление только одного отработанного смазочного масла превышает 20 млн тонн, что подчеркивает масштабы экологической угрозы. При правильном использовании таких источников энергии они также могут быть альтернативой качественным видам топлива, при одновременном решении экологической проблемы. Решение задач правильного обращения с отходами требует создания новых технологий и оборудования, основанных на глубоком научном понимании закономерностей физико-химических процессов, определяющих характеристики сжигания в зависимости от динамических и тепловых условий, реализуемых в конкретных горелочных устройствах. Применение вихревых технологий при сжигании низкорекреационного топлива позволяет интенсифицировать процессы, увеличить время пребывания частиц топлива в камере сгорания, повысить степень выгорания углерода топлива. Таким образом, изучение процессов переноса в вихревых реагирующих потоках при горении органического топлива является актуальной научной проблемой.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123012700004-2

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОДАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА

Проект направлен на теоретическое исследование теплофизических процессов при организации сжигания полифракционного угольного топлива в камерах сгорания энергетических котельных агрегатов с учетом наличия сопел третичного дутья. Актуальность указанной задачи определяется современным развитием науки и техники, которое направлено на повышение энергоэффективности и экологических параметров энергогенерирующих установок. В настоящее время большое значение уделяется вопросам снижения концентраций NO_x и SO_x, а также CO и CO₂ в продуктах сгорания, выбрасываемых в окружающую среду от тепловых электрических станций при сжигании органических топлив. Поскольку большинство действующих отечественных ТЭС на твердом топливе не соответствуют современным

экологическим требованиям по массовым концентрациям NO_x в дымовых газах, то целесообразна их реконструкция с организацией ступенчатого сжигания пылеугольного топлива. Разработка оптимальных компоновочных схем размещения основных горелочных устройств, сопел третичного дутья и условий, обеспечивающих снижение концентрации NO_x и при этом эффективное выгорание пылеугольного топлива, является весьма актуальной задачей и имеет существенное практическое значение. Решение поставленной задачи в перспективе позволит перейти к повышению экологических параметров пылеугольных котельных агрегатов с наименьшими инвестиционными затратами. Помимо практической значимости, данное исследование обладает высокой научной составляющей,

поскольку в основе поставленной задачи лежат фундаментальные закономерности развития и протекания гомогенных и гетерогенных реакций в процессах горения твердого топлива с учетом тепломассообмена и переноса многофазного турбулентного потока. До настоящего времени не отражено прогностическое моделирование с учетом пространственного характера аэродинамики, воспламенения и выгорания пылеугольного факела, теплообмена, а также прогнозирования условия выбросов вредных веществ с учётом наличия сопел третичного дутья. Новизна проекта заключается в решении комплексной задачи исследования закономерностей, определяющих характеристики снижения генерации оксидов азота и достижения эффективности

выгорания твердого топлива, с целью обоснования оптимальных соотношений избытков и долей воздуха, стадийности сжигания топлива, а также в разработке научно обоснованных схем энергоэффективного сжигания углей с минимизацией выбросов оксидов азота и надежной работы топочной камеры энергетического котла. Целью работы является разработка методологии прогностического моделирования лучистого и конвективного теплообмена, гомогенных и гетерогенных реакций воспламенения газовых компонентов топлива и догорания коксового остатка, аэродинамической структуры и эмиссии оксидов азота в объеме камер сгорания с учетом организации схем сжигания с наличием сопел третичного дутья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123082300007-0

ПЕЛЛЕТИРОВАННЫЕ И БРИКЕТИРОВАННЫЕ ТОПЛИВА ИЗ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Несмотря на стремительное развитие альтернативных источников энергии, сжигание ископаемых топлив по-прежнему остается наиболее распространенным способом получения энергии. На сегодняшний день более 80% генерируемой энергии обеспечивается природным газом, углем и нефтепродуктами. При этом доля угля и других твердых топлив в частных домохозяйствах и малых котельных еще выше. Чаще всего на этих объектах используются твердотопливные котельные агрегаты, работающие на угле или топливных брикетах/пеллетах, изготовленных из отходов деревообрабатывающей промышленности. При этом зачастую возникает проблема, связанная с относительно малой эффективностью используемых котлов, а также отсутствием мер по борьбе с загрязнением окружающей среды. Последствиями этого является высокий уровень выбросов опасных продуктов сгорания топлива. Другой проблемой использования твердых топлив является их транспортировка и хранение. В случае с угловыми топливами ключевой проблемой является пыление, приводящее к загрязнению окружающей среды и повышению пожарной опасности. Топливные пеллеты и брикеты склонны к потере прочности и высокому влагопоглощению, что осложняет их транспортировку и хранение. Ряд исследований, проведенных с различными по составу топливными пеллетами и брикетами, показывает, что для их создания можно использовать широкий перечень промышленных отходов. Исследования подтверждают, что замещение традиционных топлив композиционными пеллетами и брикетами позволяет добиться более высоких энергетических и экологических показателей, а при

использовании различных групп отходов – еще и снизить стоимость топлива для конечного потребителя. В связи с этим целесообразным является исследование, направленное на создание высокоэффективного с точки зрения энергетических, экологических и эксплуатационных характеристик твердого топлива, предназначенного для использования в локальных котельных установках и частных домохозяйствах. Внедрение результатов исследования позволит расширить топливную базу для объектов энергетики, утилизировать накопившиеся объемы отходов, а также снизить выбросы опасных продуктов сгорания. В качестве топливных компонентов планируется использовать отходы углеобогащательной, нефтехимической, деревообрабатывающей, сельскохозяйственной и других отраслей. Для оценки эффективности исследуемых топлив будет использован многофакторный анализ, учитывающий энергетические, экологические, эксплуатационные и экономические показатели. Для определения компонентного состава топлива под определенные задачи будет создано программное обеспечение, учитывающее энергетические, экологические, эксплуатационные и экономические показатели большого числа перспективных компонентов и позволяющее подобрать индивидуальный состав топлива под нужды каждого конечного потребителя. Наличие промышленного партнера (ООО «Томские пеллеты»), заинтересованного в проведении данного исследования и готового осуществлять поддержку путем изготовления опытных образцов топлива и предоставления площадки для экспериментальных исследований на реальном котлоагрегате, также способствует успешному выполнению данного проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123121200079-4

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО И НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ СОСТАВА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Актуальная современная задача по вовлечению в топливно-энергетический баланс топлив с высокой теплотой сгорания и низкими выбросами вредных веществ решается многими научными коллективами со всего мира. Как один из способов вовлечения в топливно-энергетический баланс перспективных топлив является сжигание топливных смесей на основе биомассы в разных пропорциях. Проект направлен на решение актуальной на международном уровне фундаментальной задачи теории горения, связанной со взаимодействием разных видов топлив в условиях изотермического и неизотермического нагрева отличных друг от друга как по химическому, теплотехническому и элементному составу учитывая содержание продуктов их сгорания и состав золошлаковых отходов. Основной отличительной проблемой горения топливных смесей от

проектных топлив заключается в различных временных задержках при зажигании, разных температурных областях горения, разном количестве энергии необходимым для начала химической реакции, разном количественном содержании вредных газов, разных формах и габаритах топливных частиц при одинаковой дисперсности, разной удельной поверхностью частиц, разной максимальной скоростью реакции в процессе горения, разным теплотехническим составом и т.д. Исследование взаимодействия компонентов входящих в топливные смеси на основе биомассы при горении могут дать обширные данные о физико-химической природе этого сложного процесса. Научная новизна исследования, заявленного в Проекте, заключается в том, что впервые будут разработаны основные элементы (экспериментальные методики, получены новые аналитические данные,

физические и математические модели, алгоритмы решения краевых задач, теоретические следствия) теории горения твердотопливных смесей на основе биомассы с учетом взаимодействия компонентов друг с другом. Практическая значимость решения сформулированной научной проблемы обусловлена проблемой экологически чистого и ресурсосберегающего использования твердых топлив в топливно-энергетическом балансе страны. Одним из приоритетных направлений успешной реализации таких программ является разработка новых топливных составов, на основе биомассы, превосходящих по энергетическим и экологическим характеристикам твердые ископаемые топлива. Горение в условиях изотермического нагрева моделируют работу реальных топков котлов, горение при неизотермическом нагреве позволяют устанавливать основные характеристики горения топлив (температуры,

скорость горения, экзотермические и эндотермические эффекты). Результаты запланированных фундаментальных экспериментальных и теоретических исследований позволят разработать основные элементы (экспериментальные методики, физические и математические модели, алгоритмы решения краевых задач, теоретические следствия в виде зависимостей основных параметров, аппроксимационных выражений) теории горения твердотопливных смесей, учитывая взаимодействие компонентов друг с другом. Полученные результаты будут являться основой для проведения опытно-конструкторских работ при создании новых технологий, расширяющих топливную базу и технические возможности за счет применения новых топливных составов и установок, работающих на твердом топливе, а также для CFD-моделирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

4.3 ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

2021

№ 121101800102-7

КИПЕНИЕ В МИНИКАНАЛАХ ПРИ ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Проект направлен на решение важной научно-технической задачи, связанной с разработкой высокоэффективных генераторов тепловой и электрической энергии с использованием энергии солнца. Неотъемлемой частью таких генераторов являются системы охлаждения, наиболее эффективные из которых, по мнению авторов проекта, должны быть основаны на использовании мини- и микроканальных теплообменников. Будут получены новые экспериментальные данные для течения двухфазного потока в миниканалах высотой 0,5, 1 и 2 мм в изотермических условиях. В результате использования новых методов регистрации двухфазного потока будут определены точные границы между режимами. Будут построены карты режимов, позволяющие определять особенности течения двухфазного потока в каналах солнечных коллекторов. При помощи высокоскоростной визуализации будут получены новые данные по гидродинамике и теплообмену при кипении воды и легкокипящей диэлектрической жидкости в миниканалах при интенсивном нагреве (до 1 кВт/см² и более) в широком диапазоне основных определяющих параметров. В рамках теоретической части проекта будет разработана комплексная методика для численного моделирования процессов теплообмена и кипения жидкостей в плоских миниканалах. Будет проведено ее тестирование и сопоставление полученных расчетных результатов с экспериментальными

данными. Бразильскими партнёрами будут получены новые данные по гидродинамике и теплообмену двухфазного потока при кипении жидкости R1336mzz(Z) в микроканальном теплообменнике с расширяющимися вдоль течения микроканалами с шероховатой поверхностью в широком диапазоне изменения основных параметров эксперимента. Ожидается, что выполнение проекта приведет к новым знаниям, лучшему пониманию изучаемых процессов и систем, созданию новых математических моделей, к публикациям в ведущих международных журналах (в рамках проекта запланировано опубликовать 3 статьи) и получению интеллектуальной собственности (в рамках проекта запланирована подача 1 заявки на патент). Выполнение систематических экспериментальных и численных исследований кипения в мини- и микроканалах при высоких и сверхвысоких тепловых потоках должны обеспечить фундаментальный задел для разработки систем управления температурным режимом высокоэффективных каскадных фотопреобразователей в концентраторных солнечных батареях. В результате выполнения проекта, опыт бразильских партнеров в прикладных исследованиях применительно к солнечной энергетике будет передан российской команде, что может привести к коммерциализации результатов и идей, созданных в рамках проекта, на территории Российской Федерации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121051300032-0

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАДИАЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ, ЛЮМИНОФОРОВ И ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Основной целью проекта является поиск новых высокоэффективных материалов для создания детекторов ионизирующего излучения, люминофоров в синей и ультрафиолетовой области спектра, апконверсионных преобразователей инфракрасного излучения в видимое, радиопрозрачной термостойкой кварцевой керамики для высокоскоростных летательных аппаратов, оптически однородного и легированного кварцевого стекла для силовой оптики, кремния для солнечной энергетики.

Для достижения цели проекта будут решаться следующие основные задачи: 1. разработка нового высокоэффективного материала для регистрации ионизирующих излучений на основе дигалоидов щелочноземельных металлов, галоидов

щелочных и щелочноземельных металлов со смешанным составом, стекол, активированных редкоземельными элементами; 2. поиск новых сред для эффективных люминофоров в синей и ультрафиолетовой областях спектра и апконверсионных люминофоров; 3. поиск и геолого-геохимические исследования новых нетрадиционных источников природного особо-чистого кварцевого сырья; 4. разработка технологий получения особо-чистых кварцевых концентраторов для их промышленного применения и получения термостойкой радиопрозрачной керамики для высокоскоростных летательных аппаратов и оптического кварцевого стекла; 5. поиск и разработка на основе минерального кварцевого сырья методов получения

оптически однородного кварцевого стекла для силовой оптики; 6. разработка нетрадиционных методов получения

кремния с целью создания высокоэффективных солнечных элементов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ АААА-А21-121011390042-8

МЕХАНИЗМЫ ФОТОХИМИЧЕСКИХ И ФОТОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ В КОНДЕНСИРОВАННОЙ И ГАЗОВОЙ СРЕДАХ

Основное направление проекта – определение количественных и качественных характеристик механизмов фотофизических и фотохимических и дальнейших термических процессов, синтез новых органических молекул. В рамках проекта планируются исследование и оценка роли фотоиндуцированных супрамолекулярных процессов в фотохимии атмосферы, в фотобиологических процессах, а также в процессах, перспективных для использования в солнечной

энергетике. Изучение фотохимии новых координационных соединений, фотофизики люминесцирующих молекулярных систем, фотохимии комплексов платиновых металлов, перспективных для применения в фотохимиотерапии (ФХТ), изучение новых фотохромных систем, а также исследование фотохимических процессов в природной воде, когерентных оптических эффектов, констант скорости элементарных реакций гидроксильного радикала в газовой фазе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ И ГОРЕНИЯ ИМ. В.В. ВОЕВОДСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121121300157-0

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ КВАРЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ДРОБЛЕНИЯ

Проект направлен на решение комплексной проблемы получения особо чистых кварцевых концентратов. В рамках проекта решаются научно-технические задачи электроимпульсной технологии измельчения предварительно подготовленного кускового кварца с высокой химической чистотой (содержание примесей порядка 10–100 ppm) до фракций 10–500 мкм с минимальным привносом аппаратных загрязнений, допускающих их легкое удаление при травлении кислотами или очистке химическими методами. При решении задач проекта будут использоваться методы минералогии, материаловедения и электрофизики. Актуальность данных исследований обусловлена требованиями современных технологий к использованию особо чистых кварцевых концентратов в оборонной промышленности, металлургии, электронике и других областях для получения новых материалов и изготовления радиопрозрачных обтекателей летательных аппаратов, крупногабаритной оптики мощных лазерных установок и ламп накачки, кварцевых тиглей для выращивания монокремния и мультикремния для «солнечной» энергетики, кварцевых диффузионных труб и оснастки в производстве микроэлектроники, керамических наноматериалов, высокотемпературной кварцевой керамики, кварцевого стекла, в том числе специального назначения, и др. Традиционно для получения кварцевых концентратов высокой чистоты используются горный хрусталь и жильные разновидности кварца. Из-за возрастающей потребности в высококачественном сырье и истощения традиционных кварцевых месторождений возникает острая потребность в поиске и оценке нетрадиционных источников особо чистого кварца. Примерами таких источников являются кварциты Восточного Саяна (месторождение Бурал-Сардык, проявления Урдагарганское, Окинское и др.) и Антоновской группы месторождений Западной Сибири. Кварциты этих месторождений обладают высокой степенью однородности и высокой степенью чистоты (98.10...99.99% SiO₂), что обусловлено уникальными условиями их образования. В настоящее время разрабатываются эффективные схемы переработки этого уникального кварцевого сырья, позволяющие получать кварцевые концентраты высокой чистоты с содержанием примесей на уровне порядка 10 ppm. Иное кварцевое сырье (например, кварцевые пески, несмотря на огромные мировые запасы) даже не рассматривается для получения высокочистого концентрата, так как требует значительных затрат на их очистку от структурных примесей в расплаве. Следует также учитывать, что современные требования к кварцевому стеклу настолько повысились, что для его получения перспективнее

использовать даже искусственно выращенные кристаллы кварца, например, ООО «ТехноКварц» (г. Гусь-Хрустальный). Одной из ключевых проблем разрабатываемых схем получения микроразмерного концентрата является предотвращение или минимизация влияния процессов измельчения кварца и кварцитов на химическую чистоту исходного материала. В общераспространенных механических методах измельчения производится при значительном давлении породоразрушающим инструментом на минеральное сырье. Неизбежным недостатком такого воздействия является малая стойкость и высокий абразивный износ породоразрушающих инструментов и значительный привнос различных механических примесей, что обуславливает актуальность разработки альтернативных методов дробления кварцевого сырья. Обоснованные предпосылки к минимизации загрязнения измельчаемого продукта имеет электроимпульсный способ разрушения, в котором движущиеся рабочие узлы отсутствуют и рабочим инструментом является канал разряда с высокой концентрацией энергии порядка 100 кДж/см³. Помимо этого, при таком способе дробления характер воздействия на твердое тело легко управляем и способен обеспечить узкое распределение по размеру получаемых фракций кварцевого материала. Применительно к задаче получения высокочистых тонкодисперсных кварцевых материалов на первый план выходят вопросы внесения аппаратных загрязнений, вещественного и элементного состава примесей, характера загрязнений, структуры и размера микрочастиц и др. Систематические исследования свойств микроразмерного кварцевого концентрата, получаемого электроимпульсным способом дробления прочной породы высокочистых природных кварцитов не выполнялись, а потому обладают научной новизной и представляют большой практический интерес. Научная новизна исследований проекта заключается также в выявлении закономерностей и степени влияния параметров электрического разряда на загрязнение исходного сырья. Результаты исследований позволят выработать технические рекомендации к установке для электроимпульсного дробления и разработать основы технологии электроимпульсного измельчения кускового кварца с минимальным внесением аппаратных загрязнений при получении микроразмерного (10...500 мкм) высокочистого кварцевого концентрата. Получение высокочистого микроразмерного кварцевого концентрата методом электроимпульсного дробления позволит осуществить импортозамещение дорогостоящего высокочистого кварцевого сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121052600139-0

КОМПОЗИЦИОННЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НАНОДИАГНОСТИКИ

Проблема создания композитных нано-размерных углеродных структур с низкой работой выхода представляет сегодня значительный интерес с точки зрения многочисленных приложений. Известно, что внедрение на поверхность таких углеродных структур атомов водорода или щелочных металлов может заметно снизить работу выхода с поверхности. Эти поверхностные эффекты могут сыграть важную роль в новых технологиях термоэмиссионного преобразования тепловой энергии в электрическую для солнечной энергетики, а также для создания систем бортового питания космических аппаратов и др. При этом можно ожидать радикального увеличения КПД (в разы) и ресурса (примерно на один порядок) по сравнению с ранее достигнутым уровнем (~10% и ~1 год соответственно). В настоящее время в лабораторных условиях с помощью термоэмиссионного преобразователя (ТЭП) с цезиевым наполнением нами в режиме генерирования электрической энергии получено значение КПД ~25% при температуре эмиттера $T_E \sim 1600$ К (верхняя температура термодинамического цикла преобразования энергии) и температуре коллектора $T_C \sim 700$ К (нижняя температура термодинамического цикла), не нашедшее до сих пор убедительной интерпретации. Хорошо известно, что плотность тока и ЭДС, развиваемая преобразователем, в основном определяется работой выхода электронов (РВЭ) материала эмиттера, а потери выходного напряжения - работой выхода электронов материала коллектора. Т.к. значительно повышать РВЭ эмиттера за счет выбора подходящего материала нельзя из-за снижения плотности генерируемого электрического тока при технологически заданной температуре эмиттера (при которой скорость испарения материала остается приемлемой), то для повышения энергетической эффективности ТЭП необходимо уменьшать РВЭ коллектора. До сих пор никому в мире не удалось получить в парах цезия работу выхода материалов при температурах 1500-2000 К ниже 1,4-1,5 эВ. С другой стороны - важнейшими кинетическими характеристиками плазмы, определяющими протекание почти всех элементарных процессов, являются функции распределения (ФР) заряженных частиц по скоростям. Управление функциями распределения ионов и электронов позволяет непрерывно контролировать свойства плазмы и тем самым влиять на энергетические характеристики плазменных термоэмиссионных преобразователей. Очевидно, что решение таких задач невозможно без корректной регистрации функций распределения непосредственно в рабочих режимах преобразователей, плазма которых отличается малыми пространственными размерами, высокими концентрациями заряженных частиц, анизотропными функциями распределения, сильными электрическими полями и многообразием процессов. Все это делает практически невозможным использование традиционных методов для одновременной диагностики свойств электродов и приэлектродной плазмы. Все выше сказанное и определяет научную проблему, на решение которой направлен данный проект - разработка и создание нового поколения управляемых термоэмиссионных приборов, обладающих набором уникальных энергетических параметров: преобразователя энергии с цезиевым наполнением, приборов плазменной энергетики со стабилизированными параметрами на базе низковольтного пучкового разряда в инертных газах а также солнечных концентраторов на основе явления фотонно-усиленной термоэлектронной эмиссии (РЕТЕ). Сформулированная проблема является комплексной, и требует решения ряда актуальных научных задач: - создание и экспериментальная апробация контактных и дистанционных методов исследования неравновесной плазмы в рабочих условиях экспериментальных макетов; - применение разработанных методов для исследования

и оптимизации электрокинетических характеристик плазмы диодных и триодных преобразователей на базе низковольтного пучкового разряда (НПР) в инертных газах; - проведение микроанализа элементного состава поверхности коллектора после экспозиции в лабораторном макете преобразователя с цезиевым наполнением; - разработка физической модели управляемого снижения работы выхода анода термоэмиссионных преобразователей за счет плазменной модификации поверхности нано-структурами; - создание образцов электродных материалов с уникально низкой работой выхода (порядка 1 эВ), способных надежно работать при температурах выше 1500 К.; - проведение ресурсных испытаний образцов усовершенствованных электродных материалов; - оптимизация энергетических характеристик и конструкций термоэмиссионного преобразователя энергии с цезиевым наполнением; - создание композиционных наноструктур и реализации прототипов электродов РЕТЕ-преобразователей на их основе. - разработка и реализация прототипов высокоэффективных низковольтных автоэмиссионных катодов для методов электронной микроскопии (EELS). В результате решения указанных задач будет получен ряд новых научных результатов: 1. Разработаны методики создания электродных материалов с уникальными термоэмиссионными свойствами. 2. Разработаны и экспериментально апробированы новые методы контактной и дистанционной диагностики анизотропных функций распределения заряженных частиц. 3. Будет предложена аналитическая теория для описания анизотропных функций распределения ионов в собственном газе с учетом зависимости сечения резонансной перезарядки от относительной скорости для амбиполярного поля произвольной величины. Разработанные новые методы диагностики, вместе со средствами находящимися в распоряжении исследовательской группы, будут использованы для исследования плазмы и поверхностных эффектов на электродах макетов термоэмиссионных преобразователей с цезиевым наполнением и на базе низковольтного пучкового разряда в инертных газах, при этом впервые будут: - предложены новые электродные материалы с аномально низкой работой выхода; - получены результаты ресурсных испытаний электродных материалов, которые позволят оптимизировать режимы работы и конструкцию цезиевого преобразователя; - обнаружены и исследованы новые режимы горения низковольтного пучкового разряда; - разработаны физические принципы работы и конструкция уникального преобразователя, позволяющие одновременно работать в качестве регулируемого стабилизатора тока и напряжения; - создан универсальный метод подавления плазменных неустойчивостей, обеспечивающий высокий уровень стабильности рабочих параметров термоэмиссионных преобразователей; - получены вольтамперные характеристики (ВАХ) и принципиально новые данные об электрокинетических характеристиках термоэмиссионных преобразователей; - измерены эмиссионные характеристики и получены новые данные о структуре и свойствах наноструктурированных электродов; - разработана новая модель низковольтной эмиссии из аморфных материалов и кристаллических структур с дефектами; - получены рентгеновские спектры распределения химических элементов в приповерхностном слое коллектора преобразователя после длительной (порядка 1000 часов) работы в цезиевой атмосфере; - разработана физическая модель процессов и плазменных технологий, приводящих к формированию структуры поверхности коллектора с аномально низкой работой выхода электронов, которая позволит объяснить уже обнаруженную нами высокую эффективность термоэмиссионного преобразователя энергии с цезиевым наполнением.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ АААА-А21-121011390096-1

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ С ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ

Целью данной работы является разработка методов получения и исследование свойств новых наноструктурированных материалов, перспективных для фотоники, сенсорики и солнечной энергетики. Детальные исследования различных свойств наноматериалов и изучение влияния на них структурных параметров обеспечит возможность создания на их основе таких устройств

как газовые сенсоры, фотокатализаторы, солнечные элементы, фотопреобразователи и т.д. Для изготовления экспериментальных образцов используются различные методы: лазерная абляция, электрохимическое травление, золь-гель метод и др. Исследования проводятся на современном оборудовании, расположенном в Центре коллективного пользования физического факультета МГУ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ 121061000187-9

СЕЛЕКТИВНАЯ МЕТАЛЛ-ИНДУЦИРОВАННАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ, ИНИЦИИРОВАННАЯ КОРОТКИМИ И УЛЬТРАКОРОТКИМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Проектом предусмотрено численное и экспериментальное исследование процессов кристаллизации двухкомпонентных наносистем металл-полупроводник под действием коротких и ультракоротких лазерных импульсов. Целью проекта является выявление условий и механизмов кристаллизации в условиях селективного поглощения лазерного излучения. Пространственная локализация поглощения излучения будет достигаться согласованием длины волны излучения (видимого и ИК диапазонов) и морфологии материала («тонкая пленка аморфного кремния/наночастицы золота» и «тонкая пленка аморфного кремния/сплошная

пленка золота»), определяющей его оптические свойства. Особое внимание будет уделено сопоставлению фемто- и наносекундных режимов лазерной кристаллизации. Будет выявлено, как изменится процесс нагрева и фазового перехода в условиях, когда излучение преимущественно поглощается кремнием (видимое излучение) и металлической пленкой (ИК излучение). Ожидается, что представление о динамике процесса будет достигнуто с помощью численного моделирования лазерного воздействия на материал. Результаты проекта найдут применение в таких областях как оптоэлектроника и солнечная энергетика.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121020400140-7

ПОЛУЧЕНИЕ БЕССВИНЦОВЫХ ГИБРИДНЫХ ГАЛОГЕНИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИИОДИДОВ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Целью настоящего проекта является поиск новых бессвинцовых полупроводниковых материалов из класса органо-неорганических галогенидов, разработку и оптимизацию методов их получения для достижения оптимальных функциональных свойств и для применения в солнечной энергетике. Наиболее перспективные новые соединения данного класса будут выявлены на основе системного кристаллохимического анализа. Будут разработаны методы синтеза целевых соединений в виде тонких плёнок, основное внимание при этом будет уделено

принципиально новым химическим методам (в том числе с использованием полииодидов), позволяющие наносить функциональные слои на поверхность любых гибких (полимерных) подложек без их повреждения. Будут подробно исследованы оптические и электронные свойства и физико-химические свойства новых материалов, оптимизированы способы их получения в виде плёнок. В итоге, планируется получить прототипы солнечных элементов и светодиодов с использованием исследованных новых материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ 121120100394-4

ФОРМИРОВАНИЕ УПОРЯДОЧЕННЫХ ФАЗ И ПРИРОДА МНОГОЧАСТИЧНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДАХ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА

Поиск новых материалов и способов оптимизации их свойств, определяемых потребностями современных динамично развивающихся отраслей экономики, таких как микроэлектроника, инфо-телекоммуникационные технологии и возобновляемая энергетика, сосредоточил вокруг себя усилия значительной части научного сообщества. В связи с этим конструирование материалов с заданными свойствами за последние десятилетия вышло на принципиально новый уровень и позволяет формировать уникальные системы для изучения магнитных, электрических и магнитоэлектрических взаимодействий как с фундаментальной, так и с практической точек зрения. Хотя квантовый фазовый переход происходит при температурах, близких к абсолютному нулю, его эффекты можно увидеть при высоких температурах, и считается, что он отвечает за экзотические свойства, такие как высокотемпературная сверхпроводимость. Нарастающий исследовательский интерес наблюдается в области изучения квантовой критичности в магнитных и сегнетоэлектрических системах, а также взаимодействия этих квантово-критических

поведений. Наиболее перспективными материалами для исследования таких процессов считаются виртуальные сегнетоэлектрики типа смещения, в которых магнитные свойства индуцируются легированием, а основным маркером квантовой критичности выступает низкочастотная динамика решетки. При этом эти и другие материалы с высокими полярными и спиновыми энтропиями при низких температурах могут быть кандидатами на усовершенствование криогенного твердотельного охлаждения, основанного как на электрокалорическом, так и на магнетокалорическом эффектах. При усиливающемся научном интересе к квантовым эффектам в мультиферроиках доступная на сегодняшний день информация о систематических спектроскопических исследованиях указанных материалов в широком частотном и температурном диапазонах крайне ограничена. В связи с этим будут впервые выполнены детальные исследования динамики решетки, кристаллической структуры и механизмов формирования упорядоченных фаз перовскитных систем $\text{Sr}_{0.98}\text{M}_{0.02}\text{TiO}_3$ ($\text{M} = \text{Mn}, \text{Co}, \text{Fe}, \text{Ni}$,

Pr, Eu, Ho, Dy, Sm) и Bi1-xAxBO_3 ($A = \text{Ca, Sr, Pb}$; $B = \text{Fe, Cr, Sc, Mn, Ni, Co}$). С феноменологической точки зрения система Sr0.98M0.02TiO_3 считается одной из самых перспективных для наблюдения мультиферроичной квантовой критичности, в то время как система Bi1-xAxBO_3 позволяет «настраивать» температуры полярных и магнитных фазовых переходов в широком диапазоне. При этом обе системы обладают близкими параметрами кристаллической решетки, что дает возможность синтезировать тонкие пленки и гетероструктуры на их основе. В таких структурах наблюдается улучшение фотоэлектрических характеристик, что при их экологичности и химической стабильности дает основание рассматривать их как перспективные материалы для солнечной энергетики. В качестве основного метода для исследования фазовых переходов, взаимосвязанности спиновой,

дипольной и электронной подсистем будет использована широкодиапазонная оптическая спектроскопия, включающая взаимодополняющие методики: комбинационное рассеяние света (КРС), ТГц-спектроскопия, ИК-Фурье спектроскопия. Возможность фиксировать в спектрах систем возбуждения различной природы (полярные «мягкие» фононы, магноны, электромагноны, полярны, волны зарядовой плотности и др.) под воздействием внешних статических электрических или магнитных полей и в широком температурном диапазоне позволит получить важную информацию о деталях фазовых состояний и превращений между ними. Результаты отсутствовавших ранее систематических спектроскопических исследований будут представлять несомненный интерес для разработки и создания устройств на основе низкотемпературных сегнетоэлектриков и мультиферроиков.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122032900190-9

ТОНКИЕ РАЗМЕРНО-УПОРЯДОЧЕННЫЕ НАНОКЛАСТЕРНЫЕ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛОВ КАК МАТЕРИАЛ, ЭФФЕКТИВНО ПОГЛОЩАЮЩИЙ ШИРОКИЙ СПЕКТР ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Повышение эффективности преобразования энергии в электричество для современных источников питания, основанных на использовании тепловой энергии (например двигатели внутреннего сгорания, радиоизотопные термоэлектрические генераторы и пр.) вызывает повышенный интерес. Основная проблема заключается в том, что при эксплуатации таких источников питания большое количество вырабатываемой энергии расходуется на тепловое излучение, в результате чего может теряться до 35% от всей мощности. Интересно отметить, что в солнечной энергетике существует очень близкая проблема, связанная с тем, что современные фотовольтаические преобразователи значительно теряют эффективность преобразования солнечного излучения в ближнем инфракрасном диапазоне, на который приходится 40% всего потока солнечного излучения. Создание новых термофотовольтаических преобразователей, имеющих повышенную эффективность в области ближнего инфракрасного диапазона, позволило бы удовлетворить возникнувшую в современном высокотехнологичном мире потребность увеличения эффективности существующих источников питания. Простейшие фотовольтаические преобразователи на базе кремния и германия могут быть использованы в качестве термофотовольтаических материалов. Однако ввиду достаточно большой ширины запрещенной зоны их работоспособность будет ограничена видимым диапазоном и лишь самым краем ближнего ИК. Безусловно на сегодняшний день существуют разработки, которые достигают эффективности преобразования до 20% в области ближнего ИК, и часто основаны на материалах 3-5 групп, например, GaSb с шириной запрещенной зоны 0.72 эВ, или InGaAsSb и шириной запрещенной зоны 0.53 эВ, а так же на многокомпонентных системах с различной шириной запрещенной зоны типа GaInP/GaAs , AlGaAsSb/GaSb и др. При этом для эффективного преобразования излучения в широком диапазоне длин волн, необходимо создание мультикомпонентных термофотовольтаических ячеек, что неизбежно ведет к удорожанию подобных многокомпонентных систем и лимитирует их активное использование в качестве термофотовольтаических преобразователей широкого применения. Таким образом задача по поиску альтернативных материалов для высокоэффективного термофотовольтаического преобразования является актуальной. В рамках настоящего проекта мы предлагаем исследовать специальный термофотовольтаический материал, а именно, тонкую наноструктурированную пленку, состоящую из наноразмерных металлических нанокластеров (частиц, состоящих из счетного количества атомов, диаметром 2-8 нм; здесь и далее в заявке понятия нанокластер и наночастица тождественны) с наличием выделенного направления с изменением нанокластеров по размерам.

Данная система является относительно простой с точки зрения экспериментальной реализации и представляет собой ансамбль плотноупакованных металлических нанокластеров с градиентным распределением наночастиц по размеру, осажденных на поверхности широкополосного диэлектрика. Как известно, вследствие размерного изменения объемных и поверхностных вкладов в плотность электронных состояний наночастиц, энергия Ферми наночастиц нанометровых размеров меняется с размером (например, для нанокластеров Au, в исследуемом диапазоне размеров максимальная сдвигка была измерена на уровне долей вольт). Таким образом, ключевой особенностью системы, состоящей из наноразмерных металлических кластеров (диаметром 2-8 нм) с пространственным упорядочением нанокластеров по размерам, является то, что в градиентной нанокластерной пленке, наличие размерной зависимости энергии Ферми приводит к пространственному перераспределению заряда в системе в целом. Несмотря на то, что локально в каждом малом участке исследуемой пленки размеры частиц близки и в первом порядке система остается квазинейтральной, на масштабах всей длины нанокластерной дорожки, как целой, изменения в размерах существенны и составляют порядка нескольких нанометров. Наличие такого градиента по размерам наночастиц на масштабах всей пленки приводит к возникновению градиента химического потенциала. Фактически такая электронная система является аналогом перераспределения химического потенциала в условиях наличия градиента температуры в металле. Это обстоятельство означает, что в электропроводящей системе соприкасающихся друг с другом металлических наночастиц средний размер которых монотонно изменяется в выделенном направлении, в этом же направлении должна регистрироваться разность потенциалов. Появление в данной системе электрона, возбужденного внешним фотоном (даже низкоэнергетичным с длиной волны больше микрометра) приводит к стеканию данного электрона в направлении градиента потенциала, вызванного пространственным упорядочением нанокластеров по размерам. Поскольку нанокластеры - металлические, это в общем случае обеспечивает возможность детектирования фотонов различной длины волны и, следовательно, обеспечивает широкий спектр поглощения излучения предлагаемой системы. Наличие контакта между нанокластерами означает сохранение электронной проводимости в такой системе за счет туннелирования электронов между нанокластерами и перколяционных эффектов. Кроме этого, полученная структура может обладать развитой структурой поверхности, в которой возможны многократные перерассеяния и переотражения, что увеличивает вероятность поглощения падающего излучения. Таким образом, в нанокластерной

пленке при взаимодействии с фотонами происходит возбуждение электронов и переход их в зону проводимости с последующим стеканием через контактирующие между собой нанокластеры. Полученные предварительные результаты по формированию и исследованию свойств нанокластерных пленок показали перспективность исследования подобных систем. Исследование подобных систем потенциально может привести к выводу энергоэффективности и энергосбережения современных тепловых источников электроэнергии на совершенно новый уровень. Целью настоящего проекта является формирование и исследование свойств оригинального материала на основе тонких пленок

из размерно-упорядоченных нанокластеров металлов и с целью определения потенциала его использования в качестве термофотоэлектрического преобразователя широкого спектра оптического излучения, включая дальний инфракрасный диапазон. Коллектив имеет соответствующее оборудование, необходимые интеллектуальные ресурсы и хорошие заделы по всему кругу вопросов, касающихся данного проекта. Будет опубликовано не менее 9 статей в рецензируемых научных изданиях, представлено не менее 4 докладов на международных конференциях, защищено 2 дипломных проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

№ 122030300386-8

ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Физика оптически активных полупроводниковых наноструктур привлекает пристальное внимание исследователей, поскольку она прекрасным образом демонстрирует особенности фундаментальных квантовых явлений в твердотельной среде. Одной из приоритетных задач является поиск новых низкоразмерных систем, в которых возможно управление оптическими и электронными свойствами путем воздействия оптическими методами в непрерывном и импульсном режимах при комнатных температурах. В настоящее время к наиболее перспективным полупроводниковым наноструктурам относятся коллоидные растворы квазидвумерных структур – нанопластин и нульмерных структур – квантовых точек (сферических и в форме тетраподов). Эти системы отличаются возможностью перестройки оптических резонансов, высокой энергией связи экситонов, при этом линии экситонных резонансов достаточно узкие, а также возможностью эффективной перекачки энергии между резонансами. Одним из наиболее интересных и важных направлений исследования коллоидных наноструктур является анализ экситон-экситонного взаимодействия и поиск возможностей для управления процессами диффузии экситонов. Оба этих процесса не только напрямую влияют, но и проявляются в оптических и электронных свойствах нанопластин и квантовых точек. В связи с этим, данный проект направлен на решение актуальной задачи современной оптоэлектроники: экспериментального и теоретического исследования фундаментальных особенностей оптических и электронных свойств, а также переходных процессов, обусловленных наличием экситонов и взаимодействием между ними, в полупроводниковых наноструктурах при наличии взаимодействия с внешним полем (ультракороткими лазерными импульсами). Решение поставленной задачи представляется важным с точки зрения применения полупроводниковых наноструктур в таких областях как оптоэлектроника, биомедицина или солнечная энергетика. Кроме того, успешное выполнение проекта открывает возможности для применения нанопластин и квантовых точек для создания новых типов приборов современной оптоэлектроники, основанных на применении в качестве активных элементов структур, имеющих нанометровые или субнанометровые размеры. В основу теоретических и экспериментальных исследований в рамках проекта будет положено изучение особенностей возбуждения, взаимодействия и диффузии экситонов в коллоидных полупроводниковых твердотельных наноструктурах на основе селенида кадмия, а также влияние этих процессов на оптические и электронные свойства исследуемых структур. Особое внимание будет уделено изучению переходных процессов в полупроводниковых наноструктурах с межчастичным взаимодействием, приводящих к эффективной

перекачке энергии в системе при наличии внешнего поля различной интенсивности. Будет исследовано влияние формы, размера и размерности полупроводниковых наноструктур на величину и характер оптических и электронных нелинейностей при одно- и двухфотонном возбуждении экситонов. Экспериментальная составляющая проекта направлена на мало исследованную область нелинейной оптики: создание динамических структур с перестраиваемыми оптическими свойствами на основе полупроводниковых наноструктур в коллоидных растворах в режиме, когда существенными оказываются диффузия экситонов и экситон-экситонное взаимодействие. Теоретическая составляющая проекта связана с обобщением и разработкой методов и подходов для теоретического анализа диффузии экситонов и экситон-экситонного взаимодействия, поскольку существующие в настоящее время методы обладают рядом существенных недостатков. В частности, планируется разработать подход, основанный на диаграммной технике для неравновесных процессов, который позволит получить выражение для описания для взаимодействия между электронами и дырками в полупроводниковых наноструктурах с учетом наличия неоднородностей в исследуемой системе, вызванных взаимодействием с внешним полем. Таким образом, встает проблема развития набора взаимосвязанных теоретических подходов и методов, позволяющих корректно описать особенности диффузии экситонов и экситон-экситонного взаимодействия в коррелированных коллоидных полупроводниковых наноструктурах, которые проявляются в оптических и нелинейно-оптических свойствах. Следует отметить, что коллоидные полупроводниковые наноструктуры актуальны для создания целого ряда устройств нанометровых размеров: сверхбыстрых переключателей, полевых/зарядовых сенсоров с субнанометровым пространственным разрешением и т.д. В частности, нанопластины являются перспективными объектами с точки зрения формирования эффективных квантовых сенсоров с высоким квантовым выходом. Квантовые точки в форме тетраподов представляют интерес для контролируемого формирования динамических коллоидных структур и их последующего использования при формировании перестраиваемых нелинейно-оптических фильтров. Научная группа имеет большой задел в экспериментальной области исследования коллоидных наноструктур и в теоретической области описания и моделирования оптических и электронных свойств в таких системах. Проведенные ранее исследования были широко представлены в рецензируемых международных изданиях с высоким импакт-фактором, на научных конференциях и получили международное признание. Все исследования будут новыми и соответствовать мировому уровню, а по ряду результатов будут превышать мировой уровень.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 122012100299-9

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ CO₂: СТРОЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ И МЕХАНИЗМ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Увеличивающаяся с каждым годом скорость сокращения запасов легкодоступного высококачественного природного углеводородного сырья (нефти, газа и угля) привлекает внимание ученых по всему миру, так как требует решения уже в ближайшие десятилетия. Очевидно, что решение данной проблемы тесно связано с освоением новых способов получения энергии из альтернативных источников. При этом в одном ряду с «классическими» альтернативными источниками энергии, такими как ядерная и термоядерная энергетика, стоят и источники энергии с использованием возобновляемых ресурсов (ветер, солнечная энергия, энергия приливов и отливов, растительное сырье). Считается, что наиболее перспективным направлением в этой области является развитие солнечной энергетика. Традиционно выделяют два способа использования солнечной энергии – использование солнечных батарей, позволяющих преобразовать солнечную энергию в электроэнергию, и использование систем, позволяющих преобразовать солнечную энергию в энергию химических связей, как с помощью термохимических, так и с помощью квантовохимических систем [Успехи химии. 2017. Т.86. №9. С.870-906.]. В случае квантовохимических преобразований солнечной энергии в химическую энергию одним из наиболее интересных процессов является фотохимическое и фотокаталитическое восстановление CO₂ до органических соединений (метан, метанол, этан и т.д.). Данный процесс является аналогом природного фотосинтеза растений, при этом, как и в случае фотосинтеза происходит трансформация солнечной энергии в энергию химических связей, а также уменьшение концентрации CO₂ в атмосфере. Таким образом, химическое связывание CO₂ является актуальной задачей не только с точки зрения его использования в качестве источника углеродной органики, но и для уменьшения его концентрации в атмосфере. При этом возможными продуктами фотокаталитической конверсии CO₂ и воды могут быть спирты и углеводороды, в дальнейшем эти соединения могут быть использованы либо как топливо, либо как химические соединения для дальнейшего синтеза более ценных продуктов. Однако основной сложностью для широкомасштабного внедрения данного процесса является отсутствие эффективных фотокатализаторов. Более того, хотя фотокаталитическое восстановление CO₂ исследуется уже на протяжении нескольких десятков лет, до сих пор нет единого мнения, как происходит процесс восстановления CO₂ и что влияет на распределение продуктов восстановления CO₂. Наибольший интерес с точки зрения фундаментальной науки представляет механизм фотокаталитического восстановления CO₂, так знание механизма позволит не только направлять маршрут реакции в сторону получения целевых продуктов, но также подобрать наиболее эффективный фотокатализатор с заданными свойствами, такими как степень конверсии CO₂, селективность по целевым продуктам, стоимость и т.д. Таким образом, можно сформулировать фундаментальную проблему на решение которой направлен данный проект – создание эффективных фотокатализаторов и изучение механизмов восстановления диоксида углерода под действием излучения УФ- и видимого диапазона. В связи с этим в рамках проекта планируется провести синтез двух типов фотокатализаторов на основе TiO₂ и полимерного g-C₃N₄, при этом также планируется исследование промотирования данных фотокатализаторов платиной, оксидами меди и никеля, а также сульфидами меди и

никеля. Будет проведено систематическое исследование восстановления CO₂ на синтезированных катализаторах, с целью определения активного компонента, изучения природы фотокаталитических трансформаций углекислого газа, а также стабильности катализатора в условиях реакции. Будет изучена ключевая стадия процесса – фотоадсорбция молекулы CO₂ на поверхности фотокатализатора. Активность всех синтезированных катализаторов в реакции фотокаталитического восстановления CO₂ будет исследоваться в каталитической установке, наиболее активные катализаторы будут синтезированы в больших количествах, достаточных для проведения исследований широким набором физико-химических методов, в том числе в режиме *in situ* /*operando*. Отличительной особенностью и научной новизной проекта является проведение *in situ* /*operando* исследований широким набором методов, включая методы рентгеновского поглощения XANES/EXAFS, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, ИК-спектроскопию диффузного отражения и масс-спектрометрию. Применение рентгеновских методов в режиме *in situ* /*operando* позволит исследовать состояние активного компонента катализатора непосредственно в условиях протекания фотокаталитического процесса, применение ИК-спектроскопии и масс-спектропии позволит исследовать интермедиаты реакции, адсорбированные на поверхности фотокатализатора, а также изучить продукты и реагенты в газовой фазе. Подобный подход к исследованию каталитических систем является широко используется в мировой научной практике и с каждым годом приобретает все большую популярность, однако для фотокаталитических приложений практически не используется. Важно отметить, что эксперименты будут проводиться на уникальных установках: *in situ* XANES/EXAFS эксперименты будут проведены на станции «Структурное материаловедение» в Курчатовском комплексе синхротронно-нейтронах исследований (Москва) и станции «EXAFS-спектроскопии» в Сибирском центре синхротронного и терагерцевого излучения (ИЯФ СО РАН, Новосибирск), *in situ* РФЭС эксперименты будут проведены на уникальном рентгеновском фотоэлектронном спектрометре SPECS NAP XPS (Карлов университет, г. Прага, Чехия), *operando* ИК-исследования будут проведены на уникальном оборудовании: ИК-спектрометр Bruker Vertex 80v, оснащенный каталитической ячейкой диффузного отражения, в комбинации с ИК-спектрометром Bruker Alpha II с многопроходной газовой ячейкой, позволяющей определять концентрацию продуктов в газовой фазе с чувствительностью до 100 ppm. Также важно отметить, что катализаторы будут исследованы методом просвечивающей электронной микроскопии на современном микроскопе ThermoFisher Scientific Themis Z с атомарным разрешением. Совокупность выбранных подходов, а именно синтез и исследование катализаторов, проведение фотокаталитических исследований, а также проведение физико-химических экспериментов в режиме *in situ* /*operando*, позволит установить корреляции между природой активного компонента, характером его взаимодействия с носителем, фазовым составом, элементарным составом поверхности, составом адсорбционного слоя и каталитической активностью, и стабильностью. Полученные результаты позволят сформулировать рекомендации для целенаправленного синтеза фотокатализаторов, обладающих максимально возможной активностью в восстановлении CO₂.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121091400172-8

УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ ОРГАНИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕННЫХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ДОБАВОК

Последние десятилетия мир переживает бум развития органической, печатной и гибкой электроники. В настоящее время сложилось несколько основных направлений развития органической электроники – например, это разработка дешевых и эффективных солнечных батарей на основе органических пленок, разработка светоизлучающих устройств (светодиоды (OLED), которые уже сейчас можно встретить на рынке и светоизлучающие транзисторы (OLET)), разработка основного компонента электроники – органических транзисторов. Уже сейчас, органические полупроводники широко используются в светодиодах, дисплеях, солнечных батареях и других устройствах. Преимущества органической электроники перед неорганической, на основе кремния, состоят в следующем: устройства могут быть гибкими, прозрачными/полупрозрачными, более легкими и тонкими, а также дешевыми с точки зрения методов получения материалов (печатать на струйном принтере, распыление на подложку), тогда как выращивание кристаллов кремния требует высоких температур и вакуума. Одними из перспективных полупроводниковых материалов с оптоэлектронными свойствами являются органические полисопряженные со-олигомеры (тиофен- и фуран-фениленовые со-олигомеры [Mannanov, A.A. et al. Long-range exciton transport in brightly fluorescent furan/phenylene co-oligomer crystals // J.Mater. Chem.C., 2019, V. 7., 60-68; Kudryashova, L.G. et al. Highly luminescent solution-grown thiophene-phenylene co-oligomer single crystals // ACS Appl. Mater. Interfaces, 2016, 8, 10088–10092; Hotta, S. et al. Organic single-crystal light-emitting field-effect transistors // J.Mater.Chem.C, 2014, 2, 965–980; Hotta, S., Yamao, T. The thiophene/phenylene co-oligomers: exotic molecular semiconductors integrating high-performance electronic and optical functionalities // J.Mater.Chem., 2011, 21, 1295–1304; Komori, T. et al. Light-emitting organic field-effect transistors based on highly luminescent single crystals of thiophene/phenylene co-oligomers // J.Mater.Chem.C., 2014,

2, 4918– 4921], дистирилбензол [Gierschner, J., Park, S.Y. Luminescent distyrylbenzenes: tailoring molecular structure and crystalline morphology // J.Mater.Chem.C., 2013, 1, 5818–5832]. Управление структурой материала, а, соответственно и оптоэлектронными свойствами является главной задачей для органической электроники, чего можно добиться, в том числе через контроль кристаллической структуры и систематического исследования фундаментальной взаимосвязи «структура-свойства». Полиморфизм в органической электронике служит прекрасной платформой для систематического изучения и понимания фундаментальной природы транспорта заряда и оптических свойств, а также, отличной стратегией дизайна материалов с высокой эффективностью [Chung, H., Diao, Y. Polymorphism as an emerging design strategy for high performance organic electronics // J.Mater.Chem.C., 2016, 4, 3915– 3933]. Одним из методов контроля полиморфизма является метод добавок. Добавление небольшого количества структурно-родственных соединений в раствор может иметь сильное влияние на размер и морфологию кристаллов, растворимость, кристаллическую структуру и соотношение полиморфных форм. В фармацевтической промышленности методом добавок контролируют хиральность молекул, полиморфизм, морфологию кристаллов и их рост [Weissbuch, I. et al. Understanding and control of nucleation, growth, habit, dissolution and structure of two- and three-dimensional crystals using “tailor-made” auxiliaries // Acta Cryst., 1995, B51, 115–148]. Однако влияние метода добавок на кристаллизацию полисопряженных ароматических систем для органической электроники ранее систематически не изучалось. Таким образом целью данного проекта является разработка и развитие подходов управления кристаллизацией, кристаллической структурой и оптоэлектронными свойствами органических сопряженных систем для нужд оптоэлектроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ НОВОСИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Н. ВОРОЖЦОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121031100091-1

СИНТЕЗ И СРАВНИТЕЛЬНО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АП-КОНВЕРСИОННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Быстрорастущая область люминесцентных наноматериалов на основе веществ, легированных лантаноидами и демонстрирующих ап-конверсионную люминесценцию, требует новых синтетических методов, инновационных материалов и более детальных исследований фотофизических процессов, протекающих при ап-конверсионной люминесценции. Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в разработке ап-конверсионных материалов, они остаются еще недоисследованными, так как их относительно низкий квантовый выход фотолюминесценции (PLQY) и высокая интенсивность возбуждения заметно препятствует многим потенциальным применениям. Совместный германороссийский исследовательский проект между Карлсруйским технологическим институтом (KIT), Университетом им. Гумбольдта в Берлине (HUB) и Институтом общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН) направлен на синтез новых эффективных ап-конверсионных материалов на основе щелочноземельных фторидов (CaF₂, SrF₂, BaF₂ и PbF₂), одновременно легированных парами ионов Yb³⁺/Er³⁺, Yb³⁺/Tm³⁺ и Yb³⁺/Ho³⁺. В результате впервые будет проведено систематическое исследование характеристик ап-конверсионной люминесценции кристаллических материалов в широком диапазоне размеров: от нанокристаллов до монокристаллов (с размером в сантиметр) при сохранении одинакового химического состава. В проекте будет использован российский опыт выращивания монокристаллов, знания HUB по синтезу

наночастиц и опыт KIT в фотофизической характеристике ап-конверсионных материалов. Выращивание монокристаллов будет осуществляться методом вертикальной направленной кристаллизации (ИОФ РАН), тогда как синтез нанокристаллов будет осуществляться уникальным фторолитическим методом синтеза, разработанным в HUB. Структурные свойства новых материалов будут исследованы методами рентгенографии, инфракрасной и рамановской спектроскопии, HAADF-TEM в сочетании с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой. Фотофизические исследования (стационарные и время-разрешенные спектры фотолюминесценции) в широком интервале температур (от 4 К до 700 К) будут проведены в KIT. Будет проведен анализ корреляции фотофизических и структурных свойств новых материалов для определения влияния симметрии излучательных центров, кластеризации допантов и энергии фононов на ап-конверсионную фотолюминесценцию. Кроме того, сильным экспериментальным преимуществом нашего проекта является точное измерение абсолютных значений квантового выхода люминесценции (KIT) с использованием метода интегрирующей сферы. Научная значимость, актуальность и своевременность запланированных работ обусловлена тем, что среди научного сообщества, занимающегося ап-конверсионными люминофорами нет единого измерительного протокола и стандартного образца, опираясь на которые возможно

было бы проводить сравнительное исследование образцов с различным химическим составом, с различной морфологией, архитектурой ядра/оболочка. Это тормозит практическое использование ап-конверсионных материалов для применения в тест-системах, нанотермометрии, разработке стандартных протоколов по биовизуализации, оптогенетике и для увеличения КПД солнечных панелей. Используя методики определения квантового выхода сильно разнятся и получаемые величины тоже. В результате одной из дополнительных фундаментальных задач

проекта является разработка простой и непротиворечивой методики определения абсолютного квантового выхода ап-конверсионной люминесценции на основе монокристаллов фторидов в качестве референса и его апробация для наночастиц различного размера и химической природы в качестве тестируемых образцов. Все это свидетельствует о значительности, актуальности и своевременности поставленной задачи, и необходимости ее скорейшего решения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121112200167-8

ОБЪЕДИНЕНИЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДНЫХ A_3B_5 И Si ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Проект направлен на проектирование, теоретические и экспериментальные исследования комбинированных «концентраторно-планарных» фотоэлектрических модулей, включающих две основные подсистемы: «концентратор + A_3B_5 солнечный элемент (СЭ)» и кремниевый СЭ, выполненный по гетероструктурной технологии (Hetero-Junction Technology - Si-HJT), изготовление инженерных прототипов, демонстрирующих работоспособность устройств в лабораторных и натурных условиях. Комбинированной A_3B_5 -Si «концентраторно-планарный» фотоэлектрический модуль должен обеспечивать повышенную энергопроизводительность при эксплуатации в режимах солнечной инсоляции с преобладанием прямой (для территорий Ближнего и Среднего Востока) или смешанной (прямой и диффузной, для территорий РФ и регионов Южной и Юго-Восточной Азии) радиационных компонент в общем потоке излучения. Эффективность современных модулей с концентраторами излучения типа линза Френеля и A_3B_5 многопереходными (МП) солнечными элементами (СЭ) составляет 30-35% при преобразовании прямого солнечного излучения (ясная погода с малой долей диффузной составляющей в потоке излучения). В условиях переменной и пасмурной погоды (облачность, туман, дымка), когда прямое излучение ослаблено или отсутствует, эффективность таких концентраторных модулей может снижаться практически до нуля. В то же самое время КПД плоских кремниевых элементов незначительно меняется при вариациях режимов освещенности и соотношения прямой и диффузной компонент в общем световом потоке. Проходя сквозь поверхность линзового концентратора диффузное излучение будет незначительно (в пределах 5-10%) ослабляться. На такую же величину окажется снижена и энерговыработка неконцентраторной части комбинированного модуля (в сравнении с 18-22% кремниевой солнечной батарей, выполненной по гетероструктурной технологии – Hetero-

Junction Technology – Si-HJT). Таким образом, при смене режимов солнечной инсоляции (с «преимущественно прямое» на «преимущественно диффузное» излучение) КПД (и соответственно энерговыработка) комбинированного модуля будет снижаться с «концентраторных A_3B_5 » 30-35% до «планарных Si-HJT» 15-19 %. Конструктивные особенности комбинированного модуля могут несколько изменить это отношение. Очевидно, что именно прибавку в выработке комбинированного модуля по уровню 0.1-0.4 от пиковой производительности концентраторной части и следует рассматривать в качестве основного целевого показателя при объединении гетероструктурных A_3B_5 и Si-HJT технологий в интересах высокоэффективной фотовольтаики. Оценивание выработки модулей при предельных режимах по качественному составу поступающей солнечной радиации позволит определиться с потенциалом разрабатываемого комбинированного подхода для повышения энерговыработки и стабильности генерации, а также дать решения для снижения колебаний электроснабжения потребителей из-за краткосрочных атмосферных (погодных) изменений. Актуальность развития новых решений для фотоэлектрических систем определяется необходимостью обеспечения долговременной энергетически и экономически конкурентоспособного развития отечественной солнечной электроэнергетики. Расширение функциональных возможностей и энергетического потенциала фотоэлектрических систем прямого преобразования солнечной энергии за счет преимуществ концентраторной и планарной концепций является крайне перспективным научно-техническим направлением. Эффективное применение «концентраторно-планарных» модулей на территориях с переменным балансом для прямой и диффузной составляющих в суммарном потоке солнечного излучения будет способствовать развитию систем локального и сетевого энергообеспечения в удаленных регионах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121042700172-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОГЕРЕНТНЫХ ТЕРАГЕРЦЕВЫХ ФОНОНОВ КАК ИНДИКАТОРА ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ОБЪЕМЕ КРЕМНИЯ

Настоящий проект посвящен решению фундаментальной проблемы физики взаимодействия высокоинтенсивного ($I \sim 10^{13}$ Вт/см²) фемтосекундного лазерного излучения с веществом – изучению временной динамики процесса формирования лазерно-индуцированной микромодификации в объеме кремния на широком масштабе времен от сотен фемтосекунд до десяти наносекунд с разрешением лучше 100 фс. При этом основное внимание будет уделяться исследованию следующих процессов переноса энергии: лазерное излучение – плазма (за счет ионизации и нагрева электронов плазмы на временах длительности лазерного импульса), лазерное излучение – фононы (на временах длительности лазерного импульса) и плазма – фононы (на

временах термализации электронной плазмы). Наиболее интересным и, в то же время, наименее изученным процессом является возбуждение когерентных фононов в микрообъеме кремния в режиме экстремально большого объемного вклада энергии до 10 кДж/см³, приводящего к наблюдению новых эффектов: ангармонизму колебаний, сильному изменению частоты фононных колебаний, фазовым переходам с изменением частоты фононов и т.д. Последнее особенно важно по причине сильной чувствительности «мягких» фононных мод к структурным перестройкам в материале, что позволит впервые идентифицировать динамические фазы кремния оптическими методами. Достижение таких значений объемного энерговклада становится возможным

благодаря острой ($NA > 0.5$) фокусировке высокоинтенсивного лазерного излучения среднего ИК диапазона (4-5 мкм) в объём полупроводника. Основная часть исследований процессов переноса энергии будет проводиться с помощью разработанного нами метода прецизионной нелинейно-оптической диагностики структуры объёма среды с современным разрешением, основанного на регистрации сигнала третьей гармоники (1,3 мкм) зондирующего острогофокусированного лазерного импульса, сгенерированного в области взаимодействия лазерного излучения с веществом. Метод является высокочувствительным инструментом к изменениям показателя преломления и нелинейной восприимчивости, а также к неоднородности структуры среды, что позволяет использовать метод в качестве универсального инструмента на всех этапах лазерно-индуцированной структурной перестройки вещества, включая возникновение фазовых переходов. Проведенные экспериментальные исследования будут дополнены численными расчетами на основе модели распространения острогофокусированного фемтосекундного импульса среднего ИК-диапазона в объёме полупроводника, что даст возможность варьировать параметры взаимодействия для определения наиболее подходящих параметров лазерного воздействия. Моделирование с помощью пакетов молекулярной динамики с привлечением двухтемпературной модели лазерно-индуцированной микроплазмы, сформированной в объёме полупроводника, позволит установить связь между изменяющимся под воздействием высокоинтенсивного (до 10^{13} Вт/см²) лазерного излучения спектра фоновых колебаний и регистрируемого сигнала

когерентных фононов. Развитие подобных теоретико-экспериментальных подходов, предлагаемых в проекте, определяет новые тренды в современной фотонике и фемтотехнологиях, а именно создании интегральной оптики на основе критически важных полупроводниковых материалов и новой элементной базы для оптоэлектроники. Получение новых фаз полупроводниковых материалов может существенно расширить диапазон используемых применений и добиться новых физических свойств уже хорошо известных материалов или даже комбинирования перспективных свойств внутри одного материала - композита, а также улучшить понимание процессов микромодификации кремния с помощью ультракоротких лазерных импульсов. Последнее должно получить развитие в технологиях квантовой связи и передачи информации, где классические электронные каналы могут быть заменены на гибридные оптоэлектронные сигнальные сети, создаваемые в объёме кремния, что, с одной стороны, должно увеличить пропускную способность каналов передачи информации, с другой стороны, позволит увеличить надежность и безопасность каналов связи за счёт привлечения алгоритмов квантового кодирования информации. Также это может открыть новые подходы к более эффективному созданию солнечных батарей за счет изменения зонной структуры кремния в новых фазах. Разработка и внедрение разрабатываемых в данном проекте подходов важно для развития методов получения и диагностики биологических, фармацевтических и композитных материалов в режиме реального времени в московских медицинских центрах и на производствах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 121040200130-8

РАЗРАБОТКА НОВЫХ НЕФУЛЛЕРЕНОВЫХ АКЦЕПТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ОЛИГОМЕРОВ И ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Органические солнечные батареи (ОСБ) имеют массу преимуществ перед неорганическими аналогами, таких как гибкость, лёгкость, возможную полупрозрачность, малую зависимость КПД от угла падения солнечного света и др. Кроме того при производстве ОСБ возможно заменить дорогостоящие производственных процессы (литография, высоковакуумные методы и т.д.) на современные печатные технологии (струйная, рулонная и трафаретная печати и т.п.). Органическая фотовольтаика развивается быстрыми темпами и в последние несколько лет эффективность лучших органических солнечных элементов, фотоактивный слой которых состоит из смеси двух органических полупроводников, донора и акцептора, достигла уже более 17%. Во многом такой успех связан с интенсивной разработкой и использованием новых акцепторных материалов фотоактивного слоя вместо традиционных фуллереновых производных C60 и C70. Однако с появлением нефуллереновых акцепторов (НФА) появилось много вопросов, связанных с физикой, морфологией и стабильностью их смесей с донорными молекулами. На сегодняшний день синтез и выбор для смешения донорных и акцепторных материалов в фотоактивном слое во многом базируется на методе проб и ошибок. Кроме того, лучшие представители таких соединений, обладающие сложным многостадийным синтезом и имеют в своем составе химические блоки с низкой стабильностью. Во многом из-за этого теоретически предсказанная эффективность (20%) и желаемая долговременность работы ОСБ (10 лет) пока не достигнуты. Поэтому разработка и исследование новых акцепторных материалов на основе органических сопряженных олигомеров и полимеров для ОСБ является актуальной и активно развивающейся областью науки. Для успешного решения упомянутых проблем важно использование системного подхода с планомерным выявлением основных взаимосвязей структура – свойства. В данном комплексном проекте благодаря объединению двух хорошо известных в мировой науке коллективов, российского, представленного в

основном химиками синтетиками и физиками, работающими в области теоретических и экспериментальных исследований сопряженных макромолекул, и китайского, представленного физиками, работающими в области органической фотовольтаики, будет пройден так называемый путь от молекулы до устройства. Российским коллективом будет разработан молекулярный дизайн новых НФА - сопряженных олигомеров и полимеров. При молекулярном дизайне в качестве основных электронодонорных (Д) блоков будут использованы аннелированные производные тиенопиррола и дитиеносилола, а в качестве электроакцепторных (А) групп различные производные дициановиниленинданона, дициановинилентифениндена бензотиадиазола. Грамотное сочетание различных по силе А групп, а также варьирование длины аннелированных Д фрагментов между ними, позволит контролировать и настраивать положения НСМО и ВЗМО уровней, ширины запрещенной зоны, положение максимумов спектров поглощения и значений электронной подвижности зарядов. С другой стороны, использование в молекулярном дизайне алкильных солюбилизирующих групп, различающихся по длине и разветвленности, сделает возможным тонко настраивать фазовое поведение, кристалличность, морфологию и растворимость таких соединений. В ходе проекта будут получены новые классы донорно-акцепторных сопряженных олигомеров и полимеров. Разработка эффективных схем синтеза таких соединений позволит получать целевые соединения в минимальное количество стадий и с высокими целевыми выходами и чистотой. Исследование свойств полученных новых рядов Д-А олигомеров позволит проверить правильность выбранной стратегии молекулярного дизайна, а также выявить как различные параметры химической структуры влияют на комплекс их физических свойств. Высокая термическая стабильность будет подтверждена при изучении полученных НФА методом термogravиметрического анализа, как на воздухе, так и в инертной атмосфере.

Изучение оптических и электрохимических свойств методами оптической абсорбционной спектроскопии и циклической вольтамперометрии позволит определить диапазон поглощения солнечного света, определить ширину запрещенной зоны и экспериментально вычислить значения энергий ВЗМО и НСМО уровней полученных НФА. Изучение фазового поведения НФА методом дифференциально-сканирующей калориметрии позволит изучить особенности их фазового поведения в зависимости от температуры. Изучение новых рядов схожих по строению олигомеров и полимеров позволит выявить основные взаимосвязи структура-свойства для подобных типа соединений и научиться тонко настраивать и предсказывать их различные физико-химические параметры. Китайская сторона, имеющая большой опыт в изготовлении ОСБ и изучение физических процессов, протекающих в их фотоактивном слое, продолжит изучение разработанных российской стороной НФА в смесях с различными донорными материалами и в прототипах фотовольтаических устройств на их основе. Дополнительным преимуществом такого сотрудничества является тот факт, что у российской стороны есть огромная библиотека донорных материалов, которые

могут использоваться китайской стороной вместе с другими доступными коммерческими материалами для быстрого поиска подходящей пары для конкретного НФА. Проведенные исследования позволят сопоставить физико-химические и термические параметры полученных НФА со свойствами его смеси с донорным материалом, особенностями морфологии, разделением фаз их стабильностью и характером деградации, что может дать более глубокое понимание протекающих в фотоактивном слое ОСБ физических процессов и позволит прогнозировать производительность и стабильность ОСБ на основе НФА. Важным фундаментальным результатом совместного проекта будет сравнение влияния типа высокомолекулярной организации НФА, олигомерной или полимерной, на комплекс свойств таких соединений и параметры фотовольтаических устройств на их основе. Полученные в ходе выполнения проекта результаты позволят существенно продвинуться в молекулярном дизайне акцепторных материалов с необходимым набором свойств и получить на их основе высокоэффективные и стабильные органические солнечные батареи.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121032300317-7

УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭКСИТОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ДВУМЕРНЫХ ГИБРИДНЫХ ОРГАНОНЕОРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТАХ

Цель. Разработка количественной микроскопической теории, описывающей управляемый перенос экситонов в двумерных гибридных органо-неорганических перовскитах. Разработанная теория послужит теоретической базой для реализации солнечных батарей нового поколения на основе вышеуказанных структур. Задачи. Полуаналитическое описание экситонных состояний в двумерных гибридных органо-неорганических перовскитах с учетом структурных особенностей в различных конфигурациях материалов перовскита, структуры подложки и покрывающего слоя, а также наличия вертикального к плоскости перовскита внешнего электрического поля. Расчет экситон-экситонных

взаимодействий как в основном, так и в возбужденном состояниях при различных конфигурациях структуры. Планируемые результаты. Определена форма взаимодействия между заряженными частицами, установлена ее зависимость от структурных и материальных параметров системы. Энергии связи и волновые функции экситонов при различных конфигурациях структуры, установлена их зависимость от ее параметров. Рассчитаны матричные элементы экситон - экситонного рассеяния, установлена их зависимость от параметров структуры, обменных импульсов, главного квантового числа экситона, дипольного момента экситона и внешнего электрического поля.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

№ 121071400045-7

ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГАЛОГЕНИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МЕТАЛЛОВ: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

Галогенидные комплексы р-элементов состава $AxMyIz$ (A = катион; M = Sn, Pb, Sb или Bi) активно исследуются в течение нескольких последних десятилетий. Это связано с тем, что они, с одной стороны, демонстрируют большое количество структурных типов (что интересно с точки зрения структурной неорганической и координационной химии), с другой – демонстрируют многочисленные интересные с точки зрения материаловедения свойства, такие как полупроводниковые, люминесцентные и нелинейные оптические. С момента открытия солнечных элементов на основе иодоплюмбата метиламмония большое количество исследований посвящено изучению галогенидных комплексов свинца в качестве поглотителей света в фотовольтаических устройствах. Несмотря на высокий КПД таких устройств, проблемой остается их невысокая стабильность. Один из вариантов решения данной проблемы – это переход к созданию «бессвинцовых» фотоэлектрических материалов на основе галогенидных комплексов иных р-элементов (особенно сурьмы и висмута), в том числе и гетерометаллических. В настоящее время ведутся работы в этом направлении и уже опубликованы статьи, в которых описываются попытки использования гетерометаллических комплексов висмута в качестве компонентов солнечных

батарей. Так, В 2019 году была опубликована статья, где гетерометаллические иодидные комплексы висмута с серебром и медью были использованы как компоненты солнечных элементов (<https://doi.org/10.1039/C9TA04325J>). Стоит отметить, что химия этих соединений изучена слабо в сравнении с гомометаллическими производными. С фундаментальной точки зрения основная сложность синтеза новых галогенидных комплексов состоит в том, что на данный момент не найдены какие-либо корреляции между условиями проведения реакции, структурой и составом образующегося соединения. На структуру продукта влияет выбор начальных реагентов, их соотношение и условия кристаллизации. При синтезе гетерометаллических комплексных соединений добавляется ещё одна проблема, которая состоит в том, чтобы добиться «включения» гетероатома в структуру продукта реакции. Актуальной задачей является систематическое изучение закономерностей образования галогенидных гетерометаллических комплексов и изучение их физико-химических свойств. Систематический анализ полученных результатов позволит выявить наиболее перспективные вещества для применения в разных областях современного материаловедения, в особенности, в фотовольтаических устройствах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121112600150-6

ФУЛЛЕРЕНИЛАЗИДЫ В СИНТЕЗЕ АРОМАТИЧЕСКИХ И ГЕТЕРОАРОМАТИЧЕСКИХ 1,2,3-ТРИАЗОЛОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Представленный проект направлен на разработку эффективных методов синтеза новых гибридных молекул на основе 1,2,3-триазолсодержащих фуллеренов, содержащих ациклические, арильные и гетероарильные заместители различной структуры с целью создания перспективных материалов для наноустройств и микроэлектроники. Идея данного проекта основывается на ранее выдвинутом в нашей лаборатории (Лаборатория каталитического синтеза ИНК УФИЦ РАН) предположении о том, что производные фуллеренов, содержащие сопряженные и полисопряженные ароматические и гетероароматические фрагменты являются более перспективными полупроводниковыми материалами, чем широко применяемый на сегодняшний день для создания органических устройств в лабораторных условиях PCBM ([6,6-phenyl-C61-butyric acid methyl ester]). Выдвинутая идея получила подтверждение в работе моих коллег по лаборатории (J. Org. Chem., 2019, 84, 16333), где в результате новой реакции в химии фуллеренов удалось получить различные стирилфуллерены, в которых углеродный каркас связан с ароматическим π-сопряженным заместителем, характеризующийся более высокими значениями энергии LUMO, чем PCBM, что согласно литературным данным (T.Zhang, et al. Dyes and Pigments. 2020, 177, 108233. Po-Yen Tseng, et al. J.Chin. Chem. Soc. 2020, 67 (3), 430-436; Tianzhi Yu, et al. New J.Chem. 2019, 43 (11), 4356-4363.) будет

положительно влиять на показатель напряжения холостого хода в органических солнечных батареях, а также электронную подвижность в органических полевых транзисторах. Это может свидетельствовать о масштабных перспективах применения синтезированных соединений в качестве новых акцепторных материалов для органических солнечных элементов с гетеропереходом. Учитывая вышеизложенное, в рамках данного проекта мы предполагаем, что перекрытие электронного облака фуллерена с сопряженным фрагментом может быть достигнуто не только за счет кратных связей, соединяющих фуллереновый остоу с различными ароматическими и гетероароматическими соединениями, но и благодаря гетероциклическим фрагментам (например, 1,2,3-триазолы), непосредственно связывающих фуллерены с ароматическими и гетероароматическими заместителями. Таким образом, в рамках данного проекта нами запланированы исследования, направленные на разработку эффективных методов 1,3-диполярного циклоприсоединения различных ациклических, ароматических и гетероароматических ацетиленов к фуллеренилазиду (впервые синтезированному в нашей лаборатории [Tetrahedron Letters, V. 55, 1, 28, P.3747, (2014)] в условиях «клик» химии, а также изучение электрохимических характеристик синтезированных триазолсодержащих фуллеренов и органических электронных устройств, созданных на их основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121052800059-9

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Cu_2NiSn(S,Se)_4$ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Актуальность настоящего проекта заключается в создании эффективных и дешевых тонкопленочных солнечных батарей на основе четверных соединений меди типа $Cu_2NiSnS(Se)_4$, в изучении которых в настоящее время есть большая потребность. Поэтому новизна проекта состоит не только в исследовании этих перспективных соединений, в изучении влияния их стехиометрии на электрофизические и оптические свойства, дефектную структуру и времена жизни фотогенерированных носителей заряда, но и в оценке их практического применения. В качестве основного метода синтеза таких материалов в проекте предлагается использовать потенциально дешевый, экологически чистый, безопасный для персонала, позволяющий масштабировать процесс и не представляющий проблем для последующей утилизации, жидкофазный метод нанесения тонких пленок - различные типы электроосаждения (последовательное и одностадийное) из водных растворов электролитов. В качестве иностранного партнера выбрана группа молодых исследователей из лаборатории физики полупроводников (ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению») под руководством м.н.с. Станчик А.В. Опыт работы с белорусскими коллегами в области полупроводникового материаловедения и тонкопленочной фотовольтаики подтверждается участием в

предыдущем проекте РФФИ-БРФФИ (2016-2018) и наличием совместных публикаций. В ходе данного проекта российской стороной предполагается обширно исследовать влияние условий электрохимического синтеза (раствор электролита, концентрация, pH раствора и др.) на состав, структуру, оптические и электрофизические свойства прекурсорных пленок $Cu-Ni-Sn-S(Se)$. Белорусскими коллегами будет подробно исследована дополнительная стадия отжига прекурсорных пленок и процессы формирования конечной поликристаллической структуры $Cu_2NiSnS(Se)_4$. Кроме того, предполагается осуществить пробные сборки солнечных элементов с поглощающими слоями $Cu_2NiSnS(Se)_4$, полученными совместно российской и белорусской сторонами, а также провести исследование их основных характеристик (напряжение холостого хода, ток короткого замыкания, фактор заполнения, эффективность). По ходу выполнения проекта планируется апробация основных результатов на российских и иностранных фотовольтаических конференциях, будут опубликованы не менее двух статей в рецензируемых журналах. Основные результаты данного проекта позволят понять причины возможного снижения эффективности солнечных элементов на основе материалов $Cu_2NiSnS(Se)_4$.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121093000060-6

НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ МЕТАЛЛООКСИДНЫХ АЭРОГЕЛЕЙ ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ЗА ВНУТРЕННИМИ И ВНЕШНИМИ ФАКТОРАМИ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕССА

Аэрогели являются уникальным классом твердых высокопористых наноматериалов. Они сочетают в себе целый ряд разнообразных свойств, таких как высокая удельная поверхность, высокая пористость (в основном за счет наличия микро- и мезопор), низкая теплопроводность, высокая

сорбционная способность и т.д. Наличие таких свойств обусловлено особым строением аэрогелей. Твердотелый каркас аэрогеля представляет собой открытую 3D-сеть, образованную связанными между собой наночастицами. Благодаря сочетанию необычных химических и текстурных

характеристик аэрогели считаются перспективными для различных применений, таких как, например, сорбция, звуко- и теплоизоляция, каталитические системы, системы для доставки лекарственных средств, системы хранения энергии, и даже материалы для улавливания космической пыли. Каждая отрасль возможного применения предъявляет свои требования к свойствам и структуре материалов. Эти требования могут включать в себя значения площади удельной поверхности, степень кристалличности и фазовый состав, размер и форма частиц, коэффициент светопропускания, термическая устойчивость и т.д. Однако современное состояние научных исследований не предлагает подходов к синтезу аэрогелей с заранее заданными характеристиками. Таким образом, очевидно, что разработка фундаментальных методов контролируемого направленного синтеза аэрогелей – главная цель предлагаемого проекта – является актуальной научной задачей. Синтез аэрогелей представляет собой многоступенчатый процесс, включающий в себя получение мокрого геля методом золь-гель синтеза, а также обязательную сверхкритическую сушку для удаления жидкости из пор геля без разрушающего влияния капиллярных сил. Научная новизна проекта заключается в принципиально новом, комплексном междисциплинарном подходе к изучению связи между условиями синтеза материала и его свойствами. Впервые предлагается изучить вклад каждой из стадий синтеза аэрогеля (начиная от выбора прекурсора и растворителя и их концентрации в растворе, до влияния внешних факторов, таких как, например, магнитное поле) на его структуру и свойства (удельная площадь поверхности, скелетная плотность и т.д.). В рамках выполнения работы предлагается определить зависимость структуры и свойств получаемых аэрогелей от следующих факторов: 1. Химический состав исходной соли металла. 2. Влияние химической природы и свойств растворителя, использованного на этапе формирования золя (сольватирующие и хелатирующие свойства), на строение сольватной оболочки катиона металла и свойства получаемых впоследствии аэрогелей. 3. Концентрации исходных веществ в золе. 4. Влияние внешнего магнитного поля на формирование гелей на основе оксидов железа и структуру получаемых аэрогелей. В качестве объектов исследования выбраны металлооксидные аэрогели на основе оксидов металлов, которые представляют наибольший интерес с точки зрения современной науки и наукоёмкой промышленности, а именно: 1. Оксид алюминия является с одной стороны, перспективным носителем для катализаторов

различных химических процессов. С другой стороны, керамики на основе оксида алюминия являются широко известными высокотемпературными теплоизоляторами. 2. Оксид хрома (III) применяется как катализатор в различных химических процессах, а также является известными полупроводником р-типа. Кроме того, подробно изучаются магнитные свойства нанодисперсного Cr_2O_3 . 3. Оксиды железа (гематит, магнетит, маггемит и другие) представляют собой особый класс наноматериалов. Они являются перспективными для многих областей науки и промышленности благодаря своим уникальным электрическим и магнитным свойствам. Так, например, они могут применяться в качестве газовых сенсоров, на их основе можно создавать феррожидкости (ferrofluid technology). Помимо этого, наноразмерный оксид железа – важный материал для аэрокосмической промышленности. 4. Оксид никеля является крайне интересным объектом как для лабораторного изучения, так и для технологического применения. NiO широко используется в различных химических реакциях, таких как риформинг метана с помощью CO_2 , окисление сероводорода до серы и некоторых других. Оксид никеля является полупроводником р-типа с широкой запрещенной зоной 4.2 эВ, что позволяет использовать его в качестве чувствительного материала для хеморезистивных или оптических датчиков газа, например, H_2 , CO и NO_2 . 5. Оксид цинка является одним из интенсивно исследуемых multifunctional материалов благодаря своим уникальным оптическим и электрохимическим свойствам, а также значительной термической стабильности. Было обнаружено, что оксид цинка может найти применение в фотокатализе, пьезоэлектрических материалах, солнечных батареях, а также в качестве антибактериального агента и люминесцентного материала. Оксид цинка является одним из наиболее перспективных материалов с точки зрения применения в качестве газовых сенсоров для детектирования таких газов, как кислород, водород, угарный газ, аммиак, а также широкий круг летучих органических веществ. Оксид цинка при определенных условиях может приобретать ферромагнитные свойства при комнатной температуре и, таким образом, становиться перспективными материалами для спинтронных устройств. Возможность направленного синтеза пористых наноматериалов на основе данных оксидов – это путь к получению высокоэффективных катализаторов важных промышленных процессов, метод создания высокостойких теплоизоляторов нового поколения, солнечных батарей, высокоэффективных газовых сенсоров.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011200311-0

КВАНТОВАЯ ДИНАМИКА ЯН-ТЕЛЛЕРОВСКИХ КОМПЛЕКСОВ В КРИСТАЛЛАХ

Научной проблемой проекта является исследование свойств точечных дефектов в легированных в широкозонных полупроводниках и диэлектриках, перспективных для применения в качестве элементной базы в устройствах оптоэлектроники и в вычислительной технике. Ионы переходных металлов, часто используемые для легирования, в большинстве случаев обладают орбитальным вырождением, что в свою очередь приводит к проявлению эффекта Яна-Теллера. Этот эффект проявляется в понижении симметрии комплекса (представляющего собой ион и ближайшее окружение) за счет электрон-колебательного (вибронного) взаимодействия. В данном проекте планируется исследование квантовой динамики ян-теллеровских комплексов в примесных кристаллах методами физической акустики, которые обладают уникальной возможностью изучать основное (низкоэнергетическое) состояние этих комплексов. Научная значимость проблемы определяется логикой развития науки, а актуальность – возможностями практического применения ионов переходных металлов в квантовой оптике, спинтронике, вычислительной технике, элементах солнечных батарей и светодиодах. В случае, если

ион является ян-теллеровским, энергетическое состояние комплекса можно менять с помощью приложенных деформаций, что открывает дополнительную возможность управления устройством, в котором эти комплексы используются. Естественно, все возможности практического использования могут быть установлены только после всестороннего изучения свойств объектов. Традиционными методами исследования ян-теллеровских комплексов являются магниторезонансные (в основном ЭПР) и оптические. Первые позволяют определить симметрию окружения (локальные деформации комплексов), а вторые дают возможность установить структуру энергетических уровней, сформированную благодаря дополнительному расщеплению за счет вибронного взаимодействия. Ультразвуковые методы исследования этих объектов получили заметное развитие сравнительно недавно. С их помощью удастся определить симметричные свойства не только локальных деформаций, т.е., глобальных минимумов низкоэнергетического листа адиабатического потенциала, но и седловых точек. Кроме того, имеется возможность определить значения энергий ян-теллеровской стабилизации, а также величины, входящие

в вибронный Гамильтониан: линейные и квадратичные константы вибронной связи. Средствами физической акустики удается получить большой объем уникальной информации о свойствах ян-теллеровских комплексов, недоступной другими методами. Лидирующее место в этих исследованиях принадлежит группе, в состав которой входят участники проекта. Настоящий проект ориентирован на развитие данного направления и сохранения этих лидирующих позиций. В данном проекте предполагается исследование туннельных механизмов релаксации ян-теллеровских комплексов на основе экспериментальных данных о температурных и магнитопольевых зависимостях поглощения и скорости ультразвука (или комплексных модулей упругости). Имея квантовую природу, туннельные переходы представляются малоэффективным механизмом релаксации, и в силу этого, ранее ими пренебрегали при обработке экспериментальных данных. Однако выполненные недавно исследования кристалла $\text{CaF}_2:\text{Cr}$ [Письма в ЖЭТФ т. 113, с. 52, (2021)] показали, что кубические ян-теллеровские комплексы $\text{Cr}\{2+\}\text{F}_8$ в матрице CaF_2 обладают достаточно низким потенциальным барьером по сравнению с ранее исследованными комплексами $\text{Cr}\{2+\}\text{F}_8$ в SrF_2 и $\text{Ni}\{2+\}\text{F}_8$ в CaF_2 [см. ЖЭТФ т. 159, с. 892 (2021)]. В результате туннельные переходы оказываются настолько эффективными, что обеспечивают достаточное для надежных измерений поглощение ультразвука, связанное с ними, а значит, и возможность их изучения. Поиск других легированных кристаллов, с низкими барьерами адиабатического потенциала и изучение туннельных механизмов релаксации системы ян-теллеровских комплексов является логическим продолжением ранее выполненных нами исследований в этой области. Для молекулярной теории этого явления разработана достаточно полно (см., например, I.B. Bersuker, *The Jahn-Teller Effect*, Cambridge University Press, 2006), чего нельзя сказать относительно ян-теллеровских комплексов в легированных кристаллах, для которых расчеты выполнены давно и с использованием весьма упрощенных моделей (см. M.D.Sturge в *Solid State Physics*, v.20, p.91 (1968), Academic Press, NY, London). При этом рассматривались два типа туннельных механизма релаксации: скорость релаксации одного линейно зависит от температуры, а второго (двухфононного) – пропорциональна температуре в третьей степени. Очевидно, что механизмы переходов, в которых участвуют тепловые фононы, более эффективны по сравнению с переходами, которые рассматриваются для молекул. Экспериментальное исследование туннельных механизмов релаксации и сравнение с существующей теорией является совершенно новым направлением исследований ян-теллеровских комплексов. Можно ожидать, что такое исследование

обеспечит дополнительную мотивацию для развития теории явления без привлечения используемых в настоящее время упрощений. Как уже было отмечено, важную роль туннельных переходов в релаксационном поглощении ультразвука удалось установить в кристалле флюорита для кубических комплексов, в которых ян-теллеровский центр имеет 8 ближайших соседей. Можно предположить, что для октаэдрических и тетраэдрических комплексов будут более низкие потенциальные барьеры в силу того, что ближайших соседей меньше (6 и 4, соответственно) и связь электронных состояний с колебательными должна быть также менее выраженной. Установление экспериментального факта измеряемого вклада туннельных переходов в релаксационное поглощение ультразвука имеет еще одно важное значение. А именно, этот факт требует пересмотра интерпретации обнаруженной в кристалле $\text{ZnSe}:\text{Cr}$ зависимости поглощения ультразвука от магнитного поля [N.S. Averkiev, I.B. Bersuker, V.V. Gudkov, et al. *Phys. Rev. B* v.96, 094431 (2017)]. Ранее проявление эффекта Яна-Теллера в этом кристалле рассматривалось в рамках Тхе задачи, которая предполагает отсутствие потенциальных барьеров и туннельных переходов. Для обоснования существования поглощения ультразвука при низких температурах эта интерпретация рассматривала возможность резонансных переходов между уровнями, сильно размытыми тепловым движением атомов в кристалле [K. Baryshnikov, N. Averkiev, I. Bersuker, et al. *Phys. Status Solidi B*, 2019 1800635]. Релаксационное поглощение при низких температурах пропорционально скорости релаксации и изотермическому модулю упругости. Последний обратно пропорционален температуре, а среди туннельных механизмов есть такой, у которого скорость релаксации линейна по температуре. В пределе нулевой температуры линейная и обратно пропорциональная зависимости компенсируются, в результате чего релаксационное поглощение асимптотически стремится к константе (отличной от нуля). При наличии релаксационного поглощения в пределе нулевой температуры необходимость рассмотрения резонансного поглощения отпадает. При этом допущение туннельных переходов, естественно, предполагает наличие потенциальных барьеров (седловых точек адиабатического потенциала). Последнее указывает на то, что ян-теллеровские комплексы описываются не Тхе, а $T_x(e+2)$ задачей. Безусловно, для такой существенной смены интерпретации необходимо быть уверенным, что температурная зависимость времени релаксации описывается приведенной в литературе зависимостью от температуры скорости релаксации, связанной с туннельными механизмами. Эта задача также ставится в данном проекте.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122082600057-3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ПУТЬ К СОЗДАНИЮ СТАБИЛЬНЫХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Органические солнечные батареи (ОСБ) являются перспективной технологией преобразования солнечной энергии третьего поколения. К их преимуществам можно отнести гибкость, малый удельный вес, а также низкую стоимость и простоту изготовления за счет возможности использования высокоэффективных печатных рулонных технологий. Эффективность ОСБ уже превышает 18%. К сожалению, усилия исследователей до настоящего времени были сосредоточены лишь на повышении эффективности преобразования света, в то время как изучению стабильности используемых материалов уделяется очень мало внимания. Например, в настоящее время исследована фотостабильность лишь для десятка органических полупроводниковых материалов среди многих тысяч разработанных перспективных структур. В литературе недостаточно данных для формирования ясной картины о механизмах протекающих

деградационных процессов. В то же время, фоторазложение полупроводниковых материалов, формирующих активный слой устройств, определяет эксплуатационную стабильность фотовольтаических устройств. В связи с этим, широкое практическое внедрение разработанных на сегодняшний день органических солнечных элементов невозможно из-за их недостаточной стабильности. Основной целью данного проекта является систематическое изучение и установление механизмов фотохимических деградационных процессов, протекающих в органических полупроводниковых материалах, формирующих активный слой органических солнечных батарей: сопряженных полимеров, а также фуллереновых и нефуллереновых акцепторов и композитов на основе этих материалов. Комплексное исследование имеющийся в распоряжении участников проекта обширной библиотеки перспективных материалов позволит выявить

фундаментальные корреляции между особенностями их молекулярного строения и фотостабильностью. Будут исследованы структурные аспекты фотохимических процессов деградации разных групп фотоактивных материалов, установлены пути и механизмы их разложения, в том числе с идентификацией промежуточных продуктов. Будут предложены молекулярные структуры новых фотоактивных

материалов, обладающих высокой фотостабильностью в условиях работы солнечных батарей. Полученные в ходе выполнения проекта новые научные знания позволят создать органические солнечные батареи, характеризующихся долговременной стабильностью, высокой эффективностью и значительными перспективами широкого практического внедрения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022200080-1

СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСРЕДСТВОМ IN SITU НЕЙТРОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

Исследования и разработки в области возобновляемой энергетики, в частности в развитии эффективных и экономичных солнечных батарей третьего поколения, являются важной практической задачей. Органо-неорганические гибридные перовскитные материалы в последнее время привлекают большое внимание, благодаря своим отличным оптоэлектронным свойствам. Одним из главных препятствий на пути коммерциализации тонкопленочных солнечных элементов этого типа является их слабая долговременная устойчивость в условиях повышенной влажности и температуры. Причину этого связывают с деградацией перовскитного слоя из-за разделения фаз. Однако четкого понимания механизмов деградации нет. Детальное понимание структурных процессов в данных системах в различных условиях – актуальная задача, решение которой необходимо для разработки перспективных фотоэлектрических преобразователей. Проект направлен на развитие и реализацию структурной диагностики и изучение тонких пленок перовскитов для солнечных элементов нового поколения в различных условиях. С помощью in situ нейтронной рефлектометрии будет исследоваться структурная устойчивость данных систем по отношению к высокой температуре и влажности. В качестве объектов исследования выбраны йодоблупмбат метиламмония, как модельная система, и несколько перспективных смешанных

перовскитных материалов. Эволюция структуры тонких пленок, нанесенных предварительно на кремниевые подложки, будет отслеживаться по изменению кривых зеркального отражения нейтронов в терминах распределения плотности длины рассеяния по глубине в окрестности границы раздела пленки с влажной воздушной средой. Для реализации такого рода экспериментов будет создана специализированная герметичная ячейка с одновременным контролем влажности и температуры. Качество начальных пленок будет исследоваться в дополняющих экспериментах по рентгеновской и нейтронной рефлектометрии из воздуха, а также атомно-силовой микроскопии. Структурный анализ позволит определить, при каких условиях происходит деградация структуры пленок, а также обозначить сегрегационные явления внутри пленок. В результате с помощью неразрушающего излучения будет изучен механизм этих процессов, предложена его схема. Также будет проведена апробация изучения влияния на структуру пленок в различных влажностно-температурных режимах защитной пленки на основе полимера и полимерного нанокомпозита поверх модельной пленки перовскита. Результаты проекта важны для оптимизации структуры тонкопленочных солнечных элементов, в частности для совмещения их высокого КПД, простоты приготовления и структурной стабильности.

Исполнитель: ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

№ 122082400055-1

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ И ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА, ПЕРСПЕКТИВНЫХ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Тремя наиболее важными свойствами светоулавливающего материала являются КПД, стоимость материала и его стабильность. Перовскиты на основе йода APbI_3 ($A=\text{Cs}, \text{MA}, \text{FA}$) являются сравнительно дешевым материалом с высоким КПД. К сожалению, их стабильность низка, и они имеют короткий эксплуатационный срок службы. Этот недостаток препятствует их широкому внедрению в качестве нового источника возобновляемой энергии. Их многообещающие фотоэлектрические свойства и явная польза в других областях, таких как фотоприемники, фотодиоды и высокоспецифичные и чувствительные газовые сенсоры, делают их весьма важной темой для дальнейших научных исследований. В то время как этот материал в основном может быть защищен от деградации при химическом воздействии окружающей среды, фотодegradация является плохо изученной проблемой с этими материалами, с которой нелегко справиться так как стратегия их защиты не так очевидна. Проблема возникает из-за того, что, хотя материал довольно пластичен, он также ионен, это свойство позволяет ему низкоэнергетически образовывать точечные дефекты. Йодная интерстициально – вакансионная пара особенно проблематична, поскольку галогенидные вакансии очень подвижны, в то время как интерстициальная йод способен образовывать сильно окисляющийся супергалоген I_3 . При рассмотрении фотонестабильности перовскитов современные исследования указывают на то, что перовскиты, имеют тенденцию к деградации на поверхностях и границах раздела. Проблемной

областью устойчивости перовскита, являются, в частности, поверхность и границы раздела; существует большой интерес к стабилизации границ раздела перовскит-ЭТС и перовскит-ДТС. Следует отметить, что эта область исследований до сих пор остается весьма спорной. Как правило, вакансии йода являются наиболее подвижными точечными дефектами, это разумно, поскольку перемещение происходит по «прыгающему» механизму. Также наблюдается, что контркатод А может «помочь» прыгающему механизму через диполь-дипольное взаимодействие с мигрирующим йодом. Спорная часть исследований проистекает из утверждения о фотоиндуцированной аннигиляции пар дефектов Френкеля, что означало бы, что световое облучение должно улучшить КПД. Экспериментально было обнаружено обратное явление, экспериментальные данные указывают на существования заряженного дефекта Френкеля, возникающего в результате самоокисления перовскита захваченной дыркой. Таким образом, этот вопрос до сих пор не полностью решен и требует дальнейшего изучения. Эта тема также непосредственно связана с межфазной химией, поскольку эти процессы скорее всего происходят на границах раздела. Правильный подбор ЭТС материала может замедлить захват дырок и остановить или хотя-бы замедлить фотораспад. Основной целью наших исследований будет поиск высокостабильного интерфейса и более глубокого понимания окислительно-восстановительной химии. Это исследование будет проводиться с помощью расчетов теории функционала плотности. Такие расчеты

особенно перспективны потому что эта область, которая все еще несколько слабо изучена и требует дополнительных исследований. Теоретические расчеты позволяют провести более прямой анализ локальной химии, которая не доступна для эксперимента. Наша вторая цель будет заключаться в выполнении кластерных вычислений, которые можно

рассматривать как модель для малого полярона в объеме и как модель для реакций окисления/восстановления в квантовой точке перовскита. Кроме того, эти же расчеты будут использованы для рассмотрения устойчивости квантовых точек перовскита при воздействии стабилизирующих поверхностно-активных веществ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022700038-7

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современные тенденции в моделировании материалов – это многоуровневость (многомасштабность) моделей с использованием на первом уровне первопринципных методов. Успех реализации подобных моделей на современном этапе развития науки связан с применением распределенных вычислений на суперкомпьютерах. Стратегический проект будет выполняться через параллельную реализацию трёх взаимосвязанных проектов: 1. Квантово-механическое (атомистическое), мезоскопическое и термодинамическое моделирование как основа для разработки передовых материалов. 2. Синтез и исследование свойств инновационных материалов, необходимых для реализации критических технологий. 3. Физико-химические основы безотходной деструкции современных материалов функционального и конструкционного назначения и последующего использования продуктов этой деструкции. В рамках проекта предполагается развитие следующих тематик: создание композитных материалов нового поколения для ответственных высоконагруженных конструкций, многомасштабное моделирование соединений и материалов, функциональные материалы на основе ферритов, материалы с многокомпонентной основой,

новые каталитические материалов на основе ферритов для нужд тонкого органического синтеза и водородной энергетики, создание фотокатализаторов для очистки воды, создание материалов для солнечных батарей и светодиодов. Исследование включает в себя следующие разделы: «Материалы с многокомпонентной основой», «Саморегулирующиеся строительные материалы», «Оценка углеродного следа», «Композиционный сорбционный материал», «Природа механических свойств молекулярных кристаллов с выраженной ориентацией галогенных связей: уровень моделирования структуры и свойств электронной плотности», «На пути к новым гибридным материалам: цифровое моделирование структуры и свойств от атомно-молекулярного уровня до наночастиц», «Фундаментальные основы создания композитных материалов нового поколения для ответственных высоконагруженных конструкций», «Разработка новых видов оксидных катализаторов для нужд тонкого органического синтеза и водородной энергетики», «Разработка технологии получения мишени для магнетронного напыления тонких пленок бессвинцовой пьезокерамики на основе твердых растворов ниобата калия-натрия (KNN) (NaK)NbO₃».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122082500023-9

СТАБИЛЬНЫЕ ФОТОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СМЕШАННОЙ РАЗМЕРНОСТИ (2D/3D) ДЛЯ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Солнечная энергетика является экспоненциально растущей индустрией, на долю которой приходится около 2% общего мирового производства электроэнергии. Успешное развитие мировой фотоэлектрической промышленности обусловлено как быстрым увеличением объема производства традиционных кремниевых солнечных панелей (что приводит к значительному снижению их цены), так и постоянной разработкой и постепенным внедрением новых типов солнечных батарей. Перовскитные солнечные батареи (ПСБ) на основе комплексных галогенидов свинца AMX₃ (A – CH₃NH₃⁺, (NH₂)₂CH⁺, Cs⁺; M = Sn, Pb, X = Cl, Br, I) выглядят наиболее перспективными среди всех разрабатываемых сейчас фотоэлектрических технологий. Лучшие лабораторные образцы перовскитных солнечных элементов показывают сертифицированные КПД. более 25.5%, что близко к характеристикам солнечных элементов на основе кристаллического кремния (26.7%) [M. Green et al. Prog. Photovolt. Res. Appl. 2020, 28, 3]. Кроме того, комплексные галогениды свинца демонстрируют беспрецедентно низкую чувствительность к примесям и дефектам, что позволяет производить ПСБ из дешевых материалов без какой-либо существенной очистки, как это требуется в случае кремния и других неорганических полупроводников. При этом перовскитные солнечные панели могут быть изготовлены с использованием низкотемпературных растворных методов, что открывает широкие возможности для их масштабного производства с использованием дешевых и высокопроизводительных технологий рулонной печати. Однако, несмотря на огромный интерес к перовскитной фотовольтаике, промышленное производство перовскитных фотоэлектрических преобразователей до сих пор находится в зачаточном состоянии. Критическим

фактором, ограничивающим коммерциализацию перовскитных солнечных элементов, является недостаточная эксплуатационная стабильность устройств под действием влаги и кислорода воздуха, повышенных температур и облучения светом, а также низкий уровень технологической готовности для масштабного производства перовскитных солнечных панелей. Для обеспечения длительных сроков службы перовскитных солнечных батарей большой интерес представляют комплексные галогениды свинца со сложной структурой. Имеется большое число публикаций, указывающих на высокую стабильность этих материалов в условиях работы солнечных панелей, однако пока они уступают по эффективности классическим гибридным 3D перовскитным системам. Основной целью данного проекта является разработка принципов и методов рационального дизайна новых фотоактивных материалов со смешанной (2D/3D) размерностью, а также создание на их основе солнечных элементов и модулей большой площади с высокой эффективностью и значительно улучшенной эксплуатационной стабильностью. Заявляемый проект является масштабным междисциплинарным исследованием, выполнение которого возможно лишь в рамках тесного научного сотрудничества ведущих коллективов из России и Тайваня, имеющих комплементарный опыт и научный задел. В рамках заявляемого проекта российской командой будут разработаны, синтезированы и детально исследованы новые фотоактивные материалы на основе 2D/3D перовскитов, представляющие собой фазы Раддлсдена-Поппера (Rudlesden-Popper) и Диона-Якобсона (Dion-Jacobson). Будет сформирована большая библиотека (>100 структур) новых материалов, полученных с использованием как ранее известных, так и десятков новых аммонийных и амидиниевых

катионов. Будет исследована истинная фотостабильность всех полученных 2D/3D фотоактивных материалов. Впервые будут сформулированы принципы рационального дизайна фотоактивных материалов на основе 2D/3D перовскитов со значительно улучшенной фотостабильностью. Тайваньской командой будет проведена оптимизация технологии формирования всех функциональных слоев солнечных элементов с наиболее перспективными фотоактивными перовскитными материалами со смешанной размерностью (2D/3D), в том числе с использованием электрофизического

моделирования устройств. Будут получены новые научные знания о процессах переноса заряда в ПСБ с фотоактивным слоем на основе 2D/3D перовскитов, представляющих собой фазы Раддлсдена-Поппера и Диона-Якобсона. Будет разработана технология масштабирования наиболее эффективных и стабильных конфигураций солнечных элементов, созданы фотовольтаические модули с активной площадью 100 см², обладающие высокой эффективностью и стабильностью.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012400114-2

РАЗРАБОТКА ПРОСТЫХ КОНВЕРГЕНТНЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФОТО- И ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РЯДА ФУРАНА, ПИРРОЛА, ИНДОЛА И БЕНЗОФУРАНА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА БАЗЕ ФУРАНОВОЙ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Одним из основных направлений в химии материалов в последние три десятка лет является поиск новых фото- и электроактивных веществ среди органических соединений. Так, на основе малых органических молекул разрабатываются солнечные батареи различного типа, светоизлучающие диоды, лазеры, сенсоры, полевые транзисторы. Интерес к органическим соединениям с подходящими для оптоэлектроники и фотовольтаики физико-химическими свойствами обусловлен рядом их существенных преимуществ перед неорганическими, таким как сравнительная доступность, относительная простота их интегрирования в конечные устройства, широкая вариативность, а также возможность их дополнительной функционализации с целью придания необходимых физических и физико-химических свойств. Для увеличения эффективности работы устройств органической электроники необходим постоянный поиск и изучение новых классов органических соединений с целью поиска перспективных кандидатов на роль функциональных молекул, превосходящих по свойствам существующие. В этом поиске большое значение имеет экономическая целесообразность получения новых потенциальных фото- и электроактивных веществ. Таким образом, разработка

простых экономичных методов синтеза новых классов функциональных молекул из доступного исходного сырья способствует решению сразу двух научных проблем: во-первых, исследование новых соединений, отличающихся оригинальной химической архитектурой значительно повышает шансы на обнаружение конкурентных свойств; во-вторых, простота получения целевых соединений создает перспективы для их потенциального коммерческого использования. В рамках представленного научного проекта будет изучена возможность создания новых классов потенциальных функциональных молекул для оптоэлектроники и фотовольтаики, стартовым сырьем для которых будут являться доступные фурановые субстраты. С этой целью будут разработаны простые препаративные методы синтеза малых фото- и электроактивных соединений на базе гетероциклических матриц ряда пиррола, индола, фурана и бензофурана, а также проведена первичная оценка их оптических и электрохимических свойств для выявления в ряду полученных соединений потенциальных кандидатов на роль компонентов различных устройств органической электроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122032300506-4

ШИРОКОФОРМАТНЫЕ ПОЛУПРОЗРАЧНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАБИЛЬНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ АРХИТЕКТУР

Исследования по проекту в 2021 году были посвящены развитию перспективных технологий для создания широкоформатных перовскитных фотопреобразователей, каскадных солнечных элементов и оптоэлектронных устройств на основе комбинации методов химического газофазного осаждения (CVD), термического напыления и печати. Фундаментальной задачей являлось описание механизмов влияния фазовых включений на электронные и оптические свойства перовскитных композиций, выявление природы взаимодействия люминесцентных и диэлектрических фаз. Важной составляющей новизны в проведенных

исследованиях было развитие методов ионно – лучевого напыления (ion – beam sputtering - IBS), которые впервые был применен в области перовскитной фотовольтаики научной группой НИТУ «МИСиС». Для устройств СИД, новые подходы будут направлены на повышение выход фотолюминесценции и внешнюю квантовую эффективность устройств. Для детекторов ионизирующих излучений новые подходы были направлены на композиции перовскитных составов с большими атомными номерами - Pb; Ag; Bi; I; Br; Cs, что позволило достичь на высокую чувствительности обнаруживаемых доз излучений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

2022

№ 122012700329-7

СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН И ХИМИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ФОТОТЕРМИЧЕСКИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Проект направлен на разработку базовых принципов получения новых фототермических наноматериалов (ФТМ) на основе дихалькогенидов переходных металлов. Конкретная задача исследования заключается в поиске и апробировании подходов к направленной модификации структуры слоистых

дихалькогенидов переходных металлов MX₂ (M – металл IVb-VIb группы, X = халькоген) для управления физическими характеристиками вновь полученных материалов посредством регулирования полиморфного состава и стабильности их наночастиц, в том числе в водных суспензиях. Актуальность

химического конструирования наноматериалов на основе MX2 с повышенной фототермической (ФТ) активностью и стабильностью определяется важностью потенциальных применений таких материалов, востребованных в солнечной энергетике, медицине и других областях. Научная новизна исследования состоит в разработке новых методологий управления составом и архитектурой наночастиц новых синтезированных ФТМ, представляющих собой органо-неорганические слоистые структуры на основе MX2. Фактически в проекте предусматривается развитие нового направления, ориентированного на химическое конструирование эффективных ФТМ, адаптированных для применения в различных условиях и комбинациях с гетерокомпонентами различной природы. Возможность использования слоистых MX2 как основы ФТ материалов обусловлена способностью этих веществ к сильному поглощению электромагнитного излучения в видимом и ИК-диапазоне с последующей эффективной конверсией поглощенного излучения в тепло. Полиморфные модификации MX2 характеризуются различным электронным строением, спектральными, фототермическими свойствами и стабильностью. Для создания материалов со смешанным

полиморфным составом, способным обеспечить улучшенные ФТ свойства, предполагается модифицировать в мягких условиях слоистые MX2, иницируя в их кристаллической решетке контролируемые структурные трансформации. Расслаивание кристаллов MX2 в водной среде и последующая сборка гибридных частиц из модифицированных слоев и органических компонентов, как ожидается, позволит обеспечить высокую дисперсность частиц, стабилизировать их полиморфный состав (за счет взаимодействий халькогенидных слоев с гетерокомпонентами), а также повысить седиментационную устойчивость водных суспензий материала. Строение полученных наноматериалов будет установлено в результате применения комбинированного теоретико-экспериментального подхода к определению структуры слоистых органо-неорганических систем по данным порошковой рентгеновской дифракции и квантовохимических расчетов, а также по данным рентгенофотоэлектронной и оптической спектроскопии. Полученные структурные характеристики в совокупности с изучением спектральных свойств позволят выявить эффективные способы оптимизации состава и строения ФТМ на основе MX2.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н.НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122020200120-0

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Актуальность тематики определяется отставанием отечественной нанотехнологической базы от мировой для создания устройств микро- и наносистемной техники, сенсорных и навигационных устройств, наноструктурированных функциональных материалов, а также необходимостью обеспечения технологической и оборонной безопасности страны от различных угроз путем разработки современных приборов, сенсоров и микро- и наноустройств. Целью работы является проведение экспериментальных и теоретических исследований, направленные на разработку технологии и создание перспективных элементов и устройств микро- и наносистемной техники таких как: - микропереключатели для высокочастотной электроники, -

устройства микро- и нанофлюидики, - микро и наносенсоры, - микро- и наногенераторы для бесперебойного питания сенсорных и других цифровых устройств массового применения. - перспективных материалов на основе халькогенидов металлов для создания высокоэффективных ИК приемников и элементов солнечной энергетики. В результате исследований будут изготовлены прототипы твердотельного литий-ионного аккумулятора, микропереключателей для коммутации ВЧ сигналов, а также микро- и наногенераторов на основе пьезорезонансных микрокантилеверов и на других физических принципах для бесперебойного питания сенсорных и других цифровых устройств массового применения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ К.А.ВАЛИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122021000056-1

ЦИФРОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ КРЕМНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА. «УМНЫЙ» ЦЕХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КРЕМНИЯ – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ НЕЙРО-КОМПЛЕКСЫ

Проект направлен на решение комплекса проблем в производстве технического кремния, и мероприятий, непосредственно влияющих на экологию и общую эффективность производства. Необходимо получение технического кремния с чистотой не менее 99,5%, пригодного для дальнейшего использования в цикле производства поликремния для солнечной энергетики при минимизации вредных выбросов микрокремнезема (микрокремнезема) и углекислого газа. Отклонения химического состава из разнообразия шихтовых материалов (кварца), изменения температурного режима руднотермических печей в широком интервале температур (РТП) приводят к возрастанию объемов газопылевых выбросов, содержащих значительное количество ценного кремнезема, нерациональному использованию ресурсов и увеличению количества примесей в готовом продукте. Низкая управляемость процесса связан с большим количеством нерегулируемых параметров, отсутствием информации текущем состоянии процесса, не эффективная работа автоматизированной системы управления АСУ. В существующих технологических условиях без внедрения новых подходов, связанных с решением вопросов ресурсо- и энергосбережения и снижением

экологической нагрузки на территории, невозможно без цифровой трансформации технологии и внедрения технологий замкнутого цикла, учитывающих все отклонения технологического режима, способных прогнозировать аварийные ситуации и осуществляющих выбор рациональных режимов. В этой связи, основная задача повышения эффективности производства кремния заключается в снижении удельного расхода основных и вспомогательных материалов, снижении энергопотребления при сокращении выбросов микрокремнезема в атмосферу. Для решения данных задач необходим: ввод в эксплуатацию высокотехнологичного оборудования в комплексе с газоочистками в соответствии с международными стандартами; решение задач эффективного управления через многоуровневые АСУ ТП с учетом материального баланса; рециклинг тепловой и электрической энергии, образующийся в процессе карботермического восстановления кремния и подготовки древесного угля. Применение технологий Индустрии 4.0 (MES-система, Big Data, глобальная цифровизация производства и обеспечение кибербезопасности) позволит реализовать технологии замкнутого цикла. В России при наличии крупных источников качественного сырья (кварца

SiO₂) производится металлургического кремния только в количестве 32 тыс. т на АО «КРЕМНИЙ» (г. Шелехов, Иркутской области), что составляет 2,5% от мирового выпуска кремния. Готовится к возобновлению работы и запускается 6 печей на ООО «РУСАЛ КРЕМНИЙ УРАЛ» (г. Каменск-Уральский, Свердловской области). Основное предназначение металлургического кремния — это выпуск алюминиевых сплавов (силуминов) для автомобильной и авиастроительной отрасли. Выпуск «солнечного» кремния 99.9999% в России для электронных элементов и пластин (для солнечных панелей) организован только на кремниевых предприятиях китайских производителей посредством применения хлорсилановых технологий, выделяющих тонны токсичных веществ в атмосферу. В настоящее время не существует научно-технического обоснования и технологий прямого получения кремния высокой чистоты термическими способами. Также отсутствуют данные по физико-химическим особенностям переработки мелкодисперсных отходов кремниевого производства (микрокремнезем), являющихся одними из самых крупномасштабных выбросов кремниевого производства. При выпуске 1 т кремния выделяется 400-450 кг техногенных отходов микрокремнезема (микрокремнезем) 2 класса опасности, которые утилизируются на полигонах, и используются в небольших количествах в строительной и металлургических отраслях. В настоящее время в мире не существует масштабных и реализованных технологий переработки отходов микрокремнезема для получения товарной продукции. Актуальность решения обозначенной проблемы может быть осуществлена при цифровой трансформации и комплексе

технологических и технических решений для получения кремния высокой чистоты на базе экоплатформы с целью повышения ресурсосбережения и энергоэффективности производства за счет внедрения технологий замкнутого цикла, и повышения степени использования сырьевого потенциала при переработке техногенного сырья (микрокремнезем) с получением готовой, конкурентоспособной на мировом рынке, как по техническим, так и экологическим критериям и показателям, продукции для предприятий и компаний газовой, нефтеперерабатывающей, химических и строительных отраслей. Научная новизна исследования заключается в обосновании целесообразности внедрения дополнительных точек контроля, которые позволяют получить следующие функциональные зависимости: состав сырья — выход микрокремнезема; температурный режим — пылегазовые выбросы (CO, CO₂); количество модификатора — содержание кремния в расплаве. Внедрение MES-системы позволит оптимизировать операции транспортирования, загрузки шихтовых материалов и выпуска готового продукта. Разработка и обоснование технологий переработки отходов для обеспечения замкнутого цикла производства. Научное обоснование методологии контроля концентрации твердых частиц в отходящих газах (в том числе микрокремнезем) для устойчивой работы газоочистных сооружений и обеспечения проектных значений системы газоочистных сооружений. Получение предполагаемых результатов может быть достигнуто путем внедрения MES системы, увеличения числа контролируемых параметров и вводом цифрового двойника в многоуровневую АСУ технологией производства кремния.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122031700498-1

РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЖК-ЭЛЕМЕНТА С ПРОЗРАЧНЫМИ ПРОВОДЯЩИМИ КОНТАКТАМИ, ВЫПОЛНЯЮЩИМИ ОДНОВРЕМЕННО ФУНКЦИЮ ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИСПЛЕЙНОЙ ТЕХНИКЕ И БИОМЕДИЦИНЕ

Научная новизна состоит в разработке ЖК-элементов с использованием наноструктурированных прозрачных проводящих контактов, выполняющих одновременно функцию ориентирующего покрытия и проводника. Разработка ячейки с увеличенным пропусканием, прочностью, варьируемыми рефрактивными свойствами, смачиваемостью, уменьшенным сопротивлением проводящих покрытий на основе оксидов индия и олова (ITO), которые применяются в элементах солнечной энергетики, модуляционной и дисплейной техники, биомедицине, а также изучение механизмов изменения базовых параметров при модификации поверхности осаждаемыми лазерным методом углеродными

нанотрубками, что является технологией с ноу-хау, не представленной на рынке отечественными производителями. Востребованность на рынке хай-тек индустрии является стабильно растущей тенденцией. Опыт команды позволяет уверенно утверждать, что мы обладаем и технической составляющей, и коммерческими наработками для успешной разработки изделия и дальнейшего его продвижения на рынке. Научный руководитель проекта опубликовал более 40 статей и заметок по данной тематике. Риски проекта оцениваются как приемлемые, у нас есть опыт реализации похожих проектов, и понимание потребностей бизнеса, так же мы работаем на рынке с растущей потребностью в продукте.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ФОТОФИЗИКС»

№ 122032300278-0

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ, МИКРОСТРУКТУРЫ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ, ОБЪЕМНЫХ И ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И СЕНСОРИКИ

Основной целью проведения вертикально-интегрированных комплексных исследований механизмов формирования, морфологии, структуры и физических свойств дисперсных, объемных керамических и тонкопленочных нанокристаллических материалов на основе композиций широкозонных оксидных, нитридных и карбидных соединений систем является создание научного, материаловедческого, технологического заделов в области функциональных материалов прозрачной электроники, фотоники, солнечной энергетики и сенсорики, включая разработку новых перспективных составов, архитектур и технологий низкотемпературного формирования тонкопленочных функциональных слоев и многослойных структур для различных элементов прозрачной электроники, фотоники, солнечной энергетики и сенсорики. Задача

низкотемпературного синтеза функциональных слоев с заданными свойствами в условиях, далеких от равновесных, является сегодня одной из ключевых в области физики тонких пленок. Слои, синтезируемые в условиях, далеких от равновесных, характеризуются высокой плотностью собственных дефектов, наличием неравновесных наноразмерных фаз со свойствами, обусловленными квантово-размерными эффектами. Проблемы, возникающие при моделировании подобных систем, связаны со сложностью исследования состава и характеристик межзеренных границ, а также разделения вкладов зерен и межзеренных границ в проводимость в нанокристаллических структурах с характерными размерами зерен порядка десятков или даже единиц нанометров. Научная новизна основной задачи, решаемой в рамках проекта, состоит в получении знаний о

процессах формирования и свойствах наноструктурированных слоев с размерами зерен в пределах 20 нм на основе сложных многокомпонентных композиций широкозонных оксидных, нитридных и карбидных соединений и металлов, а также в построении моделей протекания тока в таких слоях в зависимости от их состава и структуры межзеренных границ в них. Практическая ценность поставленной экспериментальной задачи состоит в разработке и использовании для формирования слоев принципиально новых технологий, обеспечивающих при относительно низких температурах ($T < 450^\circ\text{C}$) получение всего ряда функциональных слоев прозрачной электроники и сенсорики. В рамках выполнения работ планируется достижение следующих научных и практических результатов: - установление закономерностей трансформации морфологии, элементного и фазового состава частиц порошковых композиций широкозонных оксидных, карбидных и нитридных материалов в процессе

механической и механохимической активации в инертной и реакционной атмосфере; - установление закономерностей влияния морфологии, микроструктуры, элементного и фазового состава частиц дисперсных порошковых систем на механизмы их консолидации в процессе искрового плазменного спекания, структуру и свойства синтезированных композиционных мишеней; - установление характера влияния элементного и фазового состава распыляемых мишеней, режимов распыления на микроструктуру, электрофизические и оптические свойства осаждаемых слоев и тонкопленочных структур; - разработка новых перспективных материалов и технологий формирования композиционных мишеней, новых архитектур и перспективных комбинированных методов синтеза функциональных слоев для прозрачной электроники, фотоники, солнечной энергетики и сенсорики, обеспечивающих существенное улучшение их характеристик.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ДАГЕСТАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122041200017-8

НАНОМАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОФОТОНИКИ: ПОЛУЧЕНИЕ, НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ

Целью научных исследований является развитие методов получения новых материалов для нанoeлектроники и радиофотоники, наноструктурирования и создания перспективных устройств электронной компонентной базы. В части развития методов получения новых материалов целями являются изучение различных технологических особенностей процессов синтеза новых материалов, исследование возможностей газофазного синтеза низкоразмерных материалов, магнетронного напыления сегнетоэлектрических тонких пленок, синтеза нанотрубок различного состава, а также графеновых слоев и производных графена (GrO, GrN, GrF ...). На основе полученных материалов будут создаваться тестовые приборные структуры для исследования их свойств и возможности применения в микро- и нанoeлектронике. К таким материалам можно отнести наностержни, полупроводниковые и диэлектрические, композитные материалы на основе углеродных нанотрубок, металл-углеродных и металлгидрид-углеродных наноструктурированных материалов, графена и его производных. Исследование графеновых и гибридных структур, других структурно родственных материалов (слоистые материалы, способные к расщеплению на отдельные плоскости и может быть топологические изоляторы и др.) и освоение технологий получения макроскопических по площади и объемам образцов с целью их возможного использования в массовом производстве. Создание и исследование полупроводниковых гетероструктур на основе квантовых ям, квантовых проволок, квантовых точек. Эти объекты кроме большого фундаментального интереса представляют и значительные возможности практического использования как основа развития элементной базы микро- и нанoeлектроники на новых физических принципах и квантовой электроники. Разработка мемристивных структур на основе низкоразмерных материалов и создание новых элементов памяти на основе мемристоров. Исследования характеристик мемристора показали, что его можно применять и в качестве элемента памяти ReRAM. В основе этих возможностей лежит эффект биполярного резистивного переключения в структурах на основе оксидных соединений. Компьютерное исследование особенностей физических механизмов бистабильных резистивных переключений в гетероструктурах металл-

изолятор-металл с учетом технологических неоднородностей. Развитие теоретических моделей технологических процессов нано- и микроструктурирования с использованием тонко сфокусированных пучков заряженных частиц и света, процессов проявления и травления. Оптимизация технологических процессов для достижения высокого разрешения и предельной производительности. Создание моделей и оптимизация функционирования изделий нано- и микроэлектроники, нанoeлектромеханических систем. Разработка алгоритма подготовки данных для создания 2D и 3D объектов с помощью оптических литографов, использующих программируемую апертуру. Разработка физико-технологических основ и изучение электрических, магнитных и оптических свойств твердотельных наноструктурированных антистоксовых люминофоров, легированных редкоземельными металлами, для солнечной энергетики и трехмерного лазерного телевидения; полупроводниковых гетероструктур, содержащих малое число квантовых ям, разделенных туннельно прозрачными барьерами; магнитных метаматериалов и эпитаксиальных наноструктур на основе ферромагнитных, антиферромагнитных и половинных металлов, сверхпроводников и диэлектриков для применений в спинтронике и терагерцовой/дальней инфракрасной фотонике; моделей зарядового и спинового транспорта в наноразмерных проводниках с шероховатыми границами раздела и их экспериментальная модельная верификация в интересах суб-10 нм электроники; электрохимических и гибридных микросистем применительно к новым электрохимическим датчикам, базирующимся на микроэлектронной технологии, и превосходящих по своим параметрам имеющиеся аналоги. Широкое развитие микросистемной техники и беспилотных воздушных, морских и транспортных средств требует использования различных датчиков физических величин, прежде всего сверхминиатюрных. Исследование фундаментальных основ и принципов функционирования энергоэффективных датчиков физических величин на основе 1D и 2D кристаллов нацелено на разработку датчиков различных величин, включая беспроводные датчики - датчики Холла, датчики UV-излучения, датчики давления, QCM-датчики, датчики температуры, датчики ускорения, газовые датчики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042000097-9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТОВ В СИСТЕМАХ ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Целью настоящего проекта является получение новых эмпирических и теоретических знаний путем исследования различных процессов и явлений, определяющих физические свойства квантовых твердотельных систем пониженной размерности: низкоразмерных сверхпроводников, включая слоистые гетероструктуры; материалов с квазидвумерным упорядочением магнитной подсистемы; различных гибридных электронных и спинтронных систем пониженной размерности. Условно, предлагаемые задачи можно разделить на четыре направления: анализ и технология изготовления объектов исследования; экспериментальное изучение различных физических характеристик; моделирование и теоретическое описание процессов; по возможности, формулировка предложений по практическому использованию результатов исследования. Исследования 2022 года являются логическим продолжением работ коллектива НУЛ КНЭ в предыдущие годы, включая 2021. В тесном сотрудничестве с отечественными и зарубежными партнерами будут проводиться теоретические и экспериментальные исследования электронных, магнитных и спинтронных эффектов, наблюдающихся в квантовых объектах пониженной размерности. Ожидается, что будут обнаружены качественно новые физические явления, которые могут быть применены в различных областях народного хозяйства, включая информационные технологии, обработку, хранение и передачу информации, детектирование слабых электромагнитных сигналов, солнечную энергетику. Планируется расширить модель для уравнений Элиашберга, чтобы учесть влияние примесей, многозонный характер

исследуемых соединений, а также возможность образования неоднородных состояний, возникающих при приближении к фазовому переходу первого рода между жидким и кристаллическим металлическим водородом. Планируется теоретическое исследование бозе-эйнштейновской конденсации экситонов в т.н. «экситонных изоляторах», а также предсказание возможных соединений, которые могли бы относиться к этой группе материалов. Планируется исследование роли дефектов, краевых состояний, а также влияния внешней среды (воздух, влага и т.д.) на эффективность перовскитных солнечных элементов. Будут: разработаны нанотехнологические методы изготовления, микроскопического анализа и измерения сверхпроводящих гетероструктур; разработаны методы прецизионных измерений транспортных характеристик при сверхнизких температурах вплоть до 20 мК.; разработана система фильтрации электромагнитных наводок для использования в криостате растворения $3\text{He}/4\text{He}$ Oxford Instruments; разработаны методы расчета изучаемых сверхпроводниковых структур и устройств на базе подходов квантовой теории поля в микроскопической теории сверхпроводимости; разработан метод выделения вкладов магнитных подсистем в термодинамические свойства низкоразмерных магнитных систем; разработаны новые методы описания переноса заряда, энергии и фотоиндуцированной динамики в наноразмерных материалах на базе зависящего от времени функционала плотности, молекулярной динамики и машинного обучения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

№ 122052000051-0

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ОРИЕНТИРОВАННОГО ПИРАНОМЕТРА

Непрерывный мониторинг основных характеристик солнечной радиации занимает центральное место среди мониторинга большого количества метеорологических явлений и процессов, так как 99% всей энергии Земля получает от Солнца. Актинометрическая информация используется для построения различных моделей климата и его изменений, а также для прогнозирования погоды на различные сроки. Освоение Крайнего Севера и Арктики невозможно без создания широкой сети автоматических метеостанций, оборудованных специализированными приборами, способными функционировать при самых неблагоприятных условиях. В солнечной энергетике непрерывный мониторинг солнечной радиации позволяет автоматизировать контроль производительности фотоэлектрических систем путем сравнения производимой мощности с одновременно регистрируемой мощностью суммарной радиации. Такой регулярный контроль производительности позволяет своевременно обнаруживать неисправности фотоэлектрических систем и оценивать деградацию солнечных батарей. Кроме того, данные измерений

солнечной радиации используются для создания и работы различных моделей ясного неба, которые применяются для прогнозирования производства фотоэлектрической энергии и для планирования, диспетчеризации и регулирования мощности в общей электрической сети. Традиционной областью применения актинометрических приборов являются: гидрометеорологические службы, научно-исследовательские учреждения, учебные заведения и солнечная энергетика. Объем рынка составляет 1,6 млрд руб. Разрабатываемый многоэлементный ориентированный пиранометр (МОП) не имеет каких-либо подвижных частей и заменяет собой три стандартных актинометрических прибора - актинометр и затененный и незатененный пиранометры, первые два из которых необходимо постоянно нацеливать на Солнце вручную или с помощью специальных устройств слежения. Использование МОП позволит вести непрерывный мониторинг приходящей солнечной радиации в автоматическом режиме и значительно уменьшить затраты на приобретение и эксплуатацию актинометрического оборудования.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СИБМЕТЕОПРИБОР»

№ 122060100061-3

СВЕРХБЫСТРЫЕ ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ СПЕКТРАХ

Задачей проекта является разработка новых теоретических подходов и программных комплексов, позволяющих количественно рассчитывать динамику сверхбыстрого фотоиндуцированного переноса заряда в растворах, а также нестационарные спектры, регистрируемые в видимой/УФ и ИК областях. Проект направлен на разработку новых методов управления фотохимическими процессам, новых подходов к проектированию высокоэффективных

молекулярных устройств. Центральной проблемой здесь является повышение эффективности фотоиндуцированного разделения зарядов в донорно-акцепторных системах. Отличительной чертой данного исследования является то, что описание не будет ограничиваться рассмотрением отдельной стадии разделения зарядов, но будет включать совместное описание всех стадий, в том числе процесса фотовозбуждения, первичного разделения зарядов, горячей

и термической рекомбинации зарядов и переноса заряда на вторичный акцептор, приводящего к долгоживущему состоянию с разделенными зарядами. Необходимость такого комплексного подхода диктуется тем, что сверхбыстрые процессы протекают в неравновесных условиях и отдельные стадии влияют друг на друга. Этим они существенно отличаются от относительно медленных химических процессов, протекающих в термическом режиме, для которых применим принцип Оствальда, постулирующий независимость простых реакций. Основываясь на разработанной нами многоканальной стохастической модели, будет разработана теория сверхбыстрого переноса заряда, описывающая как химическую динамику, так и динамику ИК и оптических спектров. Реализация этого подхода откроет возможность количественной интерпретации экспериментальных данных и получения недоступной ранее детальной информации о сверхбыстрых фотохимических процессах. Это позволит выйти на новый уровень управления скоростями образования продуктов и их выходами. В качестве доноров и акцепторов электронов широко используются сложные органические соединения, в том числе, обладающие различного рода симметрией (симметричные диады, centrosymmetric (квадрупольные) триады и октупольные молекулы). В возбужденном состоянии таких молекул часто наблюдается нарушение симметрии переносом заряда, с локализацией заряда на одной из ветвей молекулы, что проявляется в нестационарных оптических и ИК спектрах. Такая локализация заряда может оказывать существенное влияние на эффективность работы данного вида молекул в качестве донора или акцептора электронов. Исследование влияния нарушения симметрии на донорно-акцепторные свойства будет проведено в рамках развитой нами теории нарушения симметрии в возбужденных состояниях квадрупольных молекул. Кроме того, будет исследовано влияние масштаба нарушения симметрии на ИК спектры. Эта теория прошла апробацию на ряде экспериментальных данных, показавшую ее эффективность в описании процесса нарушения симметрии. В данном проекте планируется развить теорию нарушения симметрии переносом заряда и его проявлений в нестационарных оптических и ИК спектрах в симметричных диадах и октупольных молекулах. Эксперименты показывают,

что нарушение симметрии в октупольных молекулах выражено более ярко, чем в квадрупольных молекулах. Это делает такие молекулы перспективными с точки зрения целого ряда приложений. Реализация предлагаемого подхода расширит возможности количественной интерпретации нестационарных спектров и извлечения из них информации о химической динамике. Информация о путях перехода электронной энергии на колебательные степени свободы и ее последующей миграции раскрывает детали механизма сверхбыстрых фотохимических процессов. Знание механизма критически важно для управления скоростями образования продуктов и их выходами в многостадийных сверхбыстрых процессах. Сверхбыстрые процессы переноса энергии и заряда привлекают все больший интерес, так как они определяют функциональность широкого спектра молекулярных систем. Развитие сверхбыстрых лазерных технологий, а также общая ориентация на солнечную энергетику привели к всплеску исследований в этом направлении. Исследования уже выходят за рамки простых молекулярных систем и все больше фокусируются на основных молекулярных механизмах, преобладающих в наноматериалах, нативных белковых и гибридных системах. Научная значимость планируемых результатов проекта обусловлена созданием новых методов интерпретации экспериментальных данных и выявления детального микроскопического механизма сверхбыстрых химических процессов в молекулярных и супрамолекулярных системах. Это откроет новые возможности для решения проблем управления конкретными фотохимическими процессами и проектирования молекулярных электронных устройств. Ожидается решение ряда современных научных проблем, связанных с интерпретацией экспериментальных данных и выявлением детального микроскопического механизма сверхбыстрых химических процессов. Они могут быть широко востребованы в России и за рубежом при проектировании молекулярных устройств, в частности, органических фотоэлементов. Достижимость результатов проекта обеспечивается тем, что предлагаемые подходы являются развитием разработанных нашей группой моделей сверхбыстрого переноса заряда, а также опытом коллектива в компьютерном моделировании процессов такого типа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062100024-2

ГЕТЕРОПЕНТАЦЕНЫ - НОВЫЕ ФОТОСТАБИЛЬНЫЕ СЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ: СИНТЕЗ, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Проект является продолжением начатого Проектом 2019 исследования ранее неизученной группы полигетероциклических соединений ряда трифенодиоксазинов TPDO и хиноксалинофеноксазинов QOPO. В ходе Проекта 2019 были разработаны методы получения, синтезированы, структурно охарактеризованы более 100 соединений, среди которых найдены вещества, обладающие спектральными, электрохимическими и фотофизическими свойствами, необходимыми для электронодонорных компонентов фотовольтаических устройств типа DSSC и OSC с p-n гетеропереходом, преобразующих световую энергию Солнца. Для сконструированных на базе хиноксалинофеноксазинов ячеек OSC ITO/QOPO dye/C60/bathocuproine/Al достигнуты величины коэффициентов преобразования солнечной энергии PCE в электрическую (2.4 %), значения, известные в настоящее время о ячейках с негетероциклическими пентаценами. В проекте 2021 сформулированы пути оптимизация свойств полученных трифенодиоксазинов TPDO и хиноксалинофеноксазинов QOPO и направления их структурной модификации, которые, как ожидается, обеспечат существенное повышение значений PCE за счет увеличения скорости переноса заряда между донорным и акцепторным слоями в ячейках типа OSC и улучшения

сорбции к полупроводниковому компоненту ячейки в ячейках DSSC. Дополнительные возможности представит также применение в ячейках OSC более эффективных, чем фуллерен, электронных акцепторов. Предполагается осуществить синтез производных p-амино- и p-карбокси-производных хиноксалинофеноксазина, функционализированных «якорными» амидными группами, которые, позволяют эффективно закрепить молекулу на поверхности оксида титана или оксида цинка при изготовлении электродов солнечной ячейки. Будут изучены спектральные (UV-vis), люминесцентные и фотовольтаические свойства полученных соединений методами электрохимии и квантовой химии, их фотостабильность. На основе соединений с наилучшими характеристиками будут созданы и протестированы DSSC и OSC ячейки. Аналогичную функционализацию производных трифенодиоксазиновой системы предполагается осуществлять посредством восстановления ранее полученного 10-нитро-трифенодиоксазина до соответствующего аминоксалинопроизводного. Синтезированные аминоксалины и трифенодиоксазины будут введены в реакции с p-хинонами для получения конденсированных редокс-активных гетеропентацен-хинониминных структур, строение и свойства которых будут изучены. Будет разработан подход к синтезу производных новой конденсированной

пентагетероциклической системы 2,4,11,13-тетра-(трет-бутил)-10Н-хиноксалино[3,2,1-kl] феноксазин-10-она, сочетающей фрагменты феноксазина и о-хинонимина. План работы включает также получение комплексов красителей, на основе трифенодиоксазинов (TPDO) с дикетонатами цинка и последующее исследование свойств тетра-(трет-бутил)-10Н-хиноксалино[3,2,1-kl] феноксазин-10-она и комплексов цинка, а также тестирование их фотовольтаических характеристик. Планируется дальнейшее (начатое в рамках проекта 2019) изучение реакций 6-нитро-о-бензохинона, ведущих к получению новых функционализированных гетероциклов. Будут изучены реакции со вторичными алифатическими, гетероциклическими аминами и метилен-активными соединениями. Фотовольтаический способ является наиболее перспективным и технологически удобно адаптируемым методом преобразования солнечной энергии. Современная солнечная энергетика основывается преимущественно на устройствах из моно- и поликристаллического кремния, недостатками которых являются дороговизна,

сравнительно низкий коэффициент преобразования энергии и очень высокая рабочая температура. В связи с этим в последнее время повышенное внимание уделяется быстро развивающемуся третьему поколению солнечных батарей, создаваемому с использованием новых материалов – органических полимеров, перовскитов, композитных структур с применением квантовых точек. Важное место в этом ряду занимают солнечные батареи, сенсифицируемые органическими красителями, которые используются в качестве чувствительных к солнечному спектру доноров электронов. Максимальная достигнутая к настоящему времени эффективность преобразования солнечного света в электричество при помощи DSSC и составляет уже более 22 % и 18.7% для ячеек типа OSC. Преимуществом батарей третьего поколения является то, что в отличие от наиболее распространенных кремниевых батарей, работающих при температуре порядка 1000 °С, они функционируют при обычных температурах и отвечают критериям сохранения окружающей среды.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062700016-1

МОЛОЧНО-БЕЛЫЙ КВАРЦ ДЛЯ НУЖД ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ (HI-TECH) ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ КВАРЦА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОГО КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА

Проект направлен на решение проблемы поиска новых перспективных объектов для получения высокочистых кварцевых концентратов для нужд высокотехнологичных (hi-tech) отраслей промышленности. Актуальность проекта определяется быстро растущим спросом на кварц высокой степени чистоты используемым в волоконной оптике, полупроводниковой промышленности, солнечной энергетике и т. д. Основная часть месторождений хрусталеносного, прозрачного и гранулированного кварца активно разрабатывалась в конце прошлого века, в связи с чем к настоящему времени они практически полностью отработаны. Возникшая в последние годы необходимость расширения минерально-сырьевой высокочистого сырья может быть удовлетворена за счет обнаружения, разведки и вовлечения в разработку новых перспективных объектов. Цель проекта заключается в оценке возможности промышленного использования ранее не задействованных и широко распространенных в пределах Уральской кварценоносной провинции жил молочно-белого кварца. Сопоставление на основе сравнительного изучения типоморфных характеристик, генетических особенностей, содержания минеральных, флюидных и структурных

примесей в кварцевых жилах, залегающих среди гранитов, сланцев, габбро и серпентинитов, отражающих специфику минералообразования в разнородных геодинамических обстановках, позволит разработать на их базе комплекса минералого-геохимических индикаторов для экспертной оценки их пригодности для получения высокочистых кварцевых концентратов. Повышение эффективности поиска и прогноза возможно за счет вовлечения в поисково-оценочный процесс новейших аналитических методов, таких как: ISP-OES и LA-ICP-MS спектроскопия с индуктивно связанной плазмой, рамановская спектроскопия, ИК- спектроскопия, термобаргеохимия отличающихся локальностью, экспрессностью и результативностью полученных данных. Научная новизна проекта заключается в разработке и экспериментальном и теоретическом обосновании новых подходов в переработке непрозрачных разновидностей кварца, к которым относятся жилы молочно-белого кварца. Впервые в рамках проекта будут получены данные по оценке влияния степени рекристаллизации на содержание минеральных, флюидных и структурных примесей в молочно-белом кварце, залегающем в разных геодинамических обстановках.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081800044-4

НОВЫЕ СТЕКЛА И СТЕКЛОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, ЛЕГИРОВАННОЙ Cr_2O_3 : СИНТЕЗ, ФАЗОВОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы изучения процессов фазового разделения (ликвации) и кристаллизации в натриевоборосиликатной (НБС) системе, модифицированной добавками оксидов переходных металлов (на примере оксида хрома). Актуальность решения обозначенной проблемы обусловлена широким спектром новых функциональных свойств, которые Cr_2O_3 придает стеклам (люминесцентные, электрические, магнитные и др.), что в свою очередь обуславливает возможность практического применения таких стекол в оптике, микроэлектронике и солнечной энергетике, спинтронике. Решение проблемы изучения фазового разделения предполагает определение положения и формы купола несмешиваемости (ликвации) на диаграмме состояния системы, а также определение положения конод в рамках областей ликвации. Ввиду сложности решения

такой проблемы, особенно в многокомпонентных системах, где коноды располагаются на так называемых конодных плоскостях, а диаграммы состояния зачастую отсутствуют, в настоящем проекте предлагается осуществить первый этап такого исследования, а именно, очертить границу области ликвации для 550 °С в разрезе 70 мол. % SiO_2 для системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$. Выбор данной температуры и содержания кремнезема обусловлены практическим применением именно этих значений при промышленном получении пористых стекол (уникальных адсорбентов, разделительных мембран и т.д.) из двухфазных НБС стекол. Достичь данной цели предлагается путем введения Cr_2O_3 в широкий интервал концентраций (от десятых долей до десятка мол. %) в стеклообразующую НБС систему. Это позволит охватить различные типы морфологии сосуществующих ликвационных фаз в стекле, очертить ориентировочную границу области

ликвации для выбранного разреза, а также установить первичные поля кристаллизации хромсодержащих фаз в случае их образования (методы исследования – СЭМ, РФА). В работе также планируется изучение валентного состояния и структурного положения ионов хрома различными методами (химический анализ, ИК-спектроскопия, ЭПР, РФЭС). Различные концентрации введенного Cr_2O_3 обуславливают различные свойства полученного стекла: люминесцентные (малые концентрации), полупроводниковые (средние и большие концентрации), магнитные (большие концентрации, кристаллизация). В связи с чем в проекте также запланировано изучение люминесцентных, электрических и магнитных свойств полученных стекол стандартными методами. Также планируется провести исследование химической устойчивости хромсодержащих стекол к водным растворам минеральных кислот с точки зрения оценки возможности получения из них пористых стекол. Изучая

широкий диапазон составов хромсодержащих стекол, можно будет сделать заключение о применимости тех или иных композиций в современных практических областях. Работы по исследованию влияния введения Cr_2O_3 на строение и свойства стекол базовой трёхкомпонентной НБС системы имеют весьма разрозненный и несистематический характер. Сведений по систематическому исследованию процессов ликвации и кристаллизации в стеклах системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$ в литературе не обнаружено. Таким образом, главной целью настоящего проекта является восполнение пробела в области исследования процессов ликвации и кристаллизации в стеклах системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$ и их влияния на свойства получаемых стекол, что представляет научный и практический интерес, как с точки зрения изучения фундаментальных аспектов стеклообразования в системах с поливалентными элементами, так и для решения задач электрооптики и микроэлектроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122082400058-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Солнечная энергетика является экспоненциально растущей индустрией, на которую приходится около 2% общего мирового производства электроэнергии [World energy resources 2016 (World Energy Council), <http://www.worldenergy.org/publications/2016/world-energy-resources-2016>]. Будучи крупнейшей страной, Россия обладает огромным потенциалом в области солнечной энергетики, который остается нереализованным. Успешное развитие мировой фотоэлектрической промышленности обусловлено как быстрым увеличением объема производства традиционных кремниевых солнечных панелей (что приводит к значительному снижению их цены), так и постоянной разработкой и постепенным внедрением новых типов солнечных батарей. Перовскитные солнечные батареи на основе комплексных галогенидов свинца выглядят наиболее перспективными среди всех «развивающихся» фотоэлектрических технологий. Во-первых, они показывают самый быстрый рост эффективности преобразования света (РСЕ или КПД.) со временем. Сейчас лучшие лабораторные образцы перовскитных солнечных элементов показывают сертифицированные КПД. более 25%, что близко к характеристикам солнечных элементов на основе кристаллического кремния (26.7%) [M. Green et al. Prog Photovolt Res Appl. 2020, 28, 3]. Во-вторых, перовскитные солнечные элементы продемонстрировали беспрецедентно низкую чувствительность к примесям и дефектам, что позволяет производить их из дешевых материалов без какой-либо существенной очистки, как требуется в случае кремния и других неорганических полупроводников. В-третьих, перовскитные солнечные панели могут быть изготовлены с использованием низкотемпературных растворных методов, что открывает широкие возможности для их масштабного производства с использованием дешевых и высокопроизводительных технологий рулонной печати. Таким образом, солнечные батареи на основе комплексных галогенидов свинца и кристаллического кремния близки по эффективности, тогда как стоимость фотоэлектрических панелей на основе перовскитных материалов может быть существенно ниже: вероятно, более чем на 50%, согласно недавней оценке [L. Meng et al. Nat. Commun. 2018, 9, 5265]. Кроме того, поскольку кремниевые солнечные панели уже достаточно дешевы и их цена составляет меньшую часть полной стоимости фотоэлектрической системы, крайне важно сейчас повысить КПД. преобразования

света, чтобы сделать производство электроэнергии еще дешевле. Поэтому значительные усилия сосредоточены на объединении ячеек на основе кристаллического кремния и комплексных галогенидов свинца в tandemных устройствах, которые в настоящее время демонстрируют КПД > 29%. С учетом вышесказанного, нет никаких сомнений в том, что у перовскитных фотовольтаических технологий имеется большой потенциал и они в перспективе могут изменить облик мировой энергетики. Критическим фактором, ограничивающим коммерциализацию перовскитных солнечных элементов, является их низкая эксплуатационная стабильность. Исполнители данного проекта впервые показали, что комплексные йодиды свинца разлагаются под действием света [A. F. Akbulatov et al. J. Phys. Chem. Lett. 2017, 8, 1211, L.A. Frolova et al. Chem. Comm. 2015, 51, 14917]. Тем не менее, мы недавно установили [A. F. Akbulatov et al. J. Phys. Chem. Lett., 2020, 11, 1, 333], что большинство реакций разложения комплексных галогенидов свинца являются обратимыми. Следовательно, перовскитный полупроводниковый материал может восстанавливаться после облучения в темноте, если мы предотвратим потерю всех летучих компонентов из активного слоя устройства. Эта проблема может быть в значительной степени решена оптимизацией других компонентов устройства, например, за счет разработки смежных электрон-транспортных слоев (ETL) с улучшенными электрическими и физико-химическими характеристиками, в том числе способностью эффективно инкапсулировать фотоактивный перовскитный слой и подавлять его деградацию [A. G. Boldyreva et al. ACS Appl. Mater. Interfaces, 2020, 12, 16, 19161]. Основной целью данного проекта является разработка принципов и методов рационального дизайна новых электрон-транспортных материалов с заданными свойствами, способных существенно увеличить срок службы перовскитных солнечных элементов, что необходимо для коммерциализации этой технологии. Следует также отметить, что данный проект полностью соответствует направлению Н2 Стратегии научно-технического развития Российской Федерации «Переход на экологически чистое и ресурсосберегающее производство энергии, повышение эффективности добычи и переработки углеводородного сырья, создание новых источников и технологий для производства, транспортировки и хранения энергии».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122090900068-1

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛО

Стремительное развитие технологий солнечной энергетики и нанотехнологий значительно расширило возможности использования солнечных энергетических систем, чем актуализировало данное направление не только в государствах, расположенных на территориях с большой активностью солнца, но и по всему миру, в том числе и в России. В настоящее время наблюдается глобальный прирост доли солнечной энергетики в странах Европы, США и Китае. В России на данный момент завершился первый этап программы развития возобновляемой энергетики, утверждённой Министерством Энергетики РФ. На данном этапе уже запущены первые солнечные электростанции, доля солнечной генерации которых составляет порядка 30% от целевого значения. Согласно утверждённым Министерством Энергетики перспективам развития отрасли возобновляемая энергетика будет укреплять свои позиции, и солнечная энергетика в России продолжит развиваться. Солнечные энергетические системы обладают рядом существенных преимуществ перед традиционными источниками энергии, однако их недостатком является низкий КПД генерации. Увеличить производительность такой системы можно за счёт улучшения теплофизических свойств теплоносителя. Большинство традиционных теплоносителей в чистом виде не обладают хорошими абсорбционными и теплообменными свойствами. Теплофизические и оптические свойства теплоносителей, используемых для преобразования солнечной энергии в тепло, можно значительно изменить путём добавления в них наночастиц, повысив тем самым

производительность всей системы. Использование для этих целей углеродных наночастиц позволяет существенно повысить эффективность фототермического преобразования, так как они являются чёрными в отличие от традиционных прозрачных теплоносителей и обладают максимальным коэффициентом поглощения солнечного света. Проект направлен на получение и исследование теплофизических и оптических свойств устойчивых наножидкостей, которые можно будет использовать в качестве эффективных теплоносителей для высокоэффективного преобразования солнечной энергии в тепло в тепловых солнечных системах. Данное исследование включает в себя все этапы создания теплоносителя на основе наножидкости: электродугового синтеза наночастиц графена, многостенных углеродных нанотрубок и углеродных сажевых глобул, их полную характеризацию; получение устойчивых наножидкостей с различными концентрациями наночастиц и жидких теплоносителей (вода, этиленгликоль), совместное исследование теплофизических (теплопроводность, вязкость, реологические параметры) и оптических свойств полученных наножидкостей. Будет исследовано влияние размерных и структурных параметров наночастиц на коэффициент поглощения наножидкостей, влияние размера и концентрации наночастиц на теплофизические характеристики жидкого теплоносителя. Полученные данные позволят оптимизировать состав теплоносителей для высокоэффективного преобразования солнечной энергии в тепло.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052000103-6

НОВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЛЮМИНОФОРЫ НА ОСНОВЕ 2,1,3-БЕНЗОТИАДИАЗОЛА ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ

В настоящее время происходит бурное развитие различных органических материалов для электроники и фотоники. Особое место среди них занимают различные олигомеры. Они представляют собой индивидуальные соединения заданного строения и свойств. Тщательная очистка олигомеров позволяет избавиться от малейших примесей, которые могут существенно повлиять на оптические и электрические свойства материалов. Олигомеры, обладающие люминесцентными свойствами, могут быть использованы для изготовления различных устройств: дисплеев, органических светоизлучающих транзисторов, светопреобразующих покрытий для солнечных батарей, спектросмещающих устройств и др. Предлагаемый проект направлен на создание новых люминофоров на основе 2,1,3-бензотиадиазола. Интерес к данному роду олигомерам обусловлен уникальными оптическими и электрическими свойствами этих молекул. Такие олигомеры отличаются высокой термостойкостью, большим коэффициентом поглощения, подходящими для применения в органической фотонике и электронике значениями высшей заполненной и низшей свободной молекулярных орбиталей, а также сильным межмолекулярным π-π взаимодействием. Однако данное семейство олигомеров практически не исследовано с точки зрения кристаллизации и в литературе практически отсутствуют сведения о выращивании на их основе монокристаллов сантиметрового масштаба (0,2 – 2 см), что обеспечило бы глубокое и всестороннее исследование их структуры, характера межмолекулярного взаимодействия в конденсированном состоянии и свойств. В ходе выполнения работы будут рассмотрены несколько подходов к синтезу олигомеров. Полученные соединения будут выделены в индивидуальном состоянии и охарактеризованы современными физико-химическими методами

исследования. Методами ДСК и ТГА будут исследованы термодинамические параметры плавления и полиморфных переходов, а также термическая и термоокислительная стабильность. Для исследуемых олигомеров впервые будут определены оптимальные условия образования кристаллов и растворимость в рабочей области температур в ряде растворителей и исследован их рост. Будут выращены монокристаллические образцы методом роста из растворов и парового физического транспорта. Методами рентгеноструктурного анализа будет расшифрована кристаллическая структура в широком температурном интервале. Кристаллические образцы будут исследованы методами оптической, лазерной конфокальной, атомно-силовой и электронной микроскопии, спектродиффракции и люминесцентной спектроскопии. На основе кристаллических пленок исследуемых олигомеров будут изготовлены образцы полевых транзисторов и исследованы их электрические свойства. Фундаментальная составляющая предлагаемого проекта заключается в выявлении взаимосвязи между химическим строением новых люминофоров, содержащих 2,1,3-бензотиадиазольный фрагмент, и их оптическими, термическими, кристаллообразующими и электрическими свойствами. Реализация предложенного проекта позволит достичь результатов мирового уровня, которые не только могут внести существенный вклад в фундаментальную науку о материалах, но и с большой вероятностью найдут в ближайшем будущем практическое применение. Финансирование данного проекта позволит закупить реактивы для синтеза новых люминофоров, а также вспомогательное оборудование и расходные материалы, необходимые для исследования новых материалов, что позволит выполнить проект на самом высоком мировом уровне. Руководителем проекта является молодой российский исследователь с большим

опытом работы по синтезу и исследованию органических люминофоров, и имеющий публикации по данной тематике в

высокорейтинговых мировых научных журналах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОПОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122110300014-9

ОПТИЧЕСКИЕ СМАРТ-МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ OLED ДИОДОВ И СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Проектнаправленна решениеактуальнойфундаментальной проблемы создания координационных соединений с заданными свойствами как прекурсоров современных функциональных оптических материалов. Рациональный дизайн соединений с заданными функциональными свойствами является наиболее привлекательным и перспективным направлением развития современной координационной химии. Один из путей решения данной задачи является контролирование свойств координационного соединения с помощью варьирования строения лигандной системы. В рамках предлагаемого исследования будут решаться задачи использования 4-ацилпиразол-5-онов и ацилированных 2-аминобензальдегидов как структурных

аналогов салицилового альдегида для конструирования новых координационных соединений с уникальными физико-химическими и биологическими свойствами. Основное внимание будет уделено изучению закономерностей влияния состава и молекулярного строения координационных соединений переходных металлов на их спектральные, магнитные, химические и биохимические свойства, определяющие области практического использования. На основании полученных данных предполагается выявить корреляции «состав - структура – свойства», необходимые для разработки общей стратегии направленного синтеза новых полифункциональных материалов с заранее заданными свойствами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»

№ 122082400057-5

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ГАЛОГЕНИДОВ СВИНЦА

Новое поколение полупроводниковых материалов на основе комплексных галогенидов свинца с перовскитной структурой демонстрирует поистине уникальные оптоэлектронные и электрофизические характеристики. В частности, солнечные батареи на основе данных материалов, полученные простым поливом пленок из раствора, демонстрируют КПД преобразования света >25%, что близко к характеристикам фотопреобразователей на основе поликристаллического кремния (~26%). К сожалению, практическое использование перовскитных солнечных батарей крайне затруднено из-за их очень низкой стабильности по отношению к действию комплекса внешних (extrinsic) и внутренних (intrinsic) факторов. К внутренним факторам можно отнести влияние на солнечные батареи облучения светом, повышенных температур и электрического поля, т.к. их невозможно избежать в работающем фотоэлементе. Влияние на устройства кислорода и влаги воздуха – это воздействие внешних факторов, которое может быть эффективно предотвращено за счёт использования качественной инкапсуляции. Поэтому понимание механизмов «внутренней» (intrinsic) деградации пленок фотоактивных галогенидов свинца в условиях эксплуатации солнечных батарей приобретают первостепенное значение. В то же время, электрохимическая стабильность перовскитных фотоактивных материалов в электрическом поле, формирующемся в работающем солнечном элементе, значительно менее изучена. Для наиболее широко используемого фотоактивного перовскитного материала MAPbI₃ с помощью комплекса методов, включающих атомно-силовую и флуоресцентную микроскопию, было показано, что приложенное электрическое поле вызывает окисление I- до I₂, который остается в пленке в виде полийодидов, и, следовательно, процесс может быть обращен в ходе восстановления [1]. Напротив, при восстановлении органического катиона метиламмония образуются летучие продукты, которые покидают пленку и, таким образом, делают деградацию необратимой. Для FAPbI₃ методами

времяпролетной масс-спектрометрии визуализировано разрушение интерфейсов перовскит/золотой электрод под действием электрического поля [2]. Наряду с этим активно развиваются методы сканирующей ближнепольной ИК-микроскопии для исследования полупроводниковых перовскитов [3], позволяющие визуализировать динамику катионов, в том числе для многокатионных систем. Однако отсутствуют систематические сравнительные исследования процессов электрохимической деградации в перовскитных пленках комплексных галогенидов свинца. В то же время практическое внедрение перовскитных солнечных батарей требует глубокого понимания процессов, протекающих в перовскитных фотоактивных материалах при наложении электрического поля для разработки нового поколения устройств, отличающихся высокой электрохимической стабильностью. На решение этой важной задачи и нацелен заявляемый проект. Целью проекта является систематическое исследование электрохимической стабильности широкого круга комплексных галогенидов свинца со структурой перовскита (APbX₃, A=Cs, MA и FA; X=Br, I и Cl и их комбинации) с применением набора комPLEMENTАРНЫХ методов: сканирующей ближнепольной микроскопии ИК-диапазона в сочетании с различными методиками атомно-силовой микроскопии, включая метод зонда Кельвина, а также рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии в комбинации с энергодисперсионным микроанализом, масс-спектрометрии вторичных ионов. Выявленные важнейшие фундаментальные взаимосвязи между химическим составом материалов, их кристаллической структурой и электрохимической стабильностью позволят создать фотоактивные материалы, обеспечивающие высокую эксплуатационную стабильность перовскитных солнечных батарей. 1. O. R. Yamilova et al. Phys. Chem. Lett. 2020, 11, 1, 221–228. 2. M.N. Drozdov et al. Advanced Materials Interfaces 2019, 6, 12, 1900364. 3. E. Gross NanoResearch 2019, 12, 2200-2210.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042700055-2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Автоматизированное производство кремниевых пластин создается на базе роботизированной транспортной системы и автоматизированного технологического комплекса.

Эффективное использование транспортных роботов AGV обеспечивается системой имитационного моделирования транспортных и технологических операций.

Высокое качество продукции и требуемая производительность обеспечиваются системой оперативного управления завода MES. Высокая эффективность

роботизированной транспортной системы для кассет с кремниевыми пластинами обеспечивается универсальными оснасткой и накопителями.

Оптимальное количества транспортных роботов обеспечивается уменьшением энергозатрат роботов путем оптимизации законов их движения, учитывающих нагрузку, а также длину траектории для каждого маршрута, за счет увеличения времени работы между зарядками батарей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122081700055-1

КОМБИНИРОВАННЫЕ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ (СИГМА+ПИ)-ДОНОРЫ НЕКОВАЛЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПОЛИНИТРИЛЬНОГО РЯДА В КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ АРХИТЕКТУР

Кристаллохимический дизайн является одним из востребованных инструментов малозатратной оптимизации характеристик функциональных материалов (сенсоров, катализаторов, молекулярных магнитов, солнечных батарей, фото- и электролюминесцентных устройств) посредством управления структурой и составом супрамолекулярных систем, сформированных за счёт суммы межмолекулярных взаимодействий.

Основная причина успешного применения методов и подходов кристаллохимического дизайна состоит в значительном количестве накопленной информации о природе, особенностях и роли различных нековалентных взаимодействий, включая галогенные (ГС), халькогенные (ХС), водородные связи, $\pi\cdots\pi$ стэкинг, а также взаимодействия типа $\text{I}p\cdots\pi$, в формировании структур, обладающих теми или иными практически полезными свойствами.

Однако современная наука находится ещё далеко от исчерпывающего понимания взаимосвязи между нековалентными взаимодействиями и свойствами итоговых систем. Помимо того, спектр, используемых в настоящее время супрамолекулярных синтонов, ограничивается в основном полифторированными соединениями, которые обычно способны образовывать взаимодействия лишь одного типа, то есть либо σ -, либо π -дырочные. Более сложные

системы, которые представляют собой комбинированные бифункциональные доноры ($\sigma+\pi$)-дырки, практически не изучены.

В самые последние годы в качестве альтернативы полифторпроизводным стали рассматривать ароматические и гетероциклические полинитрилы, поскольку они проявили себя как стерически доступные мощнейшие доноры π -дырочных взаимодействий ($\pi\cdots\pi$ стэкинг, $\text{I}p\cdots\pi$), а их надмолекулярные ансамбли проявляют уникальные, либо существенно улучшенные по сравнению с исходными материалами, свойства.

Таким образом, предлагаемый проект нацелен на создание арсенала полифункциональных ($\sigma+\pi$)-дырочных супрамолекулярных синтонов и их применению в направленном кристаллохимическом дизайне функциональных материалов за счёт определения основных агрегационных типов взаимодействий между (гетеро) ароматическими полинитрилами и также комплексами металлов, а также органическими лигандами.

Ключевой составляющей проекта будет выявление взаимосвязи структурообразующих неклассических межмолекулярных взаимодействий с эксплуатационными характеристиками итоговых супрамолекулярных систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122112100040-4

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современные тенденции в моделировании материалов – это многоуровневость (многомасштабность) моделей с использованием на первом уровне первопринципных методов. Успех реализации подобных моделей на современном этапе развития науки связан с применением распределенных вычислений на суперкомпьютерах.

Стратегический проект будет выполняться через параллельную реализацию трёх взаимосвязанных проектов:

1. Квантово-механическое (атомистическое), мезоскопическое и термодинамическое моделирование как основа для разработки передовых материалов.

2. Синтез и исследование свойств инновационных материалов, необходимых для реализации критических технологий.

3. Физико-химические основы безотходной деструкции современных материалов функционального и конструкционного назначения и последующего использования продуктов этой деструкции.

В рамках проекта предполагается развитие следующих тематик: создание композитных материалов нового поколения для ответственных высоконагруженных

конструкций, многомасштабное моделирование соединений и материалов, функциональные материалы на основе ферритов, материалы с многокомпонентной основой, новые каталитические материалы на основе ферритов для нужд тонкого органического синтеза и водородной энергетики, создание фотокатализаторов для очистки воды, создание материалов для солнечных батарей и светодиодов.

Исследование включает в себя следующие разделы: «Материалы с многокомпонентной основой», «Саморегулирующиеся строительные материалы», «Оценка углеродного следа», «Композиционный сорбционный материал», «Природа механических свойств молекулярных кристаллов с выраженной ориентацией галогенных связей: уровень моделирования структуры и свойств электронной плотности», «На пути к новым гибридным материалам: цифровое моделирование структуры и свойств от атомно-молекулярного уровня до наночастиц», «Фундаментальные основы создания композитных материалов нового поколения для ответственных высоконагруженных конструкций», «Разработка новых видов оксидных катализаторов для нужд тонкого органического синтеза и водородной

энергетики», «Разработка технологии получения мишени для магнетронного напыления тонких пленок бессвинцовой

пьезокерамики на основе твердых растворов ниобата калия-натрия (KNN) (NaK)NbO₃».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122061000094-9

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ГИБКОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ, СОЗДАННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДИКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЛОГЕНИДНОЙ АКТИВАЦИИ

Цель проекта - создание прототипа гибкой солнечной батареи с гетеропереходом CdTe/CdS на основе разработанной ранее методики низкотемпературной галогенидной активации фотопроводимости. Основные задачи проекта: -исследование практической возможности использования легких, недорогих и нетермостойких полимерных пленок в качестве гибкой основы солнечных батарей; -изучение влияния условий синтеза слоев солнечной батареи на технические характеристики получаемого устройства; -создание прототипа с использованием отечественных материалов и реагентов. Ожидаемым результатом работы

является прототип гибкой солнечной батареи, созданный по сравнительно простой и потенциально масштабируемой технологии. Подобная продукция находит свое применение в строительной фотовольтаике (BIPV), подразумевающей интеграцию таких устройств с жилыми домами или промышленными объектами. Общемировые тенденции к снижению «углеродного следа» и всё возрастающая роль альтернативных источников энергии активно способствует внедрению подобных решений. Возможными потребителями могут быть отечественные строительные компании в сфере BIPV.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «САНГЕЛИАНТ»

№ 122021000039-4

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ, ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРОЙ И МЕЖЭЛЕКТРОННЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ

Наиболее актуальными материалами как с фундаментальной точки зрения, так и практической значимости для высокотехнологических отраслей, на сегодняшний день являются соединения переходных металлов с сильными электронными корреляциями, которые проявляются в их необычных электронных, магнитных, транспортных и свойствах, фазовых и спиновых переходах, переходах металл-диэлектрик и других. Физические эффекты, лежащие в основе работы приборов элементной базы квантовой наноспинтроники и иных устройств, используются для расширения возможностей компьютерных систем. Эффекты управляемой спиновой поляризации позволяют задействовать дополнительные степени свободы для хранения и переноса информации. Гибридные перовскиты представляют собой материалы 3-го поколения активных элементов солнечных батарей. Число публикаций в этой области стремительно растет от 1 в 2009 году до 3500 в 2019 году. Рекордная эффективность лабораторных перовскитных солнечных ячеек (более 25%) сегодня уже превысила эффективность поликремневых (22,2%) при потенциально более низкой стоимости производства. Анализ анионного и катионного замещения, влияющих на устойчивость гибридных перовскитов к температуре, фото и гамма-облучению на

атомном и электронном уровне, является актуальной задачей и позволит ускорить их практическое применение. Целью исследований является: развитие и применение теоретических методов первопринципного моделирования и проведение экспериментальных исследований физических свойств сильно коррелированных соединений переходных металлов, направленных на изучение механизмов формирования их необычных электронных, оптических и магнитных свойств, определяемых электронной структурой и межэлектронными взаимодействиями. Изучение основных закономерностей квантового магнитотранспорта квазидвумерных структур с нетривиальным энергетическим спектром, создаваемых в гетеросистеме с одиночной, либо двойной квантовой ямой. Изучение эффектов спинового упорядочения в полупроводниковых системах. Использование методов высокоэнергетической спектроскопии и вычислительной физики для изучения электронной структуры и химической связи в новых функциональных материалах, в том числе примесных состояний 3d-металлов в полупроводниках и диэлектриках, а также влияния катионного и анионного замещения на формирование электронной структуры гибридных перовскитов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112100013-8

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТНЫХ ФОТОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель проекта: Разработка принципов и методов рационального дизайна новых квантово-размерных фотоактивных материалов со смешанной размерностью, а также создание на их основе перовскитных солнечных элементов и модулей большой площади с высокой эффективностью и значительно улучшенной эксплуатационной стабильностью. Задачи проекта: 1) Рациональный дизайн и характеристика нанокристаллических (квантово-размерных) перовскитных материалов со смешанной размерностью. 2) Разработка чернил на основе наноразмерных перовскитных

материалов для формирования фотоактивных слоев солнечных батарей и фотовольтаических модулей с оптимальными зарядово-транспортными свойствами 3) Конструирование высокоэффективных перовскитных солнечных батарей и фотовольтаических модулей с использованием новых перспективных квантово-размерных светопоглощающих материалов 4) Исследование стабильности полученных квантово-размерных фотоактивных перовскитных материалов, а также солнечных батарей и модулей на их основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112100075-6

НОВЫЕ ЗАРЯДОВО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНЖИНИРИНГ МЕЖСЛОЕВЫХ ГРАНИЦ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Цель проекта: значительно увеличить срок службы перовскитных солнечных элементов за счет рационального дизайна зарядово-транспортных материалов с заданными свойствами и разработки новых принципов и подходов управления структурой и свойствами межслоевой границы, что создаст основы для практического внедрения этой инновационной технологии фотоэлектрических преобразователей. Задачи проекта: 1) Разработать подходы и провести рациональный дизайн и синтез новых зарядово-

транспортных материалов (СТМ). 2) Осуществить детальную характеризацию разработанных СТМ и межслоевых границ СТЛ/перовскит. 3) Разработать перовскитные солнечные элементы с высокой эффективностью и долговременной стабильностью за счет использования новых СТЛ. 4) Достигнуть глубокого механистического понимания влияния структуры СТМ на характеристики солнечных элементов, включая эффективность преобразования света и эксплуатационную стабильность.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122090200093-0

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ФОТОВОЛЬТАИКИ

Органические солнечные батареи (ОСБ) имеют массу преимуществ перед неорганическими аналогами, такие как гибкость, лёгкость, возможную полупрозрачность, малую зависимость КПД от угла падения солнечного света и др. В данном проекте предполагается использовать комплексный подход для разработки новых органических полупроводниковых материалов на основе сопряженных донорно-акцепторных (Д-А) олигомеров с оптимальными свойствами для ОСБ, базирующийся не только на богатом личном опыте коллектива и тщательном литературном анализе, но включающий теоретические расчеты, комплексное исследование и анализ свойств полученных материалов, как по отдельности, так и в смесях в прототипах

фотовольтаических устройств. Исследование свойств (термическая стабильность, фазовое поведение, оптические и электрохимические свойства, дырочная и электронная подвижность зарядов) полученных новых рядов сопряженных олигомеров позволит проверить правильность выбранной стратегии молекулярного дизайна, а также выявить как различные параметры химической структуры влияют на комплекс их свойств. Путем анализа физико-химических свойств полученных олигомеров будут выбраны наиболее перспективные сочетания компонентов активного слоя, на основе которых будут созданы прототипы ОСБ и измерены их фотовольтаические характеристики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122030200190-2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ МОД В ФОТОННЫХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель исследования – разработка новых оптических материалов и фотонных структур, придающих заданные пространственные, спектральные и поляризационные характеристики излучению оптического и телекоммуникационного диапазонов, использование новых молекулярных систем с экстремальными оптическими характеристиками: анизотропией, нелинейностью и резонансными свойствами. В первую очередь это металл-диэлектрические нанокомпозиты, проводящие оксиды, двумерные материалы, мягкая материя, биологические ткани и природоподобные материалы. Будет изучаться распространение и локализация света в фотонных кристаллах, оптических решетках, сохраняющих поляризацию анизотропных зеркалах и метаповерхностях, преобразование и передача хиральных характеристик света, обусловленных одномерным, двумерным и трехмерным упорядочением молекулярных систем, а также воздействие света на среду, например, при преобразовании энергии в солнечных батареях и фотосинтезе в клетках растений. При этом будут применяться такие явления как хиральные оптические таммовские состояния, поляризационные связанные состояния в континууме, плотность фотонных состояний, топологическая устойчивость оптических мод к рассеянию на дефектах, геометрическая фаза. В работе будут использованы методы компьютерного моделирования: матрица переноса, метод конечных разностей во временной области, метод молекулярной динамики, теория функционала плотности, теория связанных мод, метод разложения по плоским волнам, метод минимизации упругой энергии при упорядочении мягкой материи. В сотрудничестве с лабораториями ФИЦ КНЦ СО РАН будут использоваться экспериментальные методы: трехмерная печать микроструктур и базовые технологии

изготовления наноструктур, спектроскопия комбинационного рассеяния, спектроскопия поглощения и люминесценции, рефрактометрия, электрооптика, магнитооптика, криогенные технологии электронной микроскопии, магнитоэллипсометрия. Полученные знания будут иметь научную значимость и потенциал для ответа на большие вызовы и промышленного освоения современных технологий фотоники, таких как создание фотонных интегральных схем и оптических соединений в центрах обработки больших объемов данных, а также природоподобных и экологически чистых технологий синтеза органических соединений, производства продуктов питания, создания искусственных биологических тканей и бионических устройств. Проект направлен на решение следующих задач: 2022. Моделирование двумерных природоподобных периодических структур, влияющих на первичную (оптическую) стадию фотосинтеза. Исследование энергетических характеристик фотоэлемента солнечной батареи, в котором фоточувствительный слой перовскита играет роль буферного слоя, расположенного между металлической пленкой и одномерной фотоннокристаллической структурой. Проверка возможности увеличения поглощения в фоточувствительном слое за счет формирования таммовского плазмон-поляритона, локализованного на границе металлической пленки и многослойного зеркала. Исследование особенностей зонной структуры, обусловленных взаимодействием двух резонансов: резонанса брэгговского типа на периодической структуре фотонного кристалла и резонанса диэлектрической проницаемости материалов, внедренных в фотонный кристалл. 2023. Моделирование трехмерных природоподобных периодических структур, влияющих на первичную (оптическую) стадию фотосинтеза. Моделирование

фотоэлемента солнечной батареи, в котором допированный плазмонными наночастицами фоточувствительный слой перовскита принимает участие в формировании таммовского плазмон-поляритона, локализованного на её границе с многослойным зеркалом. Ожидается, что при конструировании таких солнечных элементов можно отказаться от использования дополнительных металлических контактов, что позволит избежать нежелательных потерь в системе. Изучение хиральных локализованных оптических мод в фотонных кристаллах, организованных на основе мягкой материи, с учетом частотной дисперсии внедренных материалов. 2024. Изготовление моделей природоподобных периодических структур, влияющих на первичную (оптическую) стадию фотосинтеза. Исследование энергетических характеристик фотоэлемента солнечной

батареи, в котором фоточувствительный слой (перовскит или фоточувствительный полимер) играет роль буферного слоя, расположенного между двумерной решеткой плазмонных нанополос и одномерной фотоннокристаллической структурой. Проверка возможности увеличения поглощения в фоточувствительном слое за счет формирования таммовского плазмон-поляритона, локализованного на границе двумерной решетки и многослойного зеркала. Исследование влияния размера отдельных нанополос и периода двумерной решетки на величину интегрального поглощения в фоточувствительном слое. Изучение управляемых связанных оптических таммовских состояний в хиральном фотонном кристалле, ограниченном сохраняющим поляризацию анизотропным зеркалом, в присутствии резонансного дефектного слоя.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122052500098-0

КОНЦЕНТРАТОРНЫЕ ГИБРИДНЫЕ A_3B_5 -Si СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ СО СМАРТ-СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

Актуальность развития новых решений для фотоэлектрических систем определяется необходимостью обеспечения долговременного энергетически и экономически конкурентоспособного развития солнечной электроэнергетики. Расширение функциональных возможностей и энергетического потенциала фотоэлектрических систем преобразования солнечной энергии за счет преимуществ концентраторной и планарной концепций является крайне перспективным научно-техническим направлением. Применение Гибридных Солнечных Батарей (ГСБ) на территориях с переменным балансом прямой и диффузной составляющих в суммарном потоке солнечного излучения будет способствовать развитию систем локального и сетевого энергообеспечения. Известно, что эффективность модулей с концентраторами и A_3B_5 солнечными элементами (СЭ) максимальна в условиях поступления прямого солнечного излучения (ясная погода) и практически равна нулю при облачности и превалировании диффузного излучения. В то же самое время КПД плоских кремниевых элементов незначительно меняется при вариациях освещенности и изменении соотношения прямой и диффузной компонент в общем световом потоке. Разработка новых типов ГСБ для фотоэнергоустановок позволит сгладить, а в некоторых режимах практически исключить резкие колебания их энерговыработки при смене режимов солнечной инсоляции с «преимущественно прямое» на «преимущественно диффузное» излучение. При таких переходах эффективность (и соответственно энерговыработка) модуля будет снижаться с «концентраторных A_3B_5 » 30-35% до «планарных Si» 18-20%. Очевидно, что обеспечение выработки планарной части ГСБ по уровню не менее 10-20% от пиковой производительности концентраторной части и следует рассматривать в качестве целевого показателя при переходе к гибридным концепциям в интересах высокоэффективной фотовольтаики. В предлагаемом проекте достижение указанных показателей будет обеспечено за счет детальной

проработки концентраторной и планарной подсистем и их оптико-энергетического и функционального согласования в создаваемых ГСБ. При объединении концентраторной и планарной фотоэлектрических технологий будут получены новые решения по высокоэффективным оптическим элементам концентрации солнечного излучения, A_3B_5 (концентраторным) и Si солнечным элементам, гибридным солнечным батареям, следящим фотоэнергосистемам со смарт-элементами управления и контроля. Комплекс предлагаемых к выполнению проектных, теоретических, технологических работ и экспериментальных исследований обеспечит создание ГСБ с гармонично (технологически и функционально) связанными концентраторным и планарным фотоэлектрическими контурами, обеспечивающими прием и преобразование прямого (Direct) и диффузного (Diffuse and Albedo) излучений. Экспериментальные прототипы разрабатываемых фотоэнергоустановок позволят продемонстрировать работоспособность всех устройств (ГСБ, системы слежения, смарт-модули управления и контроля) в лабораторных и натурных условиях при различных балансах прямой и диффузной составляющих в световом потоке поступающей солнечной энергии. Переход к высокоэффективным Гибридным Солнечным Батареям (ГСБ) предполагает пересмотр и адаптацию к новой идеологии целого ряда проработанных ранее решений, заложенных как в концепции концентраторных модулей (изменение условий теплоотвода, функционал вторичных оптических элементов и пр.), так и для плоских неконцентраторных элементов и панелей (продолжительная работа при пониженных освещенностях, устойчивость к кратковременным повышенным локальным облученностям, дополнительный поток тепла от концентраторных СЭ и т.п.). Все принимаемые новые решения будут научно и технологически проработаны, а их эффективность подтверждена с использованием специально разработанных методов исследований и испытаний.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122080200096-2

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДИЗАЙН И СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ СО СТРУКТУРОЙ D-п-А НА ОСНОВЕ ТИЕНО[3,2-b]ИНДОЛА ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Объект исследования: органические красители со структурой D-п-А на основе тиено[3,2-b]индола. Цель исследования: разработка новых безметалльных органических материалов для увеличения производительности и срока службы наиболее экономически выгодного класса элементов для архитектурно-интегрированных фотовольтаических

систем-сенсibilизированных красителем солнечных батарей (КСБ). Ожидаемые результаты: 1. С помощью методов молекулярного дизайна будут разработаны структуры новых органических красителей на основе фрагмента тиено[3,2-b]индола, имеющих D-п-А архитектуру. 2. Будет отработана технология получения и синтеза разработанных в рамках

молекулярного дизайна красителей. 3. Будут определены фотофизические и электрохимические свойства полученных красителей и выполнен анализ зависимостей «структура красителя – функциональные свойства». 4. Будет отработана технология и будут оптимизированы режимы изготовления КСБ с применением разработанных красителей. Будет определено влияние морфологических особенностей поверхности фотоанода на выходные характеристики изготовленных солнечных батарей. 5. Будет выполнена апробация синтезированных красителей в устройстве КСБ и будет определено влияние химической структуры красителей на основные фотовольтаические параметры изготовленных КСБ. 6. Будут оптимизированы КСБ по результатам

исследования влияния растворителя на сорбцию красителей, влияния соадсорбентов, электролитов различного состава, предварительной обработки поверхности диоксида титана. 7. Будут выполнены климатические испытания стабильности изготовленных КСБ, выявлены механизмы возможной деградации изготовленных КСБ и выработаны подходы их минимизации. 8. Будут разработаны рекомендации по технологии изготовления оптимизированных КСБ. 9. Будут поданы в журналы, входящие в базы данных WOS и Scopus, рукописи 3 статей. Будет принято участие не менее, чем на 4 конференциях. Будут подготовлены отчеты по результатам первого и второго этапов проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ»

№ 122111700087-6

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГЕТИКИ В ПАРАДИГМЕ КОМБИНАТОРНЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данный проект направлен на реализацию комбинаторных подходов по использованию новых материалов, легированию перовскитных пленок и модификации поверхности, при контролируемом скрининге процессов получения приборных структур. Необходим анализ каждого из факторов деградации, его вклад в общий тренд изменений и стабильности работы солнечных батарей при изменениях комплекса внешних факторов. Автоматизация эксперимента и интеллектуальный машинный анализ позволят интенсифицировать эксперимент, исключить «человеческий фактор» при проведении рутинных экспериментов и выработать новую стратегию стабилизации перовскитных солнечных батарей, повышения

их эффективности и контроля технологических процессов. Таким образом, будет получен контролируемый эксперимент с параллельным исследованием материала, технологии и прибора в реальном времени. Главный фокус исследований будет направлен на комбинаторное применение новых конфигураций тонкопленочных гетероструктур перовскитов 2d/3d; модификаций поверхности самоорганизующимися материалами и легировании новыми низкоразмерными материалами. Будут определены новые зависимости стабильности перовскитных солнечных батарей к численным параметрам точечных дефектов, влияние технологических процессов на их формирование и методы их нейтрализации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 122040100043-1

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В рамках выполнения работы планируется получение фундаментальных и прикладных результатов в области создания новых материалов для применения в качестве светопоглощающих, электрон- и дырочнопроводящих слоев,

изучение механизмов функционирования и деградации солнечных ячеек, а также процессов, лежащих в основе их получения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 122052000099-2

СОЗДАНИЕ ПЛАЗМОННЫХ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ И ПЛАТИНЫ МЕТОДОМ АЭРОЗОЛЬНОЙ ПЕЧАТИ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО УСИЛЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на решение проблемы формирования плазмонных наноструктур методом аэрозольной печати «сухими» газоразрядными наночастицами алюминия и платины с целью изготовления плазмонных структур, способных многократно усилить люминесценцию алюмината цинка (ультрафиолетового люминофора) в ультрафиолетовой области спектра в диапазоне от 200 до 315 нм и исследования процессов взаимодействия ультрафиолетового излучения с пленками алюмината цинка с осажденными на них плазмонными структурами с различной поверхностной плотностью и упаковкой наночастиц. В рамках проекта впервые будет исследовано влияние параметров импульсно-периодического газового разряда на размерные и оптический свойства наночастиц алюминия и платины, в том числе изучен процесс лазерной и термической модификации аэрозоля в потоке газа. Будет разработаны научно-технические основы создания плазмонных наноструктур на поверхности чистой подложки и пленок алюмината цинка методами аэрозольной печати с различным рисунком из наночастиц на поверхности, плотностью упаковки частиц с целью создания «горячих точек», способных многократно

усилить электромагнитное поле. Также будут разработаны методики стабилизации жидких дисперсий алюмината цинка и их смесей с наночастицами алюминия, синтезированными в газовом разряде. Впервые будут исследованы процессы усиления/тушения люминесценции в растворах смесей наночастиц алюминия и алюмината цинка, с целью создания однородных пленочных структур из жидких дисперсий различными методами. Впервые будут получены сведения о расчетном и экспериментальном факторе усиления катодо- и фотолюминесценции в бактерицидном ультрафиолетовом диапазоне в пленках алюмината цинка в зависимости от толщины пленки, параметров нанесенной наноструктуры, размеров и морфологии наночастиц алюминия и платины, условий получения структур. Результаты исследований имеют реальную возможность практического применения в производстве катодо- и фотолюминесцентных ламп бактерицидного диапазона излучения, повышении эффективности преобразования ультрафиолетового излучения в солнечных батареях, в газовых, химических и биологических сенсорах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122083000064-4

СТАБИЛЬНОСТЬ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МОЩНЫМИ ПОТОКАМИ УСКОРЕННЫХ ЧАСТИЦ

Солнечные батареи широко применяются в качестве источника энергии для орбитальных космических аппаратов.

При этом огромное значение играет вес солнечных панелей, который влияет на полезную нагрузку ракетополетчиков и на стоимость выведения космических аппаратов на орбиту.

Таким образом на передний план, помимо КПД солнечных ячеек, также выходит такой параметр как удельная мощность (производимая энергия на единицу массы).

В этой связи перовскитные солнечные панели (PSC) являются крайне перспективной технологией для применения в космическом пространстве.

Так, известно, что специально разработанные для космических аппаратов солнечные ячейки имеют удельную мощность <1 Вт/г, а ячейки на основе арсенида галлия <3 Вт/г. Недавно было продемонстрировано, что PSC достигают удельной мощности до 29,4 Вт/г [1].

Помимо снижения затрат, это создает возможности для проектирования новых космических миссий, таких как полеты в дальний космос на солнечной энергии и эффективные электрические двигатели.

С другой стороны, при использовании ячеек в космическом пространстве на первый план выходит вопрос стабильности фотоэлектрических панелей, поскольку он определяет срок службы космических аппаратов на орбите.

Солнечные панели должны выдерживать запуск и после этого подвергаться экстремальным условиям окружающей среды, таким солнечное излучение АМ0, космическое излучение, сверхвысокий вакуум и огромные перепады температур [2]. На начало 2022 года эффективность преобразования солнечной энергии PSC превысила 25.5%, что близко к рекордным показателям для кристаллического кремния (~26.6%).

Предыдущие лабораторные испытания исследовали воздействие различных условий окружающей среды с весьма многообещающими результатами с точки зрения стабильности материала.

Действительно, отсутствие кислорода снижает химическую деградацию перовскитных солнечных элементов при сильном воздействии УФ.

Деградация перовскитных солнечных элементов, рассматриваемая как основная проблема стабильности,

практически отсутствует в космосе. С другой стороны, вакуумные условия могут увеличивать выделение газов и способствовать индуцированному светом образованию дефектов и миграции ионов в перовскитных солнечных элементах.

Экстремальные температуры $\pm 80^\circ\text{C}$ вызывают обратимое падение эффективности перовскитных солнечных элементов.

Однако как при слабом освещении, так и при низких температурах, а также во внешней части солнечной системы элементы эффективно генерируют энергию.

При этом важнейшим фактором в условиях космоса может оказаться воздействие излучения космических частиц. С одной стороны перовскитные солнечные ячейки демонстрируют превосходную радиационную стойкость по сравнению с кремниевыми или космическими солнечными элементами с тройным соединением, а также демонстрируют эффекты восстановления и самовосстановления после воздействия, что делает их особенно интересными для применения на орбитах с сильным облучением [3].

Кроме того, есть значительный потенциал для дальнейшего повышения радиационной стабильности перовскитных солнечных батарей за счет направленного дизайна новых материалов и архитектуры фотовольтаических устройств.

Данный проект направлен на исследование радиационно-стимулированных процессов в перовскитных солнечных ячейках и подбор наиболее стабильных составов и архитектуры солнечных батарей для работы в условиях космоса.

В рамках данного проекта будут продолжены исследования, итогом которых должна стать не только разработка перовскитных солнечных батарей с высокой эффективностью (>20%), но и в первую очередь должны быть созданы батареи, обладающие рекордной радиационной стабильностью по отношению к пучкам заряженных частиц.

Таким образом, реализация проекта позволит создать научно-технологические основы для внедрения перовскитной фотовольтаики в космической отрасли промышленности РФ. [1] Kang, S. et al. J. Mater. Chem. A 7, 1107–1114 [2] Thirsk, R. et al. CMAJ 180, 1216–1220 [3] F. Lang et al. Adv. Mater., 28 (2016), pp. 8726–8731

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 123062600044-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЧЕРНИЛ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В СИСТЕМЕ $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ С ПОМОЩЬЮ ПЕЧАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Целью работы является разработка технологии получения функциональных чернил различного типа для формирования планарных токопроводящих структур на основе оксида индия-олова с помощью печатных технологий.

В ходе НИОКР будут разработаны технологии получения функциональных чернил в виде истинных растворов и дисперсных систем, после чего будет изучено их применение при формировании прозрачных электродов ИТО с использованием печатных методов.

В традиционных методах получения прозрачных электродов применяется сложное, энергоёмкое и дорогостоящее оборудование, что ограничивает возможности

использования таких технологий.

В России данные технологии на сегодняшний день практически отсутствуют, что актуализирует необходимость реализации элементов импортозамещения и создания отечественных технологий получения прозрачных электродов, которые определяют развитие таких отраслей промышленности как электроника, оптика, энергетика, газовая сенсорика и др.

Потребителями продукции являются производители дисплеев, солнечных панелей и гибкой электроники: АО Микрон, холдинг «Росэлектроника», TEN Flecs, Solartek, Printed Electronics.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАНОЧЕРНИЛА»

№ 123021200004-9

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЛАВУЧЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 5 кВт

Данная НИОКТР посвящена разработке математической модели плавучей солнечной электростанции (СЭС) небольшой мощности для проведения обоснования параметров и состава

оборудования плавучей СЭС. Планируемые результаты НИОКТР: 1. Аналитический обзор по теме исследования. 2. Элементы математической модели плавучей СЭС. 3.

Результаты расчетного моделирования режимов работы плавучей СЭС. 4. Результаты расчетного обоснования параметров и состава оборудования плавучей СЭС.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123011200026-2

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СУБМИКРОННЫХ 3D-СТРУКТУР ИЗ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

Настоящий проект посвящен разработке научных основ аддитивного изготовления трехмерных структур из наночастиц металлов (Ag, Au и др.) и полупроводников (ZnO, SnO₂ и др.) в субмикронном масштабе размеров. Данные структуры за счет уникальных свойств наночастиц перспективны в качестве функциональных элементов электронных и оптических устройств, например, для создания микроскопов и 3D-межсоединений, меток радиочастотной идентификации (RFID), газовых и биологических сенсоров, плазмонных структур, например, SERS-датчиков, солнечных батарей, дисплеев и интегральных схем. Известно, что изготовление трехмерных структур требует прецизионного осаждения (фокусировки) материала в нужную область на подложке. На текущий момент для этого используются специальные фокусирующие сопла и/или аэродинамические линзы, а минимальный размер структур, формируемых с помощью таких устройств лимитируется броуновским смещением наночастиц и составляет порядка 5-10 мкм. Существующий масштаб фокусировки (5-10 мкм) является недостаточным для многих электронных и оптических применений, где необходима высокая плотность размещения элементов и их малые размеры. Для решения данной проблемы необходимы поисковые исследования новых принципов фокусировки пучков наночастиц, основанных на использовании сил, способных подавить броуновское смещение частиц. Таковой является электростатическая сила, действующая на заряженные частицы на дальних расстояниях и доминирующая

над импульсом броуновского движения в области высоких напряженностей электрического поля. Научная новизна данного проекта заключается в том, что будет разработан и исследован новый метод электростатической фокусировки аэрозольных наночастиц в пучки субмикронного размера с помощью электростатической матричной линзы с множеством отверстий. При этом в качестве источника наночастиц размером 2-30 нм будет использоваться импульсно-периодический газоразрядный генератор (оригинальная разработка авторов проекта), а матричная линза будет выполнять функцию шаблона, рисунок отверстий которой будет соотноситься с геометрией формируемых 3D-структур. По предварительным расчетам определено, что броуновское движение частиц вблизи заряженной поверхности линзы будет пренебрежимо мало т.к. кинетическая энергия частиц (~500 мэВ) в электростатическом поле будет намного больше, чем их энергия теплового движения (~kT). Таким образом, это позволит подавить эффект броуновского смещения (уширения) пучка и сформировать структуры субмикронного диапазона размеров. В целях апробации разрабатываемый метод будет реализован на примерах формирования прозрачных сетчатых электродов, плазмонных решеток для видимого и инфракрасного диапазонов длин волн с горизонтальным и вертикальным расположением элементов субмикронных размеров и газочувствительных элементов сенсоров.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123032200014-4

НОВЫЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПЕРОВСКИТЫ: ВОПРОСЫ СИНТЕЗА И ХАРАКТЕРИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ

Отработаны методики получения поликристаллов и монокристаллов гибридных перовскитов на основе ряда изомеров диаминов (гексаметилендиамин, циклогександиамин, орто- и парафенилендиамин и др.) с различными анионами (Cl, Br, I). Установлены пределы температурной стабильности синтезированных гибридных перовскитов и наличие в них фазовых переходов. Описана морфология поверхности гибридных перовскитов, определены характерные размеры и форма кристаллитов. Установлена температурная зависимость основных параметров кристаллической решетки гибридных перовскитов на основе ряда изомеров диаминов с

различными анионами. Определены ширины запрещенных зон гибридных перовскитов. Исследованы люминесцентные свойства гибридных перовскитов. Также гибридные перовскиты, исследуемые в настоящем проекте, могут найти практическое применение или в фотогальванических системах (солнечные панели), или в оптоэлектронной технике (лазерные светодиоды). Это определяет круг возможных потребителей ожидаемых результатов, в число которых могут войти такие организации как НПО «Квант», АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» (АО НИИПП), ФГБУ ВНИИ радиоэлектроники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123083000034-6

МОЛОЧНО-БЕЛЫЙ КВАРЦ ДЛЯ НУЖД ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ (HI-ТЕСН) ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ КВАРЦА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОГАЩЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОГО КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА

Проект направлен на решение проблемы поиска новых перспективных объектов для получения высокочистых кварцевых концентратов для нужд высокотехнологичных (hi-tech) отраслей промышленности. Актуальность проекта определяется быстро растущим спросом на кварц высокой степени чистоты используемым в волоконной оптике, полупроводниковой промышленности, солнечной энергетике и т.д. Основная часть месторождений хрусталиночного, прозрачного и гранулированного

кварца активно разрабатывалось в конце прошлого века, в связи с чем к настоящему времени они практически полностью отработаны. Возникшая в последние годы необходимость расширения минерально-сырьевой высокочистого сырья может быть удовлетворена за счет обнаружения, разведки и вовлечения в разработку новых перспективных объектов. Цель проекта заключается в оценке возможности промышленного использования ранее не задействованных и широко распространенных в пределах

Уральской кварценозной провинции жил молочно-белого кварца. Сопоставление на основе сравнительного изучения типоморфных характеристик, генетических особенностей, содержания минеральных, флюидных и структурных примесей в кварцевых жилах, залегающих среди гранитов, сланцев, габбро и серпентинитов, отражающих специфику минералообразования в разнородных геодинамических обстановках, позволит разработать на их базе комплекс минералого-геохимических индикаторов для экспертной оценки их пригодности для получения высокочистых кварцевых концентратов. Повышение эффективности поиска и прогноза возможно за счет вовлечения в поисково-оценочный процесс новейших аналитических методов, таких

как: ISP-OES и LA-ICP-MS спектроскопия с индуктивно связанной плазмой, рамановская спектроскопия, ИК- спектроскопия, термобарогеохимия отличающихся локальностью, экспрессностью и результативностью полученных данных. Научная новизна проекта заключается в разработке и экспериментальном и теоретическом обосновании новых подходов в переработке непрозрачных разновидностей кварца, к которым относятся жилы молочно-белого кварца. Впервые в рамках проекта будут получены данные по оценке влияния степени рекристаллизации на содержание минеральных, флюидных и структурных примесей в молочно-белом кварце, залегающем в разных геодинамических обстановках.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123012500152-2

ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПРОВОДЯЩИХ СТРУКТУР ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Внедрение функциональных наноматериалов в передовые устройства фотовольтаики является общемировым трендом, давно вышедшим за пределы научных лабораторий. Во многом, данный тренд отражает стремление к созданию гибких и дешевых в изготовлении тонкопленочных устройств с расширенным функционалом, который невозможно реализовать с использованием стандартных объемных полупроводников. Среди ярчайших примеров таких практически значимых оптоэлектронных устройств, для улучшения характеристик которых уже активно используются наноматериалы, можно выделить тонкопленочные фотодетекторы, а также солнечные элементы на основе свинцово-галогенидных перовскитов, эффективность преобразования которых (>25 %) всего за десять лет вплотную подобралась к показателям гомопереходных солнечных элементов на основе монокристаллических полупроводников и позволила установить рекорд эффективности однокаскадных солнечных элементов в tandem с кремнием (~30%). Внедрение наночастиц в указанные устройства позволяет добиться эффективного широкополосного поглощения солнечной энергии даже для тонкопленочных конфигураций за счёт эффектов конверсии фотонов с повышением или понижением частоты, плазмонных резонансов и генерации горячих носителей заряда. Вместе с тем, ряд вопросов, связанных с фундаментальным пониманием влияния фазового состава, а также размера и морфологии внедряемых наночастиц на характеристики полученных устройств фотовольтаики, до сих пор остаются малоизученными. Кроме того, перспективными, но еще практически не исследованными, подходами к дальнейшему увеличению эффективности солнечных элементов и фотодетекторов является внедрение гибридных наноматериалов различной конформации (ядро-оболочка, ядро-сателлиты и т.д.), сочетающих свойства и функциональность полупроводниковых и плазмонных наноструктур. Наконец, эффективные методы получения полупроводниковых и гибридных наноструктур для решения задач разработки оптоэлектронных устройств нового поколения в настоящее время практически не решены или решены только для отдельных типов наноматериалов. С точки зрения получения химически чистых наноматериалов высокого качества, пригодных для производства тонкопленочных фотодетекторов и солнечных элементов нового поколения, перспективными выглядят разнообразные высокопроизводительные и масштабируемые лазерные

технологии. Среди таких технологий, следует выделить жидкофазные лазерно-плазменные подходы, а также методы лазерно-индуцированного синтеза. В частности, развитие быстрых систем развертки и сканирования лазерным пучком мишени, а также сверхбыстрые (до десятков МГц) частоты следования импульсов обеспечивают высокие скорости генерации наноматериалов в процессе абляции мишеней и суспензий наноматериалов, в то время как гибкая оптимизация параметров лазерного воздействия, типа жидкости и используемого прекурсора позволяет варьировать морфологию и химический состав получаемых наноматериалов в широких пределах. Локализованное в фокальном пятне лазерное излучение может также рассматриваться как микромасштабный химический реактор, ограничивающий объем и характер протекания реакции фото-/термо-индуцированного разложения молекул прекурсора, приводящей к формированию в области облучения суспензии наночастиц, их осаждению на произвольном интерфейсе или даже поверхности других наночастиц (в случае проведения синтеза в суспензиях). Это открывает широкие перспективы использования методов лазерно-индуцированного синтеза как для производства функциональных наноматериалов (в том числе, гибридных - за счет возможности комбинации этого метода с абляционными), так и для получения функционализированных наночастицами интерфейсов и сплошных металлических осадков, как основы токопроводящих структур. Вместе с тем, отсутствие детального понимания ключевых физико-химических процессов и механизмов, и как следствия, способности прецизионно управлять этими процессами за счет продуманного выбора физико-химических параметров экспериментальной системы, является основным сдерживающим фактором, ограничивающим возможность использования указанных подходов (абляции в жидкости и лазерно-индуцированного синтеза) для получения функциональных наноматериалов требуемого состава и конфигурации, а также их последующего использования для создания реальных устройств. Данный проект направлен на устранение данного пробела за счет развития высокопроизводительных лазерно-плазменных технологий синтеза функциональных металл-полупроводниковых наноматериалов, функционализированных наночастицами интерфейсов и проводящих структур, а также демонстрация базовых принципов, позволяющих применить указанные технологии для создания передовых устройств фотовольтаики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123030900026-6

СИНТЕЗ СОЕДИНЕНИЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПУТЕМ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНЫМ АЦЕТИЛЕНОМ

В настоящее время использование окрашенных веществ прочно вошло практически во все сферы деятельности человека. Красители и пигменты нужны для окрашивания текстильных волокон, изделий из кожи, меха, дерева, полимерных материалов, металлических поверхностей, декоративно-отделочных материалов, пищевых продуктов, фармацевтических препаратов, косметических композиций и многого другого. Красители, обладающие люминесцентными свойствами, в частности флуорофоры, находят самое разнообразное применение не только в промышленном производстве и в быту, но и в ключевых направлениях развития науки и техники. Флуоресцентные метки и зонды широко применяются в различных исследованиях в биофизике, молекулярной и клеточной биологии, медицине. Многие методы исследования ДНК основаны на флуоресцентной детекции. Флуорофоры применяются также в лазерах для создания излучения с определенной длиной волны. В настоящее время все более актуальными становятся экологичные источники энергии, основанные на неисчерпаемых природных ресурсах. Относительно новое и перспективное направление в этой области – разработка солнечных батарей, фотоэлементы которых сенсибилизированы органическими красителями. Огромная значимость красителей и флуорофоров для различных областей науки и отраслей производства вынуждает химиков постоянно искать новые вещества с требуемыми оптическими свойствами и совершенствовать пути их синтеза. Стоит отметить, что подавляющее большинство работ в данном направлении достаточно узко специализированы, направлены на получение соединений одного класса, либо соединений с конкретным практическим применением. Настоящий проект посвящен разработке новых эффективных подходов к широкому спектру соединений с

заданными оптическими свойствами. Реализация проекта предполагает синтез и модификацию окрашенных и/или флуоресцирующих соединений различных классов на основе химических превращений одного исходного вещества – ацетилена. Такой подход в синтезе красителей и/или флуорофоров будет применен впервые. Молекула ацетилена является универсальным строительным блоком в синтезе разнообразных органических продуктов. Реакции циклоприсоединения с участием ацетилена позволяют конструировать ядра гетероциклических соединений различных классов, многие из которых обладают яркой окраской и/или флуоресцентными свойствами. Винилирование ацетиленом ОН- и NH-групп, которые часто присутствуют в молекулах красителей, в том числе флуоресцентных, может изменить оптические свойства этих соединений в определенном диапазоне, а дальнейшие превращения с участием винильного фрагмента могут стать способом получения новых соединений с яркой окраской и/или флуоресцентными свойствами, в том числе полимеров. Реакции замещения атомов водорода в молекуле ацетилена дают возможность вводить фрагмент C2 в различные функционализированные субстраты и тем самым изменять их оптические свойства. Таким образом, на основе химии ацетилена предполагается решить сразу комплекс задач в области синтеза соединений с контролируемыми оптическими свойствами. С помощью циклоприсоединения с участием ацетилена планируется синтезировать гетероциклические соединения различных классов с перспективными оптическими свойствами, а путем взаимодействия красителей с молекулой ацетилена планируется осуществить их модификацию с целью контролируемого изменения оптических свойств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123082300004-9

ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ТИПА «ЯДРО-ОБОЛОЧКА» НА ОСНОВЕ СИЛИЦИДА МАГНИЯ И КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Разработка и внедрение экологически чистых альтернативных источников энергии и увеличение эффективности традиционных энергоустановок являются важными задачами для современной науки и техники. Использование термоэлектрических преобразователей (ТЭП) рассматривается как наиболее универсальный инструмент для решения указанных задач. Говоря о применении ТЭП, стоит выделять модули стандартного размера и преобразователи пониженной размерности (микро- и мезоскопические ТЭП). Стандартные модули нашли себе применение в промышленных установках, использующих горение (печи, котлы, ДВС и т.д.), в составе гибридных фото- и термофотовольтаических ячеек или в качестве охладителей. Сегодня внимание исследователей сосредоточено на миниатюрных модулях за счёт их широкой области применения. Особенность таких преобразователей заключается в том, что термоэлементы имеют микронный масштаб, что позволяет увеличить плотность компоновки до 10^6 шт./см² и снизить теплопроводность материала. За счёт этих обстоятельств такие преобразователи могут работать при небольших градиентах температур и утилизировать тепло с небольшой площади. Микро-преобразователи могут быть интегрированы с процессорным кристаллом для локального охлаждения микросхем или лазерных диодов. Кроме того, их можно использовать в качестве элементов питания различных микроваттных устройств: носимой электроники, биосенсоров, беспроводных датчиков Интернета Вещей. Однако повсеместное внедрение

термоэлементов сдержано высокой ценой исходного сырья, токсичностью отдельных химических элементов и низкой эффективностью модулей. В качестве основы для преобразователей кремний имеет ряд преимуществ: широкая распространённость в земной коре, низкая стоимость, высокий фактор мощности, возможность формирования обеих ветвей термоэлектрического генератора, широкая технологическая освоенность материала, экологическая и биологическая стороны вопроса. Широкое распространение преобразователей на основе кремния ограничено его высокой теплопроводностью. Структурирование кремниевой матрицы для снижения теплопроводности без существенного вреда для электропроводности является нетривиальной задачей. Интересные результаты были получены за счёт наноструктурирования и уменьшения размерности образцов – формирование кремния в виде нанонитей снизило теплопроводность на два порядка величины, что увеличило термоэлектрическую добротность с 0.01 до 0.6 при 350K. Кремний имеет богатый набор полупроводниковых, металлических и полуметаллических силицидов, среди которых стоит выделить Mg₂Si, как наиболее перспективный и широко изученный с точки зрения термоэлектричества. О перспективности материала говорит значение термоэлектрической добротности – 1.63, зарегистрированной для Mg₂Si_{0.5}Sn_{0.5} при 615K, что является рекордным значением для силицидов. В рамках проекта предлагается объединить уникальные свойства высокоаспектных кристаллов и термоэлектрические показатели силицида

магния за счёт формирования гетероструктур типа «ядро-оболочка», где ядро – нанопроволока/нанолезвие кремния, вокруг которой будет сформирована силицидная оболочка. С помощью фотолитографии высокого разрешения и селективного травления (металл-стимулированное химическое травление) будет сформирован высокоплотный массив таких кристаллов с контролируемыми параметрами (сечением, протяжённостью, фактором заполнения). Основная часть проекта направлена на исследование особенностей

формирования и определения термоэлектрических параметров кремний/силицидных гетероструктур. Однако подобные гетероструктуры перспективны и в других направлениях: солнечная энергетика, термофотовольтаика, фотодетектирование. Кроме того, кремний имеет широкий набор силицидов и полученные в рамках проекта знания будут востребованы во многих смежных областях науки и техники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123091200013-4

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ФОТОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ШИРОКОЙ ОБЛАСТИ ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА В ТАНДЕМНЫХ КРЕМНИЙ-ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

Заявляемый проект направлен на повышение стабильности фотоактивных материалов на основе перовскитов с высокими показателями эффективности для применения в кремний-перовскитных тандемных солнечных элементах. Планируется использовать тщательную химическую инженерию и

стабилизирующие добавки для получения перовскитных материалов с повышенной стабильностью. Также будет исследовано влияние границ раздела между перовскитом и соседними зарядово-транспортными слоями на стабильность устройств.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 123020300082-9

СИНТЕЗ СЕЛЕНОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ НОВОЙ ИОД-ОПОСРЕДОВАННОЙ РЕАКЦИИ ЭЛЕМЕНТНОГО СЕЛЕНА С АЛКЕНАМИ И ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗА-ПОДОБНОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Развитие химии селенорганических соединений имеет большое значение как для получения фундаментальных знаний, так и для практического использования. Они используются для получения полупроводниковых материалов, лазерных установок, солнечных батарей, наноматериалов, фоторезисторов, оптических приборов, селенсодержащих пленок и покрытий. Комплексы с переносом заряда и ион-радикальные соли на основе селенорганических гетероциклов проявляют высокую электрическую проводимость. Кроме того, селенорганические соединения обладают широким спектром биологической активности. Установлено, что они могут быть использованы в медицине для лечения рака, лейкозов, артрита, сердечнососудистых и аллергических заболеваний. Найдены селенорганические соединения, которые обладают ранозаживляющими, противовоспалительными, антимикробными, анальгезирующими свойствами. Некоторые классы селеноорганических соединений обладают глутатионпероксидаза-подобной каталитической активностью. Эта их важная особенность стала предметом исследовательского интереса в последние годы. Таким образом, поиск методов синтеза, приводящих к новым или труднодоступным селеноорганическим соединениям, обладающим высокой глутатионпероксидаза-подобной

активностью и создание на их основе лекарственных препаратов может внести существенный вклад в проблему лечения и снижения смертности от социально значимых заболеваний. В проекте будут разработаны фундаментальные подходы к новым функциональным селеноорганическим соединениям и изучены их глутатионпероксидаза-подобные свойства. В первую очередь будут разработаны новые и эффективные методы синтеза селеноорганических соединений, получение которых ранее не было возможно по причине отсутствия подходящего способа: 1) На основе новой иод-опосредованной реакции элементного селена и нуклеофилов с алкенами будут получены новые β-функционализированные (содержащие гидроксид-, алкокси-, карбокси-группы и др.) селениды и гетероциклические соединения. 2) На основе новой иод-опосредованной трехкомпонентной реакции элементного селена с алкенами и нитрилами будет разработан простейший метод сборки труднодоступных гетероциклов – 1,3-селеназолов и, далее, 1,3-селеназолов. Будет изучена глутатионпероксидаза-подобная активность полученных соединений. Соединения, проявившие высокую глутатионпероксидаза-подобную активность, являются перспективными для разработки новых лекарственных препаратов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИИ ИМ. А.Е. ФАВОРСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123110100052-2

ХЛОРОФИЛЛОПОДОБНЫЕ БИОМАТЕРИАЛЫ КАК ДОНОРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Проект направлен на исследование процессов преобразования мощности падающего излучения в гибридных тонкопленочных структурах, содержащих в качестве фотоабсорбера природный тетрапиррольный пигмент. Под гибридными понимаются структуры, в которых фотогенерация носителей заряда происходит за счет пары «органический фотоабсорбер /неорганический полупроводник», либо полностью органической пары фотоабсорберов в сэндвиче из неорганических функциональных компонентов.

Возможность выделения тетрапиррольных пигментов из биосырья и их последующей химической модификации, плюс доступные технологии получения наноструктур на основе микрокристаллических оксидных полупроводников, будут обеспечивать низкую стоимость, а использование гибких подложек с активными и вспомогательными слоями толщиной в несколько десятков нанометров – малый вес и практичность конечного оптоэлектронного устройства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123051500027-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЗРАЧНЫХ СРЕД ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ЦЕПЕЙ

Разработка новых эффективных прозрачных сред для солнечной энергетики перспективное направление исследований, открывающее возможности, как для повышения КПД солнечных элементов, так и увеличения числа их возможных применений. В рамках данного проекта будут проведены исследования оптических свойств комплексных материалов на основе пористой матрицы диоксида титана, с включениями линейного углерода, стабилизированного золотыми частицами. Такой подход позволит решить сразу несколько фундаментальных и прикладных задач: - стабилизировать структуру, содержащие линейный углерод; - обеспечить широкий диапазон поглощения за счет включения прозрачного узкозонного полупроводника (линейный углерод) в матрицу широкозонного (диоксид титана); - повысить квантовый КПД элемента за счет использования наночастиц золота, закрепленных на концах цепей, обеспечивающих механическую стабильность углеродных нитей; а также легирующих его, изменяя тем самым структуру энергетических уровней. В рамках проекта планируется развить принципиально новое направление для научной группы, позволяющее успешно объединить в прикладной задаче полученные ранее результаты по синтезу слоистых

структур диоксида титана и получения линейного углерода. Основные подходы, развиваемые в рамках данного проекта, будут сосредоточены на получении прозрачных пленок, в которых диоксид титана будет выполнять роль пористой матрицы, а в качестве легирующей добавки будут выступать структуры на основе линейного углерода, стабилизированного золотыми наночастицами. В серии численных экспериментов планируется определить необходимую концентрацию линейного углерода, как для усиления поглощения в УФ и видимом спектрах электромагнитного излучения, так и для эффективной генерации электронов. Экспериментально будет исследовано влияние длины углеродных цепей на поглощение излучения видимого диапазона и динамику генерации электронов. Будут изучены процессы увеличения поглощения света с помощью фотонного усиления, разделения заряда в полупроводнике посредством прямого переноса электронов (DET) и вызванного плазмонным резонансом переноса энергии (PIRET). Конечным результатом исследований станет – создание серии лабораторных образцов прозрачных солнечных элементов, демонстрирующих широкополосное поглощение в диапазоне от УФ до ближнего ИК на уровне до 20% от интенсивности падающего излучения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ГРИГОРЬЕВИЧА И НИКОЛАЯ ГРИГОРЬЕВИЧА СТОЛЕТОВЫХ»

№ 123020600087-1

МИКРОКОНЦЕНТРАТОРНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ

Технология micro-CPV базируется на использовании миниатюрных (в среднем 500 и 100 мкм) солнечных элементов (СЭ) и короткофокусной оптике, благодаря чему удается значительно снизить конструктивную высоту модуля (до 1-3 сантиметров). Таким образом, такие важные форм-факторы как «высота» и «объем» модуля оказываются сравнимыми с широко распространенными планарными солнечными батареями. Неоспоримым преимуществом micro-CPV технологии является уменьшение температурной нагрузки в каждой ячейке модуля при сохранении высокой средней концентрации солнечного излучения, что создает более однородное распределение тепла на единой теплоотводящей панели, снижает влияние механических напряжений из-за несоответствия температурных коэффициентов расширения материалов полупроводника и теплоотвода и, как результат, повышается надёжность модуля. Кроме того, может подавляться влияние латеральных токов на вольтамперные характеристики, вызванное неоднородностью засветки СЭ. За счет снижения резистивных потерь от латеральных токов открывается путь к использованию альтернативных более дешевых электрических контактов, например, таких как прозрачные проводящие слои. Негативное влияние «периферии», в частности туннельных токов, при высоких концентрациях излучения, характерное для модулей на основе стандартных концентраторов, оказывается также слабее в случае micro-CPV. Создание более сложных фотоэлектрических модулей, выполненных с использованием micro-CPV ячеек и планарных (неконцентраторных) фотопреобразователей, позволяет использовать преимущества обеих технологий и преобразовывать энергию как прямого солнечного света, так и рассеянного (диффузного) излучения. Солнечные элементы

субмиллиметровых размеров могут быть смонтированы непосредственно на контактные шины планарного (неконцентраторного) кристаллического или тонкопленочного СЭ, не вводя дополнительные потери на затенение планарной ячейки. Дополнительным преимуществом комбинированных micro-CPV модулей является сниженное «энергетическое (световое) давление» от сфокусированного излучения на планарный СЭ при случайной разориентации модуля от направления на Солнце, благодаря чему не требуется установка дополнительных защитных компонентов для неконцентраторных фотопреобразователей. Следует отметить, что простая миниатюризация традиционных концентраторных модулей, оптимизированных под трёхпериодные СЭ с площадью фоточувствительной поверхности равной десяткам квадратных миллиметров, не является приемлемым решением для реализации micro-CPV. Уменьшение размеров компонентов модуля накладывает существенно больше ограничений и требований, в частности на многоэлементные оптические системы на основе первичных и вторичных концентрирующих элементов. Несмотря на отмеченные проблемные моменты, технология micro-CPV все же обладает набором несомненных преимуществ, что предопределило динамичное развитие этого направления фотовольтаики в мире на сегодняшний день с вовлечением в «орбиту» micro-CPV все более широкой номенклатуры полупроводниковых материалов, в том числе и тонкопленочных. Главная проблема, на решение которой направлен данный проект, заключается в поиске компромиссных решений между указанными параметрами при разработке и создании микроконцентраторных модулей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123022000055-0

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ НИТРИЛОВ И ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Целью проекта является разработка методов направленного синтеза из цианосодержащих соединений новых функциональных материалов, ключевым свойством

которых является способность поглощать электромагнитное излучение в различных областях спектра и преобразовывать его. В рамках поставленной цели планируется разработать

простые и эффективные способы получения донорно-акцепторных хромофоров, которые будут обладать заданными оптические свойства. В ходе реализации проекта планируется на основе направленных превращений нитрилов разработать способы получения новых донорно-акцепторных хромофоров, которые будут использованы для направленного синтеза практически важных молекул заданного состава. В результате будут разработаны подходы к синтезу органических красителей и люминофоров. Будут получены флуоресцентные соединения с улучшенными, относительно известных аналогов, характеристиками: низкой себестоимостью, химической стабильностью, а также

варьируемой областью испускания. Будут исследована возможность использования полученных соединений в качестве хемосенсоров для определения значимых ионов металлов и органических аминов, что может способствовать переходу к экологически чистому агро- и аквахозяйству. Будут проведены исследования направленные на получение цианосодержащих соединений, которые смогут найти применение в качестве светопоглощающего компонента сенсibilизированных красителем солнечных батарей (DSSC), что будет содействовать развитию экологически чистых энергосберегающих технологий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЧУВАШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.Н. УЛЬЯНОВА»

№ 123082100069-0

ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕНОС ПРИ ИСПАРЕНИИ, КИПЕНИИ И КОНДЕНСАЦИИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ГИБРИДНЫХ ГРАФЕНОВЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕРСПЕКТИВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ТРАДИЦИОННОЙ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проект посвящен исследованиям в области гидродинамики и теплообмена (испарение, кипение, конденсация) различных рабочих жидкостей (вода и водные растворы, спирты и растворы полимеров, наножидкости) на поверхности и в тонких слоях гибридных графеновых композитов применительно к перспективным направлениям традиционной (тепловой и атомной) энергетики и альтернативной энергетики (в основном, солнечной тепловой энергетики и солнечной термоэлектрической энергетики), а также к системам хранения тепловой энергии на базе материалов с фазовыми переходами.

Целью настоящего проекта является решение фундаментальных и прикладных задач, связанных с исследованием двумерных материалов, включая графен и другие компоненты, применительно к процессам в различных энергетических устройствах (системы пассивного и активного охлаждения электронных и энергетических устройств, защита электронных устройств от электромагнитного излучения и электромагнитного шума, материалы для хранения тепловой энергии, материалы для конверсии тепловой энергии в электрическую – термоэлектрическое преобразование, материалы для конверсии солнечного планковского излучения в пар и т.п.). Планируется выполнить исследования различных наножидкостей, в основном, на базе графеновых нанохлопьев в качестве добавок и наполнителей разного типа рабочих жидкостей, их оптических и тепловых свойств в широком диапазоне температур (для систем термостабилизации энергетических и электронных устройств, для печати гибкой электроники, применительно к задачам тепловой солнечной энергетики и т.п.). Помимо этого, будут

исследованы гибридные многокомпонентные композиты со специальными функциональными свойствами для увеличения или снижения теплопроводности, управления прочностью и пластичностью, а также специальными функциональными поверхностями с регулируемой смачиваемостью и растеканием жидкости, испарением, кипением и конденсацией на подобных поверхностях, избирательными электромагнитными свойствами и другими параметрами.

Актуальность данного проекта связана с отсутствием масштабных исследований в области двумерных материалов как компонентов более сложных систем с заданными функциональными свойствами, фактическое отсутствие серьезных исследований для графеновых наножидкостей или гибридных графеновых жидкостей (с добавлением других наноконструктивных и ультрадисперсных частиц), недостаточные знания о поведении гибридных графеновых наноконструктивных и наноконструктивных с добавками других двумерных материалов, особенно в широкой области температур, при наличии электромагнитных полей, особенностей смачивания поверхностей, процессов испарения, кипения и конденсации, а также кристаллизации разнообразных жидкостей, включая наножидкости, и т.п. Несмотря на определенное число опубликованных результатов, многие вопросы изучены совершенно недостаточно, особенно в целях их использования для традиционной или альтернативной энергетики. Имеющиеся опытные данные и теоретические модели не отвечают современным подходам, имеют высокую неопределенность в полученных результатах и не могут служить основой для решения инженерных задач.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123091200049-3

РАЗРАБОТКА НОВЫХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ P-ТИПА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДЫРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЯХ ЭФФЕКТИВНЫХ И СТАБИЛЬНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Потребность в источниках возобновляемой энергии растет, поскольку мир стремится снизить выбросы парниковых газов и решить проблему изменения климата. Солнечные батареи являются наиболее распространенным источником возобновляемой энергии, однако традиционные солнечные элементы на основе кристаллического кремния имеют ограничения, такие как высокая стоимость и сложность производства. В последние годы перовскитные солнечные батареи стали многообещающей альтернативой традиционным технологиям благодаря использованию простых методик изготовления, низкой стоимости исходных материалов, высоким КПД и возможности печати их на гибких

подложках. Фундаментальной проблемой препятствующей успешной коммерциализации такой перспективной технологии как перовскитная фотовольтаика является низкая эксплуатационная стабильность устройств. Для преодоления этой проблемы нами предложено использовать новые дырочно-транспортные материалы, основанные на органических низкомолекулярных соединениях. Применение таких материалов в качестве HTL позволит улучшить извлечение и транспорт носителей зарядов, приведет к пассивации поверхности перовскита, улучшить кристаллизацию фотоактивного материала и, в целом, повысить стабильность устройств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123082100006-5

ГАЛОГЕНИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ Р-ЭЛЕМЕНТОВ: МЕТОДИКИ СИНТЕЗА, СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВАЖНЫЕ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Проект посвящен химии галогенидных комплексов р-элементов (гомо- и гетерометаллических). На данный момент в солнечной энергетике преобладают солнечные элементы на основе моно- и поликристаллического кремния. Их эффективность достаточно высока, но производство дорогостоящее, энергоемкое и способно принести значительный ущерб экологии окружающей среды. Постепенное развитие галогенидных перовскитных солнечных элементов на основе комплексов свинца привело к достижению рекордной эффективности – КПД превышает 25%, что сравнимо с показателями промышленных образцов кремниевых солнечных батарей (<https://www.nrel.gov/pv/assets/pdfs/best-research-cell-efficiencies.20200104.pdf>). Однако остро стоит проблема высокой токсичности соединений свинца и малой стабильности таких устройств. В качестве альтернативы рассматриваются галогенидные комплексы висмута и сурьмы. Перспективным способом изменения оптических свойств галогенидных комплексов является модификация строения анионной части структуры, а именно введение дополнительных металлов или полигалогенидного фрагмента. Гетерометаллическая система трёхвалентного (висмут, сурьма, индий) и одновалентного

металла (медь, серебро) может дать перовскитоподобную структуру, подобную комплексным соединениям свинца или иные структурные типы, благоприятные с точки зрения использования в солнечных элементах. С фундаментальной точки зрения, сложность изучения новых галогенидных соединений состоит в том, что на данный момент не выявлено закономерностей, позволяющих предсказать результат реакции при определённых начальных условиях, а также то, какими свойствами будет обладать полученное соединение. Поиск таких закономерностей мог бы стать не только фундаментально важной задачей, но и задачей с явным прикладным значением в фотовольтаических материалах будущего. Актуальной задачей является также систематическое изучение закономерностей образования новых галогенидных комплексов и изучение их физико-химических свойств. Подробный анализ полученных результатов позволит выявить наиболее перспективные образцы и системы для дальнейших исследований в современных материалах и, возможно, обнаружить некоторые корреляции между условиями синтеза и структурой продукта, а также между структурой и свойствами полученных соединений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123091500002-5

РАЗРАБОТКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ТРИФЕНИЛАМИНСОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОМЕРОВ С «ЯКОРНЫМИ» ГРУППАМИ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ И ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Данный проект направлен на разработку новых органических функциональных зарядово-транспортных материалов, представляющих собой органические полупроводниковые соединения, способные к самоорганизации, в том числе к образованию монослоев, благодаря наличию в их молекулярной структуре функциональных («якорных», «анкерных») групп. Предлагаемые материалы будут представлены соединениями, состоящими из блока, отвечающего за подвижность носителей зарядов, представляющего собой производное трифениламина, связанное через олигофеновый или олигофениленовый фрагмент различной длины, с «якорной» полярной группой на основе производных карбоновой или фосфорной кислот. Разработанные подходы будут оригинальными и универсальными, а также позволят получать новые функциональные материалы с возможностью настройки их фазового поведения, а также оптических и полупроводниковых свойств путем варьирования различных структурных фрагментов, т.е. природы сопряженного блока, длины и типа сопряжения, а также

природы якорных групп. Детальное изучение комплекса оптических, электрохимических свойств, фазового поведения и растворимости, а также их сравнение со свойствами ближайших известных аналогов позволит выявить новые закономерности взаимосвязи структура-свойства полученных систем, что позволит в дальнейшем предсказывать свойства подобных соединений и получать материалы с заранее заданными параметрами. Разработанные в ходе проекта материалы будут обладать комплексом ценных свойств и смогут найти применение в качестве зарядово-транспортных материалов в различных устройствах органической и гибридной электроники, таких как органические и перовскитные солнечные батареи и светоизлучающие диоды. Как следствие, молекулярный дизайн, разработка способов синтеза и исследование свойств новых органических функциональных зарядово-транспортных материалов на основе соединений с якорными группами представляет собой важную научную задачу, которая направлена на решение как фундаментальных, так и прикладных проблем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123091800016-9

ГИБКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ МАССИВА КРЕМНИЕВЫХ ВОЛОКОН В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ

Ключевыми показателями, определяющими успешность развития солнечной энергетики, является высокая эффективность и малая стоимость фотоэлектрических преобразователей. На сегодняшний день, для производства солнечных элементов в основном используется кремний из-за его доступности и относительно низкой цены. Солнечные элементы (СЭ) на основе кремния составляют более 90% рынка наземной фотовольтаики, что связано с доступностью материала, запасы которого в земной коре практически не ограничены, высоким уровнем развития кремниевой технологии, достаточной стойкостью к солнечному излучению и, что также достаточно важно, солнечные элементы на основе кремниевых подложек безопасны с экологической

точки зрения и не требуют особых процедур утилизации. Помимо этого, остро встает вопрос о необходимости формировании гибких СЭ, а также снижении их веса. Во-первых, для создания таких СЭ требуется меньший расход полупроводниковых материалов, кристаллические подложки также могут быть заменены полимерными. Во-вторых, гибкие солнечные панели легче по сравнению с традиционными панелями с металлическими рамками и защитным стеклом, что облегчает их транспортировку и монтаж. В-третьих, имеется возможность интегрирования подобных устройств в различные конструкции сложной формы, такие как аэростаты, электромобили, дроны, одежда и т.д. Однако современные гибкие СЭ обладают рядом недостатков. К существенному

минусу относится все еще довольно низкий уровень КПД (~ 6.5%). Помимо вышесказанного, существующие гибкие СЭ обладают низкой механической стабильностью и непродолжительным сроком службы. Объясняется это тем, что современные материалы, применяемые для гибких СЭ, нестабильны, дороги, неэффективны или токсичны (CIGS). В частности, органические гибкие СЭ на основе перовскитов привлекательны высоким значением оптического поглощения, но не стабильны и быстро деградируют. Таким образом, исследования по созданию гибких СЭ, обладающих высоким КПД (более 10%), высокой стабильностью и механической прочностью по-прежнему являются актуальными на сегодняшний день. Общая механическая гибкость СЭ определяется гибкостью каждого входящего в него слоя. Для гибких органических СЭ наименее гибким слоем является прозрачный проводящий оксид, в качестве которого чаще выступает оксид индия-олова (ITO). Поли (3,4-этилендиокситиофен) полистиролсульфонат (PEDOT: PSS) является альтернативным материалом для замены слоев ITO. Пленки PEDOT:PSS помимо высокой проводимости обладают высокой прозрачностью в видимом диапазоне, высокой механической гибкостью и простым получением из водного раствора. Также PEDOT:PSS является привлекательным материалом эмиттера для СЭ на основе SiNWs по сравнению

со слоем a-Si:H p-типа проводимости, который невозможно осаждать с точным контролем толщины на вертикально-ориентированные кремниевые структуры. Одним из путей развития может быть создание гибридных гибких СЭ с использованием органического проводящего материала PEDOT:PSS. Основной задачей проекта является проведение исследований по объединению разработанных теоретических принципов и всех технологических операций для создания рабочего прототипа гибкого СЭ на основе вертикально-ориентированных кремниевых структур. Решение данной задачи в первую очередь потребует адаптации разработанных ранее технологических подходов для обеспечения их совместимости. Также на основе проведенных исследований электрофизических и фотоэлектрических свойств изготовленных структур будет проведена модификация их физической модели. Помимо обозначенной выше основной задачи, в проекте будут решаться задачи по поиску путей совершенствования эксплуатационных характеристик солнечных элементов. СЭ на основе SiNWs, встроенные в полимерную матрицу, обладают большей механической стабильностью по сравнению с планарными устройствами. Таким образом, актуальной является цель исследования по созданию перспективных гибких фотопреобразовательных структур на основе PEDOT: PSS/SiNWs.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ж.И. АЛФЕРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123100600283-6

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЯМОГО УПРАВЛЯЕМОГО СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ, НАНОКЛАСТЕРОВ И ЛЕТУЧИХ ГИДРИДОВ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ ПОТОКОВОЙ ЛЕВИТАЦИИ

На сегодняшний день одной из самых актуальных научных проблем является получение наноразмерных частиц и покрытий, а также улучшение методов и технологий их создания. Знание механизма функционирования наночастиц и покрытий на их основе позволяет решать самые разнообразные проблемы: совершенствовать уже существующие технологии, повышать эффективность использования солнечной энергии при улучшении фотосенсибилизации солнечных панелей в качестве спектрально-селективного покрытия зеркал и стекол, улучшать селективность и активность катализаторов и многие другие. Кроме того, применение таких объектов в новых сферах, например, в медицине, позволяет использовать наночастицы для адресной доставки лекарственных препаратов, таргетной терапии и дезактивации ВИЧ-1 с отсутствием цитотоксичности. Таким образом, на этапе бурного развития фундаментальных и прикладных основ получения наноматериалов, важнейшей задачей является создание теоретической и экспериментальной базы новых «зеленых» методов, позволяющих достигать высокой производительности получения наночастиц (около 15 г/ч), а также проводить прямые синтезы различных веществ (гидриды, нитриды, оксиды и пр.) в одну стадию, т.н. «direct synthesis». В последнее десятилетие большой интерес исследователей вызывают нанокластеры, которые представляют собой почти монодисперсные металлические частицы, имеющие диаметр менее 5 нм. Нанокластеры обладают уникальными свойствами, которые связаны с их промежуточным положением между объемной фазой и индивидуальными атомными или молекулярными частицами, поэтому имеют большие перспективы в качестве новых типов высокоактивных и селективных катализаторов. В настоящее время, в связи с развитием нанотехнологий, а также микро- и нанoeлектроники в частности, с каждым годом возрастает потребность в высокочистых наночастицах и нанокластерах различного состава и размера, а, следовательно, существует очевидная потребность снижения

себестоимости и уменьшения затрат на их производство. Кроме того, развитие различных областей науки и техники приводит к увеличению спроса и мощностей производства, что ухудшает экологическую ситуацию при использовании традиционных реагентов для получения наночастиц: этиленгликоля, этанола и других органических растворителей. С этой точки зрения, крайне важно внедрять и развивать относительно новые методы получения, которые могли бы элиминировать существующие проблемы. Для решения поставленных задач в проекте предлагается всестороннее изучение метода индукционной потоковой левитации для получения наночастиц и нанокластеров, где базисным видом сырья, являются проводящие или магнитные материалы. В рамках проекта планируется разработка методов и подходов для синтеза карбидов и нитридов металлов, методом индукционной потоковой левитации, которые привлекают большое внимание благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам, обусловленным включением междоузельного углерода и азота в кристаллическую решетку исходных металлов. Недавние успехи в использовании таких соединений выявили их каталитические свойства во многих важных для промышленности реакциях, включая удаление гетероатомных загрязнителей, конверсия CO₂, риформинга спирта и конверсия монооксида углерода водяным паром. Также карбид кремния и нитрид галлия являются перспективными и востребованными материалами современной микроэлектроники. Устройства на GaN и SiC работают лучше и эффективнее, чем кремниевые компоненты, которые они заменяют. В настоящее время по-прежнему остается проблемой синтез наноразмерных карбидов металлов с заданными размерами и морфологией из-за неоднородного науглероживания и неизбежной агрегации при высоких температурах реакции. В связи с этим, необходимо всестороннее изучение синтеза этих материалов с высокой степенью воспроизводимости, что будет достигнуто в данном проекте.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»

№ 123110700036-6

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОТЯЖЕННЫХ НАНООБЪЕКТОВ И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ

Необходимость точного контроля процессов формирования прозрачных проводящих покрытий является востребованной задачей для изготовления фотоэлектронных устройств, требования к таким покрытиям постоянно растут из-за развития спроса на миниатюрные и гибкие портативные электронные и фотоэлектронные устройства с высокой эффективностью на примере светоизлучающих диодов, дисплеев, солнечных батарей и фотодетекторов.

Основная проблема связана с дорогостоящим высокотемпературным процессом нанесения прозрачных проводящих покрытий на основе широко известных материалов, таких как оксид индия-олова и легированный фтором оксид олова, с высокими ограничениями по гибкости формируемых покрытий.

Эта проблема решается за счет использования металлических протяженных нанобъектов, таких как Ag, Cu, Pt и Au и формирования покрытий на основе дисперсий с данными материалами.

Однако, несмотря на широкий выбор альтернативных материалов, для использования в качестве прозрачных проводящих покрытий для создания высокоэффективных фотоэлектронных устройств с воспроизводимыми характеристиками, требуется не только изучение особенностей синтеза металлических нанопроволок необходимых форм и размеров, но и их внедрение в дисперсную среду, обладающей в результате высокой коллоидной стабильностью, с целью использования в прецизионных и высокоточных методах нанесения.

В рамках реализации проекта мы предлагаем развить новые научные подходы к химическому жидкофазному синтезу (полиольный, сольво- и гидротермальный синтез,

а также химическое восстановление) протяженных нанобъектов (Ag, Cu и Pt и/или Au) в виде вытянутых цилиндров с высокими значениями аспектного отношения размеров (более 1000) без использования органических или полимерных стабилизаторов.

До сих пор эта задача является чрезвычайно сложной, поскольку, на зарождение и рост нанобъектов влияет широкий спектр факторов процесса синтеза.

Более того, известные методы синтеза используют для роста нанобъектов органические стабилизаторы, которые негативно сказываются на электрических и оптических характеристиках формируемых элементов устройств и стабильности их характеристик во времени.

Таким образом, в рамках данного проекта будут разработаны новые подходы к химическому жидкофазному синтезу металлических протяженных нанобъектов (Ag, Cu и Pt и/или Au) в форме вытянутых цилиндров с высокими значениями аспектного отношения размеров.

Впервые будут развиты научные подходы, связанные с созданием стабильных дисперсий без использования органических связующих на основе металлических нанобъектов (Ag, Cu и Pt и/или Au) с нужными реологическими характеристиками для применения в методах печати (струйной и аэрозольной).

Впервые будут исследованы особенности и характеристики получения тонких прозрачных проводящих пленок (до 100 нм) указанных металлических нанобъектов для создания светочувствительных элементов (фоторезисторов и фотодиодов) методами струйной и аэрозольной печати дисперсиями на их основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123102400028-9

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ

НИР направлена на изучение характеристик работы перовскитных солнечных панелей в условиях климата Забайкальского края. Задачей является подтверждение более

высокой эффективности перовскитных солнечных панелей по сравнению с кремниевыми, в том числе в условиях низкой освещенности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123021100001-9

КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СИСТЕМАХ

Целью настоящего проекта является получение новых эмпирических и теоретических знаний о физических свойствах различных твердотельных систем:

- сверхпроводящих нанопроводов и тонких пленок;
- магнетиков с нетривиальным магнитным упорядочением;
- перовскитов и двумерных систем для применения в солнечной энергетике (графен, фосфорен, MoS₂ и т.д.);
- плазмонных наночастиц в режиме фотоэлектрического эффекта;
- гибридных (многослойных) низкоразмерных наноструктур на базе различных материалов;
- сложных многокомпонентных систем и материалов

пониженной размерности.

Предлагаемые задачи по изучению физических свойств гибридных систем можно разделить на четыре направления, типичных для исследований в этой области наук:

- технология и микроскопический анализ объектов исследования;
- экспериментальное изучение транспортных, магнитных и термодинамических свойств;
- интерпретация экспериментальных результатов и построение теоретических моделей;
- популяризация результатов исследования, включая формулировку результатов интеллектуальной деятельности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

№ 123112300005-0

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МАКСИМИЗАЦИИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МАССИВА СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Цель НИР: Разработка и реализация интеллектуальных систем прогнозирования и максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции на основе оригинальной модифицированной нечеткой нейросети. Задачи НИР: - Поиск и анализ отечественных и зарубежных конкурирующих интеллектуальных технологий максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции. - Проектирование на основе оригинальной модифицированной нечеткой нейросети интеллектуальных технологий максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции. Будет получена интеллектуальная

технология максимизации выработки электроэнергии массива солнечных панелей, предназначенная для решения задачи максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции в условиях частичного затенения солнечных панелей. Интеллектуальная технология максимизации выработки электроэнергии массива солнечных панелей, созданная средствами оригинальной модифицированной нечеткой нейросети, обеспечит следующие ее преимущества перед аналогами: автоматическую настройку на архивных данных, автоматическую самоадаптацию.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ХАКАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Ф. КАТАНОВА»

№ 123120600124-0

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ РЕЛЯТИВИСТСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕСНЫМИ F-ЭЛЕМЕНТАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ

Исследованиям оптических свойств материалов - генераторов когерентного излучения, светодиодов, люминесцентных материалов, солнечных батарей и других, в основе которых обычно используются соединения лантаноидов, актиноидов (f-элементов) и переходных металлов, посвящается огромное число работ. Обычным средством моделирования свойств таких материалов являются DFT, псевдопотенциалы и методы, использующие периодические граничные условия. Однако использование этих методов, как и кластерных моделей, позволяют выполнять такие исследования в лучшем случае на уровне точности ~ 0.1 эВ для энергетических характеристик, то есть порядка типичной энергии возбуждения в f-элементах. Для исследования оптических свойств таких материалов известные пакеты программ на основе DFT не позволяют добиться надежных результатов. Разработанные нашей группой «подстраиваемые-под-соединение» потенциалы внедрения (СТЕР), обобщенные релятивистские эффективные потенциалы остовов (ОРЭПО) и варианты теории связанных кластеров позволяют выполнять расчеты кластеров небольшого размера (до ~ 10 атомов) с точностью ~ 0.01 эВ для энергетических характеристик, что достаточно для расчета фрагментов таких материалов с f-элементами. Развитие и применение этих методов планируется в проекте. Нами будут выполнены исследования оптических свойств: ортофосфатов YPO_4 (легированного катионами Yb^{3+} , Ce^{3+} и Th^{3+}) и $LuPO_4$ (легированного катионами Yb^{3+}); ниобата кальция, $CaNb_2O_6$, легированного катионами Yb^{3+} , Nd^{3+} и La^{3+} с вакансиями; перовскитов $BaTiO_3$ и $PbTiO_3$, легированных лантаноидами и торием; галогенидов итербия с новыми прецизионными вариантами СТЕР. Анализ электронной структуры внедренных кластеров - многоатомных и обычно низкосимметричных систем - требует дальнейшего совершенствования методов решения релятивистской многоэлектронной задачи. Важнейшими

асpekтами работы в этом направлении будет развитие технологии вычисления «остовных» свойств - параметров взаимодействия электронных оболочек с ядром, химических сдвигов линий рентгеновских спектров и т.д. - в рамках модели ОРЭПО при помощи методики «атомов-в-соединениях», создание базисных систем небольших размерностей для полностью релятивистских расчетов электронной структуры сложных соединений f-элементов, разработка методики расчета приведенных одночастичных матриц плотности в рамках релятивистского метода связанных кластеров. Для высокоточного расчета свойств на центральном атоме в фрагменте кристалла необходимо использовать такие варианты ОРЭПО, которые позволяют включить максимально возможное при заданном уровне вычислительных затрат число электронов этого атома в расчет. Кроме того, такие ОРЭПО должны учитывать вклады от релятивистских эффектов на наивысшем возможном уровне. В рамках исходного проекта РНФ была разработана процедура для включения вклада от квантовоэлектродинамических (КЭД) эффектов в оператор ОРЭПО. Учет стандартных одноэлектронных релятивистских эффектов и двухэлектронных релятивистских (брейтовских) поправок к кулоновскому взаимодействию между электронами был выполнен нами раньше. В данном проекте будут построены учитывающие КЭД-эффекты варианты ОРЭПО со сверхмалыми атомными остовами. Для атомов Yb и Ca только 10 и 2 самых внутренних электронов соответственно будут исключаться из расчета, а 60 и 18 электронов будут явно рассматриваться в последующих расчетах с ОРЭПО. Планируемое исследование флуктуаций структурных параметров и электронной плотности предполагает разработку и проверку (посредством численных расчётов) методов описания вырожденных перегруппировок, в результате которых группа симметрии кластера оказывается не изоморфной какой-либо из точечных групп симметрии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ.Б.П. КОНСТАНТИНОВА НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 123042000034-3

РАЗРАБОТКА ФРОНТИРНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА И НОВЕЙШИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ В ФОТНИКЕ, МЕДИЦИНЕ И СЕНСОРИКЕ

Развитие фотоники, методов многомасштабного моделирования и высокопроизводительных методов вычислительной квантовой химии позволило описывать, разрабатывать и создавать новые материалы, структурированные на наноуровне, обладающие уникальными физико-химическими свойствами, которые исследуются, в том числе, с помощью методов синхротронной спектроскопии и в настоящее время используются во многих

важных для общества областях, таких как здравоохранение (сенсорика, биовизуализация), преобразование и накопление энергии (например, светоизлучающие устройства и солнечные батареи), телекоммуникации (оптические элементы для передачи, фильтрации и преобразования сигналов и т.д.). В этом проекте мы сконцентрируемся на нескольких актуальных направлениях, указанных ниже.
1) Исследование рассеяния света диэлектрическими

резонансными метоповерхностями для разработки прототипа высокочувствительного сенсора. Синтез фановского отклика для сингулярных оптических пучков с целью оптимизации оптического поля рабочего сигнала разрабатываемого сенсора. 2) Исследование недавно нами теоретически предсказанных плазмонов с переносом заряда (ППЗ) и поиск материалов для термоэлектрических преобразователей, включая ППЗ. 3) Исследование и инженерия собственных мод периодических структур из резонансных плазмонных наночастиц в виде волноводов для высокоэффективной передачи энергии между соседними элементами. 4) Поиск и исследование низкоразмерных галоидов металлов, включая металлоорганические соединения, с целью повышения их квантового выхода, термостабильности, а также управления длиной волны люминесценции. 5) Разработка принципиально новых теоретических методов рентгеновской

спектроскопии, включая спектроскопию электрон-ионных совпадений, позволяющих наиболее полно описывать динамику сверхбыстрых процессов, возникающих при линейном и нелинейном взаимодействии рентгеновского излучения с молекулярными системами. Основное внимание будет уделено разработке новейших экспериментально-теоретических схем накачки-зондирования с вовлечением рентгеновских, оптических, ИК и ВУФ импульсов накачки, исследованию сверхбыстрых динамических процессов в молекулярных системах, включая перераспределение энергии в процессе фотодиссоциации и спиновую динамику. 6) Разработка и развитие аккуратного и экономичного подхода для проведения квантово-химических вычислений электронных переходов молекул из основных в валентно- и остожно-возбужденные состояния при расчете рентгеновских спектров поглощения и резонансного неупругого рассеяния.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

4.4 ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

2021

№ 121031800229-1

РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ШИРОКОГО КЛАССА ПРИЛОЖЕНИЙ, ВКЛЮЧАЯ ЭНЕРГЕТИКУ, БИОИНЖЕНЕРИЮ И ХИМИЧЕСКУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Цель исследования – развитие фундаментальных основ создания перспективных энергоэффективных и экологически чистых технологий, включая: - получение новых фундаментальных знаний о процессе горения и газификации углеродосодержащих топлив в потоке газа различной реакционной способности с добавлением водяного пара и наночастиц активных металлов, с использованием технологий плазменной и механохимической активации; - научное обоснование новых методов диагностики и управления процессами тепломассопереноса переноса в энергетических системах; - совершенствование методов экспериментального и численного моделирования нестационарных процессов в элементах энергетического оборудования, относящихся к задачам тепло-, гидро- и ветроэнергетики. Для достижения поставленной цели будет решен комплекс взаимосвязанных междисциплинарных задач: - Экспериментальное исследование воздушной газификации углеродосодержащих топлив с определением кинетических характеристик топлива при различных способах механохимической активации. - Совершенствование методов моделирования нестационарных процессов горения и газификации измельченного угольного топлива (в том числе УМП, ВУТ, ОВУТ, углеродосодержащие отходы) в потоке газа. - Численное моделирование аэродинамики, процессов тепломассопереноса и горения в перспективных конструкциях топочных и горелочных устройств (включая вихревую топку парового котла ТЭС и ряд ее модификаций с вторичным тангенциальным дутьем) при факельном сжигании угольного топлива (в т.ч. низкосортного, а также в комбинации с газовым топливом). Анализ зависимости 3D структуры двухфазного потока и интенсивности протекающих процессов, а также интегральных теплотехнических и экологических характеристик от состава топлива и режимных параметров, определение на этой основе принципов повышения показателей исследуемых теплоэнергетических установок. - Экспериментальное исследование эффектов (воспламенение, тепловые и экологические характеристики процесса горения), связанных с добавлением наночастиц активных металлов (таких как Al, Ti, B, Mg) при сжигании жидких углеводородов в разработанных прямооточных

горелочных устройствах с подачей водяного пара в зону горения; разработка измерительных методик; научное обоснование нового способа повышения полноты сгорания топлива и управления экологическими показателями процесса. - Проведение исследований термического разложения низко метаморфизованных углей Кузбасса, отходов резинотехнических изделий с целью получения энергетических продуктов, востребованных сектором экономики. - Изучение методов оптимизации теплообменных поверхностей аппаратов АБТТ и обоснование новых подходов, таких как использование трехступенчатой схемы десорбции абсорбента с применением в качестве источника энергии для АБТТ сбросных продуктов сгорания газотурбинных (ГТУ) и газопоршневых (ГПУ) энергетических установок. - Адаптация программы TERRA для термодинамических расчетов переработки отходов; термодинамическое моделирование переработки твердых отходов; разработка программы кинетических расчетов высокотемпературной переработки отходов; кинетическое моделирование переработки твердых отходов. - Анализ закономерностей тепломассопереноса в слое диэлектрика при плавлении под действием СВЧ-излучения. - Изучение сложных нестационарных явлений, возникающих при частичной нагрузке гидроагрегатов или в переходных режимах, в том числе: формирования нестационарных крупномасштабных вихревых структур (как одной из наиболее опасных причин снижения ресурса и надежности гидроагрегата, значительно ограничивающих допустимые диапазоны режимов по расходу); динамики нелинейных возмущений на кавитирующем вихревом жгуте, приводящих к дефрагментации вихревой полости и отрыву вихревых колец. Экспериментальное исследование нестационарных вихревых явлений и формирующихся синхронных пульсаций давления при различных режимах работы гидротурбины на аэродинамическом стенде. - Развитие методов бесконтактной диагностики структуры двухфазных потоков и экспериментальное моделирование нестационарных ограниченных и проточных вихревых течений для исследования закономерностей сложного одновременно вихревого и циркуляционного движения газовых и конденсированных сред.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121080300032-0

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА-ТРАНСФОРМЕРА ДЛЯ НУЖД АРКТИКИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Цели и задачи НИОКТР заключаются в разработке мобильного ветрогенератора-трансформера для автономной выработки электроэнергии в Арктике. А именно в увеличении мобильности (масса до 80 кг), компактности (размеры: не более 2000х400х400 мм). Необходимо разработать прототип, провести испытания и получить ожидаемые результаты. На обеспечение всех энергетических объектов Арктической зоны РФ дизельным топливом, ежегодно тратится — около 520 млрд рублей. Тарифы на электроэнергию достигают

20-237 руб./кВт·ч. В данных регионах спрос на рынке электроснабжения, особенно на основе ВИЭ, высокий. Продукт применим в малой энергетике, электроснабжении в Северных регионах и в труднодоступной местности, мобильной ветроэнергетике. Продукт обладает высокими перспективами среди: Потребителей Арктического региона, живущих и работающих вне населенных пунктов, а также охотников, туристов, рыбаков, геологов, военнослужащих и других.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЭНЕРГИЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА - ВЕТЕР»

№ 121042600289-3

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В АРКТИКЕ

Проект направлен на решение фундаментальной научной задачи по эффективному использованию огромного возобновляемого энергетического ресурса Арктики и восточного побережья РФ-кинетической энергии атмосферного пограничного слоя с помощью ветрогенераторов, которые сейчас являются одним из видов экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики. Задача проекта связана с поиском оптимальных решений для борьбы с обледенением - одной из основных проблем, сдерживающих эффективное использование ветрогенераторов для автономного энергоснабжения отдаленных населенных пунктов крайнего севера. Сейчас эта тематика перспективна и очень актуальна для обеспечения динамического развития энергетики в Арктических и отдаленных регионах Сибири. Эффективное решение поставленных задач в области ветроэнергетики с учетом их обобщения для применения к другим объектам жизнедеятельности может стать прорывной темой при решении данной проблемы для других направлений развития Арктического региона, что подчёркивает принципиальную важность развития этих знаний в целом. Необходимость проведения данных исследований подтверждается повышенным интересом к освоению Арктического региона ведущими мировыми державами. Выработка стратегии борьбы с обледенением здесь играет значимую роль, что подтверждается созданием международного научного Консорциума по «Разработке совместной академической и исследовательской программы по изучению обледенения структур в холодных регионах». Авторы проекта являются участниками этого Консорциума, поэтому исчерпывающе владеют актуальной информацией об основных мировых научных конкурентах, современном состоянии исследований по данному направлению, тенденциях и проблемах в его развитии. Вращающиеся роторы ветрогенераторов являются наиболее сложными объектами для изучения воздействия обледенения. Здесь возникает комплекс проблем: ухудшаются аэродинамические характеристики лопастей, снижается производительность, увеличивается вес лопастей и происходит нарушение балансировки ротора. Данный комплекс проблем приводит к тому, что ветрогенераторы часто приходится останавливать во избежание их поломки или опасности отрыва кусков льда от лопастей. В рамках Проекта предполагается определить наиболее эффективную стратегию по борьбе с обледенением лопастей

ветрогенераторов в климатических условиях, характерных для арктического побережья РФ, включая изучение эффективности новой технологии для ветрогенераторов по использованию иерархических супергидрофобных (ИСГ) покрытий, приближенных по форме к двух масштабным нано структурным покрытиям природных объектов. Использование ИСГ пленок в отличие от используемых других супергидрофобных покрытий для обеспечения эффективной работы ветрогенераторов в холодных климатических условиях является принципиально новым подходом, пока не имеющим аналогов в мире. Впервые в условиях сложных аэродинамических потоков будет исследована эффективность новых противообледенительных систем на базе защитных ИСГ плёнок с иерархическими размерами нано-структур от 50 нанометров до 100 мкм. Эти результаты могут существенно изменить представление о природе обледенения на ИСГ покрытиях и помогут выявить и установить новые закономерности явления обледенения на нано-структурных поверхностях и способов борьбы с ним. Для проверки эффективности противообледенительных систем и выявления наиболее эффективных методов защиты будет произведено экспериментальное сопоставление эффективности ИТС при раздельном и совместном применении с разными традиционными методами борьбы с обледенением путем использования тепловых нагревателей, ультразвуковых и вибрационных устройств и других супергидрофобных покрытий с целью выявления наиболее оптимального метода или их комбинации. Это комплексное использование всех предложенных методов и подходов, позволит успешно решить поставленную задачу по выработке общей стратегии борьбы с обледенением. Проект с высокой вероятностью будет выполнен успешно, результаты проекта, скорее всего, превзойдут запланированные в области комплексного использования ИТС совместно с традиционными методами борьбы с обледенением. Для выполнения аэродинамических экспериментальных исследований, будет использована климатическая аэродинамическая труба на базе существующего ветроэнергетического стенда, модифицированного холодильной установкой, имеющихся в наличии у коллектива. Это является основным экспериментальным ресурсом вполне достаточным для успешной реализации проекта, так что нет необходимости в приобретении нового дорогостоящего оборудования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121072700044-4

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ РОТОРА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Разработка прототипа системы ориентации ротора горизонтально-осевой ветроэнергетической установки. Решается научно-техническая проблема снижения ошибки ориентации горизонтально-осевой ветроэнергетической

установки за счет внедрения аппаратно-программного комплекса вычисления ошибки угла ориентации и его устранения с помощью нового программного обеспечения. Область применения: все без исключения горизонтально-

осевые ветроэнергетические установки, имеющие систему управления и систему ориентации на ветер. Потенциальные

потребители: - собственники ветроэнергоустановок; - ветропарки.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АЛИЭН»

№ 121061500081-5

ИССЛЕДОВАНИЕ И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭКСПЛУАТАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В качестве планируемых результатов теоретических исследований выступают: - классификационная схема ветроэнергетических систем; - модель жизненного цикла ветроэнергетической установки; - критерии

научного обоснования выбора ветроэнергетической системы; - совершенствование технологии строительства ветроэнергетических систем; - повышение экономичности и экологической безопасности ветроэнергетических систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122041400260-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ МАЛЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ РЕГИОНА

Архангельская область обладает большим и еще не использованным ветроэнергетическим потенциалом. Существует возможность создания надежной и эффективной системы электроснабжения удаленных поселений, которая будет использовать местные возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Электроснабжение этих районов на данный момент чаще всего осуществляется маломощными электростанциями, работающими на традиционном органическом топливе. Транспортировка топлива значительно увеличивает его стоимость. Помимо этого, при транспортировке в суровых климатических условиях существует повышенный риск разливов и утечек топлива, а работа энергетических установок, использующих ископаемые виды топлива, оказывает негативный экологический эффект на хрупкие северные экосистемы. Международный опыт показывает, что гибридные системы с использованием ветроэнергетических установок (ВЭУ), не включенные в систему центрального электроснабжения, могут обеспечить технически осуществимое и экономически обоснованное решение энергетических проблем, с которыми сталкиваются отдаленные северные районы. Наиболее актуальным является использование ВЭУ малой мощности, так как чаще всего удаленные населенные пункты характеризуются небольшим энергопотреблением. Основная нагрузка связана с зимним периодом времени, когда активно используется освещение в связи с сокращенным световым днем. Однако существуют риски при использовании ветроэнергетических установок в северных условиях в зимнее время года. Одним из таких общеизвестных рисков является обледенение лопастей. К негативным последствиям образования льда относится нарушение аэродинамики лопастей, что приводит к снижению подъемной силы и увеличению сопротивления. Снижение аэродинамических показателей лопастей ВЭУ приводит к уменьшению среднегодовой производительности энергии ветровой электростанции и, как следствие, к экономическим потерям. Кроме того, нарастание льда происходит неравномерно, что нарушает баланс и вызывает вибрацию. Это приводит к сокращению срока службы ветроэнергетической установки, механическому разрушению, обрушению льда и возможному ущербу здоровью человека. На данный момент в авиационной промышленности разработаны компьютерные коды для моделирования обледенения крыльев самолетов. Однако почти ни один из этих кодов не доступен для исследователей в области ветроэнергетики. Более того, эти коды учитывают требования авиационной промышленности, которые отличаются от требований ветроэнергетической промышленности. В отличие от крыла самолета, лопасти ветроэнергетической установки работают на дозвуковой скорости. Кроме того, размеры лопастей меньше, а углы атаки выше. Поэтому для

исследователей в области ветроэнергетики важно иметь инструменты, разработанные специально для работы ветроэнергетических установок. Для оценки влияния льда на работу ветроэнергетической станции важно понять, как он образуется и в какой степени он может повлиять на работу установки. Решение проблемы обледенения лопастей ветроэнергетических установок позволит модернизировать энергосистемы удаленных территорий за счет использования местных возобновляемых источников энергии и повысить энергетическую устойчивость региона. Данный проект направлен на изучение процесса обледенения лопастей горизонтально-осевых ветроэнергетических установок малой мощности. На данный момент в мире наибольшее распространение получили ветроустановки мощностью 1 МВт, 2 МВт и больше. Промышленные ВЭУ данной мощности хорошо изучены, однако не подходят для небольших удаленных населенных пунктов. В связи с этим актуальной является задача исследования обледенения лопастей малых ВЭУ. В рамках проекта будут проводиться исследования потока воздуха, влияния температуры, скорости ветра, влажности, размера капель, кривизны и геометрии лопастей, шероховатости на процесс образования льда, его характеристики и форму. Будут выполнены оценка поведения процесса образования льда на лопастях малых ВЭУ, определены области подверженные наибольшему обледенению. Проведено сравнение различных геометрий лопастей с целью определения наименее подверженной обледенению при широком спектре различных климатических условий, а также при соблюдении баланса энергетической эффективности всей ветроэнергетической установки. Результаты моделирования будут подтверждаться экспериментальными исследованиями в аэродинамической трубе. В ходе работы будут выполнены моделирование различных режимов работы ветроэнергетической установки, направленных на сокращение последствий обледенения (временная остановка ВЭУ, работа в номинальном режиме, сокращение скорости вращения ротора при условиях обледенения). В результате будет выбран наиболее оптимальный режим работы, который позволяет сократить обледенение лопастей с наименьшими потерями в выработке энергии. Проблема предсказания образования льда также является актуальной при эксплуатации ветровых электростанций. От точности прогноза зависит эффективность примененных действий для сокращения образования льда. В рамках проекта на основе статистических метеорологических данных и результатах моделирования обледенения будет создана новая математическая модель, с помощью которой можно выполнять прогнозирование характеристик образования льда в зависимости от климатических условий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

№ 122060700022-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕТРОПАРКОВ

В связи с ростом установленных мощностей ветропарков по всему миру проблематика, связанная с изучением взаимодействия ветровых турбин и их комплексов (ветропарков) с атмосферным пограничным слоем, становится актуальной и значимой как в ветроэнергетической практике, так и в научных сообществах по исследованиям атмосферы. Россия заметно отстаёт от технологических лидеров ветроэнергетической индустрии. Вместе с тем, имеющиеся оценки технического и экономического потенциала отечественной ветроэнергетики свидетельствуют о возможности покрытия не менее трети от существующей потребности в электроэнергии за счёт ветрогенерации. Во многом развитию отечественной ветроэнергетики препятствуют нерегулярный и низкий ветропотенциал на большей части территории Российской Федерации, а также сложные метеорологические условия с частыми переходами температурного режима «через ноль» и осадками, которые способствуют образованию наледи на рабочих поверхностях ветровых турбин. Следствиями этого являются длительные фазы работы ветроэнергетических комплексов в неэффективных аэродинамических режимах, либо технологических простоев, связанных с производством работ по очистке от наледи, что, в свою очередь, приводит к необходимости в избыточных (и дорогостоящих) резервах установленной мощности и накопителей энергии. Заявленный проект посвящён решению научной проблемы познания закономерностей влияния ветропарков на состояние атмосферного полидисперсного пограничного слоя. Реализация проекта связана с развитием мезомасштабных моделей турбулентного переноса и созданием цифровых двойников атмосферного пограничного слоя ветропарка как средства исследования эффективности и отработки в вычислительном эксперименте технологий управления метеорологической обстановкой на локальных территориях (в частности путём «программируемого» выпадения в заданных технологических участках осадков вне рабочей зоны ветроколеса) посредством инъекций концентраторов влаги и рационального использования аэродинамического следа соседних ветротурбин. Достоверное и точное прогнозирование эволюции взаимодействующего с ветропарком атмосферного

пограничного слоя в широком диапазоне пространственных и временных масштабов даст ценную количественную информацию о потенциальном воздействии на местную метеорологическую обстановку и имеет большое значение для оптимизации как проектирования (размещения турбин), так и эксплуатации ветропарков. Разрабатываемый в проекте цифровой двойник будет построен на основе оригинального аналитического ядра, обеспечивающего высокоточное моделирование тепломассопереноса и фазовых превращений при взаимодействии полидисперсного воздушного потока с сетью ветротурбин и рельефной поверхностью локальной территории Ульяновского ветропарка. Помимо новизны постановки задачи, принципиальная новизна ожидаемых результатов связана с мезомасштабным развитием и использованием в аналитическом ядре проблемно-ориентированного комплекса средств исследования разработанной Н.Н. Ковальноговым оригинальной полуэмпирической модели турбулентного переноса в пограничном слое дисперсных потоков с интенсивными воздействиями, в которой адекватно учтено воздействие влияющих факторов, в том числе полидисперсности пограничного слоя, орографии обтекаемой поверхности и градиента давления потока. Посредством исследования цифрового двойника будут получены новые результаты и научные данные по закономерностям влияния ветропарков на состояние атмосферного полидисперсного пограничного слоя на локальных территориях, а также по оценке потенциала и эффективности технологий управления метеорологической обстановкой. Реализация проекта обеспечит формирование научного и технологического задела для перехода к цифровым интеллектуальным технологиям производства энергии, основанных на использовании ветра и адаптированных к природным особенностям территории Российской Федерации, будет способствовать ликвидации технологического отставания от мировых лидеров ветроэнергетической индустрии в области управляющей автоматики и контроля и создаст предпосылки для технологического лидерства в области рационального природопользования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122110900013-6

ВЕТРОУСТАНОВКА С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Автономное электроснабжение потребителей получило широкое распространение не только в Европейских странах, но и в России. Просторы нашей страны позволяют вывести альтернативное электроснабжение на новый уровень. Около 60% территории Российской Федерации не подключены к центральному электрическому сетям, основной причиной этого является низкая плотность населения в некоторых районах. Поэтому для электроснабжения потребителей в этих районах устанавливаются ветряные, солнечные электростанции. Использование альтернативных источников энергии обусловлено не только отдаленностью от центральных сетей, но и потребностью некоторых потребителей в более экономном энергетическом сырье, так большинство предприятий в связи с законом «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»,

были вынуждены воспользоваться альтернативными источниками энергии, тем самым снизили затраты, связанные с электроснабжением. В современное время широкое распространение получили индивидуальные и фермерские хозяйства, появился дефицит в электроэнергии, повышение цен на центральное электроснабжение, удаленность этих хозяйств, все эти факторы дали спрос на альтернативные источники энергии. Одной из основных задач автономного электроснабжения является обеспечения бесперебойного питания потребителя. Поэтому применение в системах автономного электроснабжения ветроэнергетических установок становится более актуальным в настоящее время. В рамках проекта «Приоритет – 2030» разработка и исследование синхронного генератора для системы автономного электроснабжения является актуальной задачей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122082600019-1

ГИБРИДНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПАРЫ ТВЕРДАЯ ПЛЕНКА/АНТИФРИКЦИОННАЯ ПЛЕНКА, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Альтернативная энергетика является динамично развивающейся отраслью. Стремительный рост данного сектора обусловлен, прежде всего, развитием солнечной, ветровой и гидроэнергетики. В России в последние годы были запущены ветроэнергетические кластеры в Ростовской и Ульяновской областях, республиках Калмыкия и Крым и др. Разрабатываются проекты более чем 10 новых ветряных станций по всей стране. Срок службы ветряной турбины составляет 20 лет. Однако некоторые узлы ветряного генератора, такие как роликовые подшипники главного вала и редукторов изнашиваются гораздо быстрее и требуют дорогостоящего ремонта. Нанесение износостойких покрытий является одним из способов увеличения срока службы оборудования. Эксплуатация турбин происходит в условиях высокой влажности, кислотных дождей, высоких ветровых нагрузок и др., что обуславливает дополнительные требования к покрытию: стабильность состава и свойств в условиях агрессивных сред и повышенной влажности, твердость и эрозионная стойкость. Использование ветрогенератора в России также сопровождается экстремальными перепадами температуры, что осложняет применение классических жидких смазочных материалов. Для решения обозначенной проблемы предлагается разработать новый тип гибридных защитных износостойких покрытий, сочетающих высокую износостойкость, твердость и устойчивость к агрессивным средам. В основе подхода лежит управление трибомеханическими свойствами покрытия за счет синергетического эффекта твердого и антифрикционного твердосмазочного слоя. В предлагаемом материале графитоподобный нитрид углерода будет выступать в качестве твердосмазочного слоя, а пленки TiSiN и SiBCN обеспечат твердость получаемого покрытия. Введение кремния в состав твердой части покрытия позволит улучшить его химическую устойчивость, а в случае TiSiN также препятствовать формированию столбчатой структуры, негативно влияющей на твердость пленок. В рамках данного проекта будут разработаны и реализованы методики управляемого синтеза новых гибридных многофункциональных покрытий на основе структуры TiSiN/g-C₃N₄ и SiBCN/g-C₃N₄ с улучшенными

характеристиками (механическими, трибологическими, коррозионностойкими) на различных типах материалов, включая сталь. Научная новизна проекта определяется природой слоев, входящих в состав гибридного покрытия. Графитоподобный нитрид углерода g-C₃N₄ является активно исследуемым материалом в области фотокатализа, однако в области трибологии слабо изучен. Тем не менее, так же, как и известные твердосмазочные материалы (графен, дисульфид молибдена, гексагональный нитрид бора), он обладает слоистой структурой, обеспечивающей малое сопротивление сдвигу и высокое сопротивление сжатию, что обуславливает их малый коэффициент сухого трения. В последние годы появились публикации по использованию его в качестве активной стабилизирующей добавки в антифрикционном твердосмазочном материале (дисульфида молибдена и терморезистивного полиимиды) и стандартной смазки на основе парафина. Стоит отметить, что для получения покрытий g-C₃N₄ использовался в виде готового порошка, что ограничивает его применение в получении пленок и покрытий. В данном проекте же предлагается формировать слой графитоподобного нитрида углерода на поверхности подложки в ходе химической реакции с использованием органических предшественников. Обоснованность выбора SiBCN в качестве твердого слоя гибридного покрытия определяется его высокой твердостью и окислительной термостойкостью. Предполагается, что принадлежность обоих слоев покрытия SiBCN/g-C₃N₄ к системе Si-B-C-N позволит улучшить адгезионные характеристики. Для создания таких гибридных многофункциональных покрытий TiSiN/g-C₃N₄ и SiBCN/g-C₃N₄ предполагается использование комбинации методов химического осаждения из газовой фазы для осаждения слоев g-C₃N₄ и SiBCN и физического осаждения из газовой фазы для осаждения слоев TiSiN. Выполнение проекта позволит установить корреляции между особенностями состава и строения полученных гибридных покрытий и их физико-механическими, трибологическими характеристиками, а также устойчивостью к воздействию агрессивных сред. Значительный объем фундаментальных результатов будет получен впервые.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123083000027-8

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ А6

Провести испытания 4-х вариантов комплектации ветроэнергетической установки, каждую при 4-х скоростях набегающего потока воздуха: 6, 8, 10, 12 м/с с целью

определения оптимальной формы ветрозащитной оболочки ветроколеса.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 123110800145-4

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРОТОТИПА ПРИВЯЗНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ФУНКЦИЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Проект «Борей» предлагает решение двух ключевых проблем, сдерживающих развитие ветроэнергетики на основе существующих технологий: 1. Климатический фактор (не стабильность скорости и направления ветра) 2. Высокая стоимость инфраструктуры ветрогенерации (по отношению к вырабатываемой мощности). Используя энергию высотных атмосферных течений (200 м и выше) и привязные беспилотные летательные аппараты, технология «Борей»

позволяет получить следующие уникальные преимущества: - Стабильность работы и повышенную мощность даже при слабом ветре (у поверхности) - Быстрое развертывание на месте эксплуатации и дешевый монтаж; - Мобильность - возможность быстрой переброски в другие места; - Модульность – возможность гибкого наращивания мощности в зависимости от потребностей; - Стоимость электроэнергии порядка 5 руб. за 1квт/ч.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БОРЕЙ»

№ 123051700033-1

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ ЛОПАСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И КРЫЛА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

Междисциплинарный проект заключается в проведении фундаментально-прикладных исследований с разработкой прототипа аппаратно-программного комплекса (АПК) управления аэродинамическими характеристиками лопасти ветроэнергетической установки (ВЭУ) и крыла беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на основе искусственного интеллекта с самообучающейся нейросетью. Результатом НИОКР в научной части будут являться методология разработки систем механизации для ВЭУ/БПЛА, состоящая

из последовательности методов, а также компьютерные и функциональные модели планируемых к разработке устройств – компонентов аппаратно-программного комплекса. В практической части результатом проекта будет аппаратно-программный комплекс, являющийся универсальной для ВЭУ и БПЛА системой управления оперением лопасти/крыла ВЭУ/БПЛА с рядом сервоприводов и рабочих органов механизации (предкрылков, закрылков, интерцепторов и т.д.) в рамках ГОСТ 21890-76 и ГОСТ Р 59276-2020.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

4.5 Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики2021

№ 121060300114-5

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Проект направлен на решение фундаментальных проблем, связанных со сложной динамикой концентрированных вихревых структур, образующихся в различных энерготехнологических устройствах. Специальное внимание будет уделено малоизученным эффектам, таким как скачкообразное изменение топологии структур, в частности, переход от одинарного спирального прецессирующего вихря к двойной спирали (пара прецессирующих переплетенных вихрей). Данный эффект наблюдается в потоках с сильной закруткой, включая горелочные устройства и проточные элементы гидротурбинного оборудования. Явление перехода от одной моды к другой связано со скачкообразными изменениями пульсационных характеристик потока, определяющими в свою очередь надежность и эффективность промышленных аппаратов, при этом оно плохо прогнозируется, что создает дополнительные трудности при эксплуатации оборудования. Эффект расщепления вихря на две спиральные вихревые нити будет также исследоваться применительно

к двум другим эффектам. Один из таких эффектов — это возникновение синхронной моды мощных пульсаций (plunging mode) в подводной линии, появляющейся за счет взаимодействия прецессирующей вихревой структуры с несимметричными границами, например, поворотным коленом в отсасывающей трубе гидротурбины. Данное явление представляет серьезную опасность для ГЭС вследствие возникновения мощных продольных колебаний всего столба жидкости. Применительно к горелочным системам будет исследоваться влияние расщепления вихря на генерацию и динамику вторичных вихревых структур, образующихся при формировании одинарного прецессирующего вихревого ядра на внешнем (внешняя граница) и внутреннем (граница зоны возвратного течения) слоях смешения. Вторичные вихри вносят заметный вклад в структуру слоев смешения и должны таким образом оказывать критическое влияние на процессы стабилизации горения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121122000059-7

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА - СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТУРБИНЫ НА ПРИМЕРЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА

Участие компаний, эксплуатирующих гидротурбины, в системе предоставления мощности на фоне массового истощения проектного ресурса гидротурбин приводит к необходимости разработки удобного практического инструмента, позволяющего при различных сочетаниях фактической наработки и прогнозируемых режимов эксплуатации гидротурбины многократно, в онлайн-режиме, выполнять оценку технического состояния и индивидуального ресурса, отслеживать динамику изменения технического состояния и ресурса при изменении режимов эксплуатации, строить долгосрочные прогнозы изменения технического состояния и времени достижения предельного состояния, при котором эксплуатация будет

недопустима. Разработка такого инструмента является целью данного проекта. Основным направлением цифровизации энергетики является создание цифровых двойников типа «Прототип» (DTP), представляющему эталонную модель агрегата. При этом мощные гидроагрегаты обладают высокой степенью индивидуальности и требуют разработки цифровых двойников типа «Экземпляр» (DTI), содержащем информацию о конкретном физическом объекте. В результате НИОКР по программе Старт разработана методика создания таких двойников. Задачей проекта на этапе СТАРТ-2 является разработка и опытная эксплуатация комплекса предиктивной аналитики рабочего колеса натурного гидроагрегата, основанного на цифровом двойнике типа «Экземпляр» (DTI).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЦЕНТР КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ»

№ 121102600200-9

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВИХРЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ В ГИДРОТУРБИНАХ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ»

Нестационарные вихревые структуры, возникающие в закрученном потоке за рабочим колесом гидротурбины, порождают сильные пульсации давления, отрицательно воздействующие на надежность и безопасность конструкций гидроэлектростанции. Такие потоки являются трехмерными, турбулентными и нестационарными, что делает их изучение сложным как экспериментальными, так и расчетными численными (CFD) методами. Вихреразрешающий численный расчет течения позволяет моделировать вышеуказанные вихревые структуры, хотя является крайне ресурсоемким, что затрудняет его широкое использование в процессе проектирования проточных частей гидротурбин. В связи с этим, крайне важной является задача прогнозирования характеристик таких вихревых структур на основе осредненных распределений скоростей потока за рабочим колесом гидротурбины, которые могут быть определены из более ресурсосберегающего CFD расчета в стационарной циклической постановке. Для решения этой задачи требуется разработать соответствующую методику. В данном проекте

будет использован современный комплексный подход для прогнозирования нестационарных вихревых явлений с помощью машинного обучения и искусственных нейронных сетей. Это позволит интерпретировать большие массивы эмпирических данных, содержащих распределения скоростей и пульсации давления для широкого класса закрученных течений, в том числе, реализующихся в модели гидротурбины. Получение такого массива данных будет осуществляться с помощью автоматизированных детальных экспериментов на модельных установках с привлечением методов быстрого прототипирования. С помощью вихреразрешающего численного моделирования, верифицированного экспериментальными данными, планируется углубить и расширить понимание механизмов образования нестационарных вихревых структур в закрученных потоках. В результате выполнения проекта с помощью такого комплексного подхода будет разработан оптимальный метод прогнозирования опасных пульсаций давления в проточной части гидротурбины на этапах проектирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121072900009-1

АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНОГО ВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ В МОДЕЛИ ГИДРОТУРБИНЫ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНОГО АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ И РАЗЛОЖЕНИЯ НА ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЫ

Проект направлен на исследование механизмов формирования гидродинамической неустойчивости в закрученном потоке в модели гидротурбины Фрэнсиса, а именно прецессирующего вихревого ядра. В работе будет использоваться комбинированный подход, включающий аналитические и экспериментальные методы исследования. И. Литвинов получит экспериментальные данные о пульсациях давления и соответствующих полях скорости в воздушной модели гидротурбины в НГУ. Дальнейший анализ будет

проводиться совместно с исследовательской группой во главе с проф. Оберляйтером в TU Berlin с помощью аналитических методов, разработанных и апробированных ранее для потоков с горением (линейный анализ устойчивости и эмпирическое разложение на моды). Таким образом, проект позволит глубже понять возникновение нестационарности вихревого потока в гидротурбинах, которая является основной проблемой при эксплуатации гидротурбин в широких диапазонах мощности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121121600328-1

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ГИДРОДИНАМИКА НЕОДНОРОДНЫХ И МНОГОФАЗНЫХ СРЕД, ЗАКРУЧЕННЫЕ ПОТОКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Цель проекта – исследование формирования, структуры, динамики, процессов переноса нестационарных течений неоднородных и не однофазных сред с концентрированными вихрями в технологических и природных процессах. Актуальность проекта обусловлена широким распространением течений не однофазных и неоднородных сред с концентрированными вихрями в природе и технике, значимостью связанных с ними гидродинамических процессов. Линейные концентрированные вихри в природе — это интенсивные атмосферные вихри (ураганы, смерчи, пыльные вихри); кольцевые вихри нередко образуются при импульсном извержении вулканов, всплывании термиков,

включая всплывающие облака нагретых газов после сильных взрывов. В технике концентрированные вихри возникают в различных устройствах, приводящих потоки жидкости или газа во вращательное движение (гидротурбины, вихревые устройства для перемешивания, распыливания, сжигания гетерогенных сред и т.д.); импульсные процессы, а также истечение струй часто сопровождаются появлением кольцевых вихревых структур. В свою очередь вихри оказывают существенное влияние на процессы переноса, тепло и массообмена, турбулентность, генерацию акустического шума, горение.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ГИДРОДИНАМИКИ ИМ. М.А. ЛАВРЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121122100191-3

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА - СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТУРБИНЫ

Участие компаний, эксплуатирующих гидротурбины, в системе предоставления мощности на фоне массового истощения проектного ресурса гидротурбин приводит к необходимости разработки удобного практического инструмента, позволяющего при различных сочетаниях фактической наработки и прогнозируемых режимов

эксплуатации гидротурбины многократно, в онлайн-режиме, выполнять оценку технического состояния и индивидуального ресурса, отслеживать динамику изменения технического состояния и ресурса при изменении режимов эксплуатации, строить долгосрочные прогнозы изменения технического состояния и времени достижения

предельного состояния, при котором эксплуатация будет недопустима. Разработка такого инструмента является целью данного проекта. Основным направлением цифровизации энергетики является создание цифровых двойников типа «Прототип» (DTP), представляющему эталонную модель агрегата. При этом мощные гидроагрегаты обладают высокой степенью индивидуальности и требуют разработки

цифровых двойников типа «Экземпляр» (DTI), содержащем информацию о конкретном физическом объекте. В результате НИОКТР по программе Старт разработана методика создания таких двойников. Задачей проекта на этапе СТАРТ-2 является разработка и опытная эксплуатация комплекса предиктивной аналитики рабочего колеса натурного гидроагрегата, основанного на цифровом двойнике типа «Экземпляр» (DTI).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЦЕНТР КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ»

№ 121062100025-0

СПИРАЛЬНО-ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МОДЕЛИ ГИДРОТУРБИНЫ

Проект посвящен экспериментальному исследованию прецессирующего вихревого ядра при широких режимах работы гидротурбины. Основной целью проекта является расширение диапазона устойчивой работы гидротурбин

Френсиса за счет снижения неблагоприятного воздействия явления ПВЯ. Будет изучено влияние переходных режимов нагрузки на данное явление. Решение этих задач позволит повысить безопасность работы всей гидроэлектростанции.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122030900169-1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ ВЯЗКОСТИ В ПРИЛИВНЫХ УСТЬЯХ РЕК

В ходе работ по ранее успешно завершенным проектам РФФИ и проектам практической направленности в приливных устьях Северной Двины, Онеги, Мезени и нескольких малых рек (Кянда, Тамиза, Сёмжа, Лая) были получены новые и весьма неожиданные результаты, касающиеся особенностей динамики реверсивных водных потоков, в частности, существенные вариации их гидравлического сопротивления и ряда энергетических параметров в течение приливного цикла. Одним из возможных путей объяснения этих эффектов (а они затрагивают фундаментальные основы расчетов неустановившегося течения воды в естественных руслах) является развитие теории отрицательной турбулентной (вихревой) вязкости применительно к движению реверсивных водных потоков в приливных устьях рек. В результате реализации проекта на основе анализа полученного в 2016-2020 гг. натурного материала (записи акустических доплеровских профилографов течений в приливных устьях рек бассейна Белого и Баренцева моря) будет проверена гипотеза о «контрдиссипации» энергии в реверсивных водных потоках (передача энергии вихревых образований поступательному движению водной массы). В рамках принятой в настоящее время параметризации гидродинамических процессов передача энергии пульсаций поступательному движению жидкости или газа проявляется в отрицательных значениях

коэффициента турбулентной вязкости (или турбулентного обмена). В последние годы результаты многих высокоточных измерений распределения осредненных скоростей движения жидкости или газа в трубах и в пограничном слое у плоской пластины подтвердили возможность существования слоя с отрицательной вязкостью. Возможность проявления отрицательной турбулентной вязкости нами была впервые предположена в 2017 г. в результате анализа высокоточных гидрометрических измерений в мезоприливном устье малой реки Кянда, впадающей в Онежский залив Белого моря, в 2018-2019 гг. аналогичные результаты были получены для макроприливного эстуария Мезени и впадающей в него малой реки Сёмжа. При этом было установлено, что отрицательная турбулентная вязкость проявляется лишь при определенном сочетании параметров речного стока и морского прилива. Исследование причин и механизма появления отрицательной вязкости в приливных устьях рек имеет практическую значимость для оценки гидравлических сопротивлений при проектировании гидротехнических сооружений (приливные электростанции, порты), а в долгосрочной перспективе может послужить теоретической основой для разработки практических приемов воздействия на турбулентные потоки и использования энергии турбулентности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2022

№ 122072800005-3

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ НАДЕЖНОСТИ

По результатам предварительного метрологического анализа измерений расхода жидких сред, осуществляемых с применением сужающих устройств, в атомной, тепловой и гидроэнергетике обнаружена систематическая составляющая погрешности в начале шкалы измерений, обусловленная несовершенством промышленных алгоритмов обработки измерительных сигналов, а именно, корнеизвлекающими функциями, которые устанавливаются «по умолчанию» Заводами-изготовителями на датчиках и в программно-технических комплексах АСУТП. Так, установленные «по умолчанию» универсальные корнеизвлекающие зависимости на датчиках и программно-технических комплексах АСУТП не учитывают в полной мере индивидуальные характеристики сужающих устройств, параметры измеряемой среды и характеристики самого измерительного сигнала. Вследствие этого возникает погрешность в воспроизведении функции изменений расхода в начале шкалы, приводящая к занижению

показаний измерительных каналов. Применяемые в настоящее время способы обработки сигналов измерительных каналов базируются на решениях 80-х годов, разработка и применение которых были актуальны для того уровня развития измерительной техники и автоматики атомных и тепловых станций, нефтехимических предприятий и других производств. На сегодняшний день применение данных методов не оправдано, так как возможности цифровой обработки измерительных сигналов и классы точности серийно выпускаемых датчиков позволяют на качественно новом уровне осуществлять промышленные измерения с учетом множества индивидуальных характеристик сужающих устройств, параметров измеряемой среды и целого ряда характеристик измерительного сигнала. В результате проекта будет разработан новый метод реализации измерительных каналов расхода жидких сред по перепаду давления на сужающих устройствах, отличающийся от известных

применением нейронных сетей, вместо корнеизвлекающих функций, работающих в режиме реального времени, позволяющий снизить погрешность измерительного канала

в первой половине шкалы и обеспечивающий высокую надежность.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122111500003-8

РЕВЕРСИВНЫЕ НАСОС-ТУРБИНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ИМПЕЛЛЕРА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Целью проекта является разработка и оптимизация геометрии реверсивной насос-турбины для развития современных технологий высокоэффективного накопления энергии. Проект будет сосредоточен на исследовании и моделировании нестационарных течений, взаимодействия ротор-статор, кавитации и стабильности кривой производительности. Результаты исследования позволят получить новое и более глубокое понимание физики этих гидродинамических процессов, критически влияющих на производительность насоса- турбины. Это, в свою очередь, поможет создать научную базу для создания конкурентоспособного гидроэнергетического оборудования. Важным с научной и прикладной точки зрения является то, что будет накоплена обширная база экспериментальных данных по закрученному турбулентному потоку в насос-турбине, в том числе при наличии крупномасштабных вихревых структур и кавитации, не имеющая аналогов в мире. Экспериментальные результаты будут использованы для верификации численных расчётов, проводимых в Технологическом институте Рурки. Численные результаты будут в дальнейшем

использованы для масштабирования, анализа и получения эксплуатационных характеристик реального прототипа насос-турбины. Таким образом, в рамках выполнения проекта будут разработаны научные и научно-технические основы создания новой реверсивной насос-турбины с переменной скоростью вращения импеллера для аккумуляции энергии. Финальным результатом проекта станет разработка конечного продукта - оптимизированной геометрии рабочего колеса и проточного тракта реверсивной насос-турбины, который пройдет все необходимые испытания стандарта МЭК и будет предложен для внедрения при проектировании новых и высокоэффективных гидроаккумулирующих станций накопления энергии в странах БРИКС. Эта работа представляет большой интерес для стран БРИКС, поскольку гидроэнергетика является важным источником энергии среди других возобновляемых источников. Сотрудничество и обмен знаниями между тремя странами, а именно Индией, Китаем, и Россией для этого проекта, помогут охватить все аспекты, начиная от разработки модели до оптимизации конечной геометрии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011200315-8

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПЛОСКИХ И ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ЗАДАЧ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ГРАНИЦЕЙ

Проект направлен на решение новых актуальных проблем науки и техники и будет вестись по следующим трем направлениям: 1. Механизмы дробления пузырьков под действием переменного давления при наличии тепловой и вязкой диссипации. Резонансный механизм дробления имеет потенциальные медицинские применения для доставки лекарств в мозг через гематоэнцефалический барьер. Для проверки возможности реализации такого дробления требуются аккуратные численные расчёты с учётом затухания и нелинейных колебаний пузырька. Разработанная в проекте численная схема будет применена также к описанию процесса слияния газовых пузырьков в переменном поле давления. 2. Численное моделирование изменения формы свободной поверхности жидкости и развития волн, вызываемых движением тел под ней. Разработка специализированных численных схем расчета кумулятивных струй при симметричном растекании ограниченных областей жидкости, граница которых образует (гладкую) звездчатую

форму. Проблемы расчета волн и кумулятивных струй при развитии неустойчивости свободной границы имеют практические приложения во многих сферах жизни, включая промышленную обработку материалов, прогнозирование режимов эксплуатации при строительстве морских сооружений и другие. Разработка эффективных численных алгоритмов для их моделирования позволяет значительно упростить изучение этих явлений. 3. Гидравлический прыжок в плоской и осесимметричной постановке. Исследование профиля высоты прыжка, определение его границ и поля скоростей в критической области. Проблема расчета гидравлического прыжка имеет практическое применение при строительстве и эксплуатации гидроэлектростанций и дамб. Также, осесимметричная постановка задачи может быть использована для изучения свойств белых дыр в силу введения аналогии с метрикой Шварцшильда. Численная схема, разработанная в проекте.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ ИМ. А.Ю. ИШЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122090500002-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИЕЙ НА МИНИ- И МИКРОМАСШТАБЕ

Актуальность данного проекта обусловлена необходимостью увеличения мощности гидротехнического оборудования, эффективности его работы, а также срока эксплуатации за счет оптимизации формы профиля лопатки гидротурбины, применения особых покрытий с неравномерным их нанесением по толщине и длине профиля лопатки гидротурбины максимально повторяющего движение жидкости вдоль тела, и возможностью управления возникновением и развитием кавитации. Важнейшей

фундаментальной задачей является исследование градиента давления как внутри кавитационных полостей, так и влияния волн давления, возникающих после схлопывания кавитационных каверн и пузырей на кавитационные процессы вблизи тел обтекания, позволяющее понять физический механизм возникновения неустойчивостей как на межфазной границе каверн, так и каверны в целом. При выполнении Проекта 2019 года сделан значительный задел с точки зрения понимания физики нестационарных и квазистационарных

кавитационных течений благодаря исследованию этого процесса на мини- и микромасштабах, однако ряд важных вопросов все еще остается нерешенным, особенно связанный с неустойчивостями на границе кавитационных каверн и пузырей. Внутри парогазовых областей образуются волны давления характер которых до сих пор не ясен. Вторым важным вопросом, проявившемся в результате исследований влияния структурных покрытий различной морфологии на развитую гидродинамическую кавитацию, при выполнении проекта 2019 года – это повышение эффективности управления кавитационными явлениями за счет подбора оптимальных параметров шероховатости поверхности. Проект 2022 года фактически является детализующим продолжением проекта 2019 г. состоящем из двух взаимосвязанных задач: изучение возникающих в кавитационном потоке волн давления (блок 1), пассивное управление кавитацией за счет нанесения структурированных углублений различной геометрии, позволяющих направлять кавитационные потоки по заданным траекториям для практической реализации на высоконапорных ГЭС (блок 2). Цель исследований блока 1: Исследование волн давления, возникающих как внутри парогазовой области, так и после схлопывания кавитационных полостей бесконтактными методами диагностики потоков с высоким пространственным и временным разрешением на мини- и микромасштабах, и современными вычислительными технологиями, методами и подходами, реализуемых в последние годы в ИТ СО РАН. Цель исследований блока 2: Исследовать вопрос пассивного

управления кавитацией за счет нанесения периодической ячеистой структуры на поверхность тела обтекания под различными углами к набегающему потоку. Разработать и оптимизировать методы исследования нестационарного двухфазного потока в пределах нанесенных покрытий, выявить закономерности влияния параметров шероховатости на кавитацию и рассчитать эффективность их воздействия. Выработать рекомендации для развития технологий производства деталей гидротехнического оборудования с покрытиями, на основе использования доступных технологий при наименьших материальных затратах. Новизна проекта обусловлена как новизной самого объекта исследования: изучение кавитационных процессов на мини и микромасштабе, так и новизной результатов Проекта 2019 года, полученных с применением передовых экспериментальных и численных методов, создающих основу для углубленного исследования кавитационных процессов на телах обтекания с различной морфологией поверхности, возникающих неустойчивостей в потоке и причин возникновения этих неустойчивостей. Проект по своей сути является передовым в области исследования гидродинамической кавитации и может иметь существенное влияние на развитие нескольких областей науки и техники. Таким образом, новый этап развития кавитационных течений в технических системах связан с задачами углубленного исследования процессов кавитации используя современное бесконтактное измерительное оборудование с высокой пространственной и временной разрешающей способностью на мини- и микроуровне.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТАЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122060600063-2

РАЗРАБОТКА ВОЛНОЗАЩИТНОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПРИБРЕЖНОГО МОРСКОГО ШЕЛЬФА

Малое внимание развитию волновой энергетики в России обусловлено, прежде всего, нехваткой методологических подходов к созданию систем использования неисчерпаемых источников энергии, отсутствием опытно-демонстрационных объектов, а также слабой информированностью представителей органов государственной власти, бизнеса и населения о возможностях и преимуществах их использования. Несмотря на то, что Россия имеет самую протяженную береговую линию в мире, в настоящее время нашей стране нет парков преобразователей волновой энергии. Таким образом, в настоящее время существует техническая, экономическая и социальная потребность в развитии разработок, связанных с созданием систем электрогенерации за счет энергии морских волн. Между тем, развитие волновой энергетики является перспективным и экономически целесообразным для отдельных регионов страны (например, побережья Черного моря, побережья Дальнего Востока, российского Арктического шельфа). Результаты проведенных исследований и зарубежный опыт использования волновых электростанций утверждают, что берегоукрепительные сооружения имеют смысл модернизировать, проектировать и возводить с дополнительными модификациями в виде волновых электростанций. Поскольку выработка энергии волновыми электростанциями происходит путем извлечения волновой энергии, важным применением такого рода установок является защита вдольбереговых сооружений и уменьшение эрозии дна, поскольку они служат волногасителями, что делает использование волновых ферм еще более экономически выгодным. В последнее десятилетие в связи с глобальными изменениями климата угроза, создаваемая береговой эрозией и прибрежными наводнениями, подталкивает научное сообщество к поиску инновационных схем защиты побережья, на которые не влияет повышение уровня моря. Преобразователи волновой энергии в этом контексте могут иметь комбинированное применение в качестве инструмента защиты побережья и сбора энергии. Настоящий проект направлен на решение

комплекса задач, связанных с оценкой влияния волнового климата (как поверхностных, так и внутренних волн) на эффективность волновых электроэнергетических комплексов (ВолнЭК), а также проектирование оптимального расположения узлов волновых «ферм» (совокупность нескольких ВолнЭК, расположенных по определенной геометрической схеме) для максимального поглощения волновой энергии и защиты объектов прибрежного морского шельфа. Первым направлением работ по проекту является зонирование прибрежных зон различных морей России по степени эффективности расположения в них ВолнЭК. Для анализа будут использоваться статистические характеристики ветра и волнения, как представленные в справочниках, изданных Российским морским регистром судоходства, так и опубликованных в исследовательских работах, содержащих натурные наблюдения, которых достаточно много для этого региона. Особое внимание будет уделено анализу климатических спектров, пространственных характеристик штормов, а также совместных экстремальных характеристик. Поскольку ветряные электростанции предполагается располагать на достаточном удалении от береговой линии (примерно в 10 милях от берега), где морской шельф стратифицирован, важно также оценить характеристики внутренних волн и исследовать возможные волновые режимы в предполагаемом месте установки энергетических комплексов. Вторым направлением работ по проекту является разработка концепций и конструкций: - концентраторов энергии морских волн, обеспечивающих одновременно амортизацию ударных воздействий волн на всех возможных направлениях и формирующих потоки воды для привода гидротурбин электрических генераторов. При этом будет найдена рациональная зависимость геометрических размеров преобразователя от параметров волн, разработаны схемы расположения преобразователей волновой энергии относительно защищаемого объекта или зоны рекреации; - вихревых гидротурбин, являющихся, как и концентраторы энергии волн, компонентами

гидроэлектрического преобразователя энергии; - исполнительных устройств управления положением спойлеров и ловушек - концентраторов энергии морских волн относительно морского дна и защищаемого объекта в функции длины поверхностных и внутренних волн, их амплитуды и направления в реальном масштабе времени. При разработке конструкций исходными являются материалы и решения, описанные в патенте на изобретение RU 2703877 C2 «Плавучая волновая электростанция». Полномасштабное имитационное моделирование на суперЭВМ предполагается проводить с помощью пакета программ ЛОГОС, созданного в РЯЦ-ВНИИЭФ в рамках проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий», утвержденного Комиссией при Президенте

РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России. Третьим направлением работы над проектом является синтез автоматической системы управления, структуры и компонент много генераторного электрического комплекса: - электрогенерации, обеспечивающей интеграцию электрической мощности, вырабатываемой отдельными турбовихревыми электрогенераторами, её автоматическое распределение между генераторами и регулирование в соответствии с графиками нагрузки электроприёмников; - защиты от аварийных режимов при коротких замыканиях, механических нарушениях и экстремальных внешних условиях; - обеспечения надлежащего качества генерируемой электрической энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 122102700022-5

ПОЛУЧЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ ПОСРЕДСТВОМ ОБУСТРОЙСТВА МИНИ- И МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Задачи инновационного развития железнодорожного транспорта включают решения в области зеленых технологий, низкоуглеродного развития и внедрения энергоэффективных технологий. Необходимость этих решений связана со значительным ростом цен на энергоресурсы и экологическими требованиями и становятся всё более актуальной. Одним из перспективных направлений является применение устройств утилизации потерь располагаемой энергии. К таким устройствам относятся мини- и микрогидроэлектростанции в системе водоснабжения. Суммарное водопотребление железнодорожных вокзалов достигает значительных величин для нужд пассажиров, персонала и технического использования. Известно, что в системе водоснабжения

в большинстве случаев давление воды избыточно, что приводит к потере затраченной на создание этого давления энергии. Утилизация теряемой с напором воды энергии может осуществляться мини- и микрогидроэлектростанциями в системе водоснабжения. Главным достоинством таких устройств является полное отсутствие негативного воздействия на окружающую среду, а также невысокая себестоимость полученной электроэнергии. Мощность одной установки микрогидроэлектростанции определяется водопотреблением предприятия, несколько мини-ГЭС способны полностью взять на себя снабжение учреждения, а также снизить расходы на электроэнергию предприятия.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122040800258-2

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ, РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АППРОКСИМАЦИИ

В последние годы проблема анализа данных стала особенно актуальной и интенсивно изучается во всем мире. Массовая компьютеризация и роботизация породила гигантские (экспоненциально растущие) потоки данных, подлежащих анализу и интерпретации для последующего принятия оптимальных решений в самых разнообразных областях человеческой деятельности. Возрастающая сложность задач анализа данных, распознавания и прогнозирования в условиях неполноты, неопределенности, большого объема информации требует разработки новых подходов и методов, которые позволили бы за приемлемое время получать устойчивые решения с высокой обобщающей способностью; формировать объясняющие модели данных, в частности, на языке логических высказываний. Глубокое обучение и анализ изображений является неотъемлемой частью современных интеллектуальных систем: систем распознавания лиц, обработки спутниковой информации, медицинской диагностики. Разработка точных, надежных и высокопроизводительных алгоритмов машинного обучения является приоритетной в данной области исследований. Разработка передовых компьютерных технологий, обеспечивающих анализ данных (классификацию, распознавание, прогнозирование), и эффективных математических методов с гарантиями качества, которые являются ядром этих технологий – сложившаяся за последние два десятилетия устойчивая тенденция, как в нашей стране, так и за рубежом. Исследование новых и слабоизученных экстремальных задач, ориентированное на построение и обоснование эффективных методов и алгоритмов с гарантированными (априорно доказуемыми) оценками качества является традиционным и актуальным направлением математических исследований. Целью

исследования является разработка математических моделей и методов анализа данных, распознавания образов, прогнозирования и аппроксимации для различных видов анализируемой информации: таблиц признаков описаний изучаемых объектов, последовательностей, текстов на естественном языке, наборов известных значений функций. Планируемое исследование, в зависимости от специфики исходных данных и целей их анализа, можно разделить на следующие взаимосвязанные направления: 1. Анализ таблиц признаков описаний объектов. 1а. Построение и обоснование моделей и методов машинного обучения с использованием логико-вероятностного и коллективного подходов. Исследование математических моделей и методов классификации, распознавания и прогнозирования при неполной обучающей информации, большой размерности данных. Анализ экспертных логических высказываний, моделей глубокого обучения, моделей анализа изображений. 1б. Изучение сложностного статуса алгоритмов анализа данных. Исследование квадратичных евклидовых задач кластеризации множеств и последовательностей точек евклидова пространства. Исследование задач поиска гущения точек. Построение алгоритмов с гарантированными оценками для этих задач, поиск частных случаев задач, допускающих построение быстрых точных алгоритмов. 1с. Анализ таблиц данных с использованием FRIS-функции. Решение задач кластеризации объектов с опорой на FRIS-функцию. Построение моделей и создание компьютерных технологий выбора наиболее релевантных прецедентов и симптомов для решения прикладных задач медицинской диагностики онкологических и др. заболеваний. 2. Анализ символьных последовательностей. Символьные последовательности (или тексты) значительной длины являются объектом

исследования во многих областях науки и техники, таких как лингвистика (тексты на естественном языке), молекулярная биология (ДНК- и аминокислотные последовательности), музыкознание (нотные тексты, знаменные песнопения), теория связи (двоичные последовательности в каналах связи) и др. В общем случае эти последовательности являются слабо структурированным в том смысле, что всевозможные проявления повторности, характеризующие структурные единицы текстов, представлены в них в скрытой форме. Анализ таких объектов носит дешифровочный характер и включает в себя решение общих для всех языковых систем задач: компактное представление длинных текстов, выявление основных структурных единиц, оценивание близости текстов, классификация, кластеризация и т.д. Целью исследования является разработка и апробация на реальном материале (тексты на естественном языке, ДНК-последовательности, знаменные песнопения и др.) эффективных в вычислительном отношении подходов к решению перечисленных задач без апелляции к специфике конкретных языковых систем. Решающую роль в обеспечении подобной универсальности играет представление текстов в терминах повторов. 3. Анализ текстов на естественном языке. Решение задач поиска и извлечения аргументов из русскоязычных текстов разных жанров. 4. Развитие

теории сплайнов и ее приложение к решению прикладных задач. Будут рассмотрены вопросы теории приближения, возникающие в задачах экстремальной функциональной интерполяции. Дальнейшее развитие получат методы изогеометрической аппроксимации классическими сплайнами и различными их обобщениями, будут изучены вопросы выбора оптимальных управляющих параметров. Будут разработаны алгоритмы поиска оптимальных форм лопастей гидротурбин (ГТ) и отсасывающей трубы (ОТ) – основных элементов, определяющих производительность ГТ, а также новые программы генерации сеток в теле рабочих колес радиально-осевых (РО) и поворотно-лопастных (ПЛ) ГТ для численного анализа их прочностных характеристик. Будут разработаны методики и созданы программы генерации исходных прототипов лопастей рабочих колес ГТ для последующей их вариации при поиске форм, оптимальных по их производительности, прочностным характеристикам и металлоемкости. Разрабатываемые модели и методы будут использованы в целях решения актуальных междисциплинарных задач, в том числе: анализ медико-биологических данных, анализ текстовой информации, обработка спутниковых изображений, компьютерная томографическая диагностика, проектирование гидротурбин.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ ИМ. С.Л. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123041200053-5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД: РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ С GPUS

Целью проекта является разработка новых математических моделей, численных параллельных алгоритмов для решения различных уравнений сплошной среды и их программная реализация в виде специализированного программного научного обеспечения. Важной задачей проекта представляется создание эффективных параллельных кодов для графических ускорителей. В результате будут созданы новые пакеты программ для проведения научных исследований в области гидрологии, динамики галактик, нелинейной оптики и физики низкоразмерных объектов на основе различных модификаций уравнений гидродинамики и молекулярной динамики. Это программное обеспечение позволит решить ряд фундаментальных и прикладных задач в перечисленных областях. Будут определены свойства исследуемых физических и природных объектов и систем, основываясь на проведении вычислительных экспериментов, интерпретации данных наблюдений и натурных экспериментов. Проект направлен на развитие отечественной программной инженерии для научных расчетов, как инструментальной базы проведения научных исследований на основе высокопроизводительных вычислений. К числу наиболее существенных задач Проекта относятся следующие. Разработка новых математических моделей и численных параллельных алгоритмов для моделирования самосогласованной динамики поверхностных и грунтовых вод, влеконых и взвешенных наносов на вычислительных системах (суперкомпьютерах) с графическими процессорами (GPUs). Это обеспечит эффективное решение актуальных прикладных задач, связанных с расчетом зон затопления/подтопления реальной местности в период сезонных/ливневых паводков и деформаций дна в руслах рек, прогнозированием последствий аварийных ситуаций на гидротехнических объектах, моделированием океанических и оползневых цунами, а также проведением технических и экологических экспертиз работы гидросооружений. Проект направлен на развитие нового подхода для моделирования динамики лазерных пучков и квантового переноса электронов на основе решения нелинейного

уравнения Шредингера (NLSE) в рамках гидродинамического приближения. Разработка новых параллельных алгоритмов численных гидродинамических методов будут адаптированы для решения NLSE на суперкомпьютерах с GPUs, что позволит исследовать трехмерную динамику нелинейных электромагнитных волн и волн электронной плотности в сложных низкоразмерных системах, в том числе в массивах углеродных нанотрубок, фрактальных решетках и других неоднородных диспергирующих средах. Решение этой задачи является актуальным для развития технологий разработки новых устройств современной оптоэлектроники. Актуальной задачей численного моделирования динамики галактических систем с высоким пространственным разрешением является определение качества используемых приближенных методов вычисления гравитационных сил для описания коллективных процессов в многокомпонентных моделях, включая звездную и газовую подсистемы, а также темное вещество. Это требует разработки новых параллельных алгоритмов для моделирования самосогласованной динамики газовых и бесстолкновительных звездных и темных компонент галактик на суперкомпьютерах с GPUs в моделях с количеством частиц до 1-8 млрд. Построение численных моделей конкретных галактик со сверхвысоким пространственным разрешением позволит объяснить данные наблюдений, выявляя физические механизмы, ответственные за образование морфологических и кинематических особенностей. В рамках Проекта планируется провести детальное сравнение результатов моделирования галактических систем, полученных с использованием как модифицированной ньютоновской динамики (MOND), так и традиционных моделей с темной массой. Отметим также разработку нового метода анализа данных наблюдений с применением алгоритмов машинного обучения на основе комбинированного набора данных. Такой набор данных строится по результатам большого числа вычислительных экспериментов, которые должны быть статистически согласованы с соответствующими данными наблюдений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123112700028-5

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ, СПОВЫШЕННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ, ТЕРМИЧЕСКИМИ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Для развития строительной отрасли в современном обществе требуется получать новые материалы, сочетающие в себе конструктивные, функциональные и специальные свойства, а также конструктивно-отделочные характеристики. Для достижения поставленных целей требуется уделять внимание строительному материаловедению. Проводить анализ новых добавок, ранее не используемых в производстве строительных материалов, или находить новые подходы к использованию уже применяемых компонентов, совершенствуя технологию производства различных видов строительных материалов. Рассматривать процессы, происходящие в структуре материала при введении новых компонентов, применять различные методики по определению физико-химических параметров, позволяющих управлять процессом структурообразования при протекании гидратационных процессов в материале. Необходимо уделять внимание в процессе исследований теоретическому и экспериментальному изучению изменения свойств материалов в процессе эксплуатации изделий и конструкций, изменениям характеристик строительных отходов в процессе преобразования их свойств, а также комплексному анализу влияния плазменных процессов, охватывающих больший спектр воздействий, и, как следствие, обладающих большей эффективностью обработки при небольших суммарных вкладах, и являющихся менее энергозатратными при создании новых материалов с уникальными свойствами, а также модифицированию существующих материалов для придания им повышенных свойств. Развитие инновационной технологической базы строительного материаловедения напрямую зависит от научных основ выбора материалов с заданными свойствами и их экспериментально-теоретическое обоснование позволит провести оптимизацию ключевых параметров изготовления и эксплуатации изделий и конструкций, что повысит эффективность технологий и, как следствие, будет востребовано реальным сектором экономики. Для конструкций, эксплуатируемых в сложных условиях, необходимо проводить исследования по проектированию составов высокофункциональных бетонов, которые могут использоваться во множестве проектов, в частности, для изготовления конструкций и несущих элементов объектов транспортной инфраструктуры (мостовые конструкции, дороги, взлетные полосы), атомной энергетики и гидросооружений, шахты, каналы, водоочистные сооружения и др., а также при строительстве архитектурных объектов, для изготовления облицовочных панелей зданий, лестниц, внутренних элементов отделки, гидроизоляция и элементы кровли и др. В настоящее время современное общество уделяет внимание не только конструктиву, функциональности, но и эстетическому восприятию среды жизнедеятельности. В связи с этим актуальной задачей является разработка облицовочных декоративных материалов, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками. Новые

подходы к исследованиям в этом направлении позволят создать долговечные отделочные материалы, устойчивые к изменениям внешних воздействий, таких как температурные перепады, увлажнение и высыхание, воздействие агрессивной окружающей среды, а также материалы для фасадов с самоочищающимся эффектом, которые в значительной степени сделают возможным снижение эксплуатационных издержек на поддержание декоративного вида зданий. Еще одна тенденция современного этапа строительного материаловедения – это использование экологически чистых и энергоэффективных материалов, которые позволяют существенно снижать затраты на энергию, сокращать вредные выбросы в окружающую среду и повышать комфорт проживания. Биостойкие композиты на основе модифицированного растительного сырья являются актуальным направлением в разработке новых строительных материалов, по нескольким причинам. Во-первых, это экологический аспект – минимальное загрязнение окружающей среды при производстве и эксплуатации материалов, а также малые материальные, энергетические и трудовые затраты при добыче и переработке сырья, при изготовлении и применении композитов на основе модифицированного растительного сырья. Производство биостойких композитов на основе растительного сырья может существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и оказать положительный вклад в сохранение природных ресурсов. Во-вторых, материалы, которые устойчивы к биологическим факторам, таким как грибки, бактерии и т.д., являются особенно важными для строительства поскольку в соответствии с требованиями безопасности, согласно принципам обеспечения технико-экономической эффективности рационального направления развития промышленности строительных материалов имеют первостепенное значение. Также актуальной задачей с экологической точки зрения является утилизация и повторное использование различных отходов производств, в том числе и строительных отходов. Переработка отходов строительной индустрии и использование их в производстве строительных материалов позволит ограничить потребление не возобновляемых природных ресурсов и свести к минимуму отходы и связанные с ними выбросы, что будет способствовать как сохранению окружающей среды, так и сохранению природных ресурсов. Заключительным этапом проекта является проведение исследований по эффективному использованию инновационных технологий путем разработки научно-методических рекомендаций по получению материалов с уникальными свойствами, а также разработки инновационных технологий для восстановления целостности конструкций любой формы, что позволит удовлетворить требованиям в соответствии с новыми концепциями решения поставленных задач в строительной индустрии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123022800047-7

ПРЕЦИЗИОННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА НАНОСОВ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ ЮГА РОССИИ

Российская Федерация обладает огромным водно-ресурсным потенциалом, служащим определенным гарантом его социально-экономического развития. Оценка ситуации, разработка и принятие мер по рациональному использованию и сохранению водных ресурсов являются приоритетным направлением развития водохозяйственного комплекса страны. Важную роль в управлении водными ресурсами играют внутренние водоемы, основными видами использования

которых являются: удовлетворение потребностей населения в пресной воде, ирригация, гидроэнергетика, судоходство, рыбозапасование и т.п. Вместе с тем все чаще наблюдаются нежелательные и неизбежные нарушения природной среды и природного баланса экосистемы данных водных объектов. Серьезную проблему представляют существенное изменение рельефа дна, разрушение берегов, накопление донных отложений, в том числе илов, перестройка фауны водоема.

Настоящий проект направлен на создание современной основы для кратко- и среднесрочного прогноза тенденций развития внутренних водоемов Юга России. На примере Цимлянского водохранилища и однотипных с ним водных объектов, будут построены и адаптированы к природно-климатическим условиям и географическим особенностям прецизионные математические модели транспорта наносов, рельефообразования, осадконакопления и загрязнения водной среды от природных и антропогенных источников в зависимости от ожидаемых сценариев изменения погодно-климатических условий, а также при проведении дноуглубительных, берегозащитных и иных мероприятий. Отдельным объектом исследования будет построение, анализ и применение моделей загрязнения водной среды: вторичного загрязнения взмученными донными отложениями, неочищенными и неуправляемыми стоками, нефтепродуктами, выпадением аэрозолей и пыли из приводного слоя атмосферы. Модели транспорта и трансформации загрязняющих веществ будут использовать 3D модели гидродинамики мелководных водоемов, включающие уравнения движения по трем координатным направлениям с параметризацией коэффициентов турбулентного обмена, в том числе по вертикальному направлению, многокомпонентный характер загрязняющих веществ и разнообразие их источников (вторичное загрязнение, неочищенные и неуправляемые стоки, нефтепродукты, осаждение аэрозолей и пыли на водную поверхность), а также процессы их распространения и деструкции. Будет выполнена линеаризация скомплексированных нелинейных моделей диффузии-конвекции-реакции, исследована корректность

постановок начально-краевых линеаризованных задач, а там, где это возможно – доказана сходимость их решений к решениям исходных нелинейных задач. Будут построены методом конечных объемов и исследованы их дискретные аналоги, а также разработаны эффективные вычислительные алгоритмы, в том числе параллельные их численной реализации. На основе разработанного экспериментального комплекса программ будут выполнены прогностические расчеты процессов загрязнения водоема от различных источников, с учетом изменения погодно-климатических условий, контролируемого и неконтролируемого сброса воды через дамбы и плотины, эрозии берега, изменение рельефа дна, осадконакопления и обмеления. Данные задачи являются вычислительно трудными, поскольку прогностические расчеты потребуют построения сеток, содержащих от 10^6 в 6 степени до 10^8 в 8 степени узлов для 6-10 уравнений гидродинамики и гидрофизики (нелинейных 3D уравнений диффузии-конвекции-реакции). В случае экстремального повышения уровня, либо обмеления уровня опасного для судоходства, возникновения экстремальных волн и воздействия их на объекты береговой инфраструктуры, включающие водозаборы и водоводы, и т.д. требуется осуществление прогнозирования на подробных сетках, содержащих 10^6 в 6 степени ячеек и более в течение немногих десятков минут, что в свою очередь, может позволить избежать разрушения или уничтожения материальных ценностей, сократить нежелательное воздействие на элементы окружающей среды, а также сохранить жизнь и здоровье людей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ <<РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РИНХ)>>

№ 123080800014-9

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСОКОРИСКОВЫХ ОБЪЕКТОВ В ШТАТНЫХ, ПОВРЕЖДЕННЫХ, АВАРИЙНЫХ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

Реализованный в 2020 – 2022 гг. Проект «Разработка расчетных методов и средств экспериментальных исследований прочности и деформативности несущих элементов высокорисковых объектов в штатных, поврежденных, аварийных и катастрофических состояниях» (далее Проект 2020) был посвящен исследованию последовательных переходов критических несущих элементов высокорисковых объектов из штатных состояний в поврежденные, аварийные и катастрофические состояния под действием проектных режимов эксплуатационного нагружения.

Однако реальные объекты помимо проектных режимов эксплуатационного нагружения могут дополнительно подвергаться экстремальным запроектным динамическим воздействиям техногенного (взрывы, пожары при авариях на соседних объектах), и природного (сейсмические воздействия, наводнения, ураганы) и антропогенного (грубые ошибки операторов, диверсионные воздействия, поражающие факторы боевых действий) характера, а также проявлениям, так называемого, человеческого фактора.

При этом переход критических несущих элементов высокорисковых объектов из штатных в аварийные и катастрофические состояния будет осуществляться на фоне накопления повреждений и истощения пластичности, которые были достигнуты под действием штатных режимов эксплуатационного нагружения, а также иметь повышенную динамичность, и обусловленный ею ряд особенностей, касающихся изменений уравнений состояния, механических свойств, неизотермичности экстремального высокоскоростного деформирования, которые подлежат изучению в рамках предлагаемого к реализации проекта, являющегося продолжением и развитием Проекта 2020 (далее Проект 2023).

В рамках Проекта 2023 будет создана унифицированная

технология многопараметрической диагностики и мониторинга ускоренных переходов из проектных штатных в запроектные аварийные и катастрофические состояния в условиях дополнительных экстремальных динамических воздействий на рассматриваемый объект.

Этим переходам соответствуют интенсивно нарастающие напряжения и деформации, ускоренное накопление повреждений, выраженная кинетика изменения амплитудно-частотных характеристик несущих элементов остаточной прочности объектов и изменения психофизиологического состояния операторов, управляющих этими объектами.

Проект 2023 является логическим продолжением и развитием Проекта 2020, развивающим и модифицирующим разработанные в рамках Проекта 2020 подходы и расчетно-экспериментальные методики оценки остаточной прочности, ресурса и живучести критических несущих элементов высокорисковых объектов при их последовательном переходе из штатных в аварийные и катастрофические состояния на случай, когда рассматриваемый объект подвергается экстремальному запроектному динамическому воздействию.

Кроме того, связь двух проектов будет обеспечена тем, что в рамках Проекта 2023 будут разработаны предложения по корректировке отраслевых норм прочности атомной и гидроэнергетики, авиации, железнодорожного и трубопроводного транспорта с учетом разработок Проектов 2020 и 2023.

Таким образом, разработанные на предшествующем этапе работ по Проекту 2020 методы и средства в рамках Проекта 2023 будут развиты, усовершенствованы и распространены на случай, когда уже поврежденные в результате действия проектных режимов эксплуатационного нагружения критические несущие элементы высокорисковых объектов подвергаются запроектным динамическим воздействиям, приводящим к экстремальным повреждениям, резко

изменяющим напряженно-деформированные состояния, локальные механические свойства и сопротивление

окончательному разрушению критических несущих элементов рассматриваемых высокорисковых объектов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123091900009-0

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЖЕКЦИИ СРАБОТАННОГО ПОТОКА КОВШОВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ НА ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Регулирование режима ГЭС/ГАЭС обеспечивает их стабильную и эффективную работу и напрямую связано с конструктивными особенностями их основного оборудования. Для ковшовых гидротурбин известен и применяется способ управления с помощью иглы сопла, способной при продольном перемещении изменять проходное сечение на выходе, влияя на расход и скорость струи. Способ является простым, эффективным и надежным, однако основан на принципе дросселирования, что связано с потерями. В работе предлагается исследовать возможный способ регулирования ковшовых гидротурбин, основанный на изменении расхода сопла путем эжекции сработанной на рабочем колесе жидкости струйным насосом. Активный

поток обеспечивается напором станции, пассивный поток отбирается из выхода гидротурбины, смешанный поток подается к соплу. Таким образом, в условиях постоянного расхода через водовод (основанный на расчете стока реки) возможно увеличение расхода через сопло, а значит изменение мощности. Новый способ регулирования может улучшить рабочие характеристики гидротурбины, расширить рабочий диапазон. Это в свою очередь может положительно сказаться на технико-экономических показателях станций. Для наиболее эффективного применения требуется исследование способа регулирования, получение основных математических зависимостей, отражающих влияние на КПД, мощность и другие параметры гидротурбины.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123091100070-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СВИНЦОВО-СУРЬМЯНИСТЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИЕЙ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦ СПЛАВА ССу-3

На сегодняшний день свинцово-сурьмянистые сплавы широко используются в таких отраслях промышленного производства, как гальванотехника, гидроэнергетика, аккумуляторостроение, химическая и кабельная промышленность. Свинцово-сурьмянистые сплавы, благодаря их особым механическим и физико-химическим свойствам, часто используют для производства облицовки гальванических ванн и технических резервуаров, которые в процессе работы подвергаются разрушающему воздействию электролитов. Работы в области исследования свинцово-сурьмянистых сплавов ведутся в научных и высших образовательных учреждениях, таких как: ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Национальная

академия наук Таджикистана, Институт химии им. В.И. Никитина, University of Bath, Loughborough University of Technology, Imperial College London, и других организациях. Этим направлением занимались такие ученые как: Першин П. С., Ганиев И. Н., Ниёзов О. Х., Худойбердизода С. У., Муллоева, Н.М., Сафаров А.Г., Переверзев А.С., Ranjan, P., Kelly, Sheila K. M. и др. Однако в трудах этих ученых не рассматриваются вопросы, касающиеся использования диспергированных электроэрозией частиц свинцово-сурьмянистого сплава ССу-3 в качестве шихты для производства сплавов. Целесообразность решения этих вопросов определила выбор темы, формулировку цели, постановку задач и основные направления исследования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123020300083-6

РАЗВИТИЕ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ДОПЛЕРОВСКИХ СИГНАЛОВ В АЭРО- И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Проект направлен на детальное экспериментальное изучение, анализ и решение научно-технических проблем, возникающих при применении современных кремниевых фотоприёмников в лазерной доплеровской анемометрии. Лазерные доплеровские анемометры (ЛДА) получили широкое распространение в аэро- и гидродинамических исследованиях за счёт высокой точности измерений, хорошего пространственного разрешения и высокого быстродействия для измерения пульсационных характеристик течения. ЛДА применяются для решения очень широкого спектра научных и практических задач в метрологии, авиастроении, изучении распространяя пожаров, оптимизации аэро- и гидротурбин, ядерной энергетики и многих других. С каждым годом происходит рост спроса на прецизионные бесконтактные средства измерения скорости потоков и растут требования к точности и динамическому диапазону измеряемых скоростей. Таким образом, развитие методов регистрации оптических доплеровских сигналов в ЛДА является актуальной научно-технической задачей. Одним из важнейших узлов в ЛДА, влияющих на точность измерения и диапазон возможных скоростей, является приёмный тракт оптического излучения. Наибольшее распространение в качестве фотоприёмников

в ЛДА получили классические электровакуумные фотоэлектронные умножители (ФЭУ), оптимизированные под измерения в многофазных потоках со значительной концентрацией твёрдой фазы и имеющие защиту от импульсных оптических перегрузок. Однако они имеют и свои недостатки: высокая чувствительность к магнитным полям (требуется экранирование от магнитных полей), высокое напряжение питания (1-3 кВ), высокие требования к стабильности напряжения питания и высокая стоимость. Кроме того, наиболее подходящие по параметрам, применительно к регистрации оптических сигналов в ЛДА, коммерческие образцы ФЭУ не имеют доступных аналогов в России. Это затрудняет их применение в составе отечественных лазерных доплеровских анемометров. С развитием современной микроэлектроники появились полупроводниковые аналоги вакуумных ФЭУ. Наиболее близкими аналогами на сегодняшний день является фотоумножители на основе микропиксельных лавинных фотодиодов (Si-ФЭУ) и фотоумножители на основе микроканальных пластин (МКП). В настоящее время время считается, что данные фотоприёмники не перспективны в качестве фотодетекторов для регистрации высокочастотных сигналов из-за большего по сравнению с

классическими ФЭУ временем релаксации заряда. Однако в нашей исследовательской группе было установлено, что в ряде научных направлений, в частности в двухчастотной лазерной доплеровской анемометрии, микропиксельные лавинные фотодиоды являются перспективными для применения. Отношение сигнал/шум и частотные характеристики фотоприёмного тракта ЛДА с применением Si-ФЭУ сравним с классическими ФЭУ. Более того, в некоторых гидродинамических задачах, таких как исследование течения затопленных струй, кремниевые фотоприёмники показали результаты лучше, по сравнению с классическими ФЭУ. При этом заметно упрощается обслуживание таких фотоприёмников и снижается стоимость конечного изделия. Это открывает перспективы создания многоточечных

полевых измерителей, что является чрезвычайно актуальным для решения проблем энергетики, авиации, космоса, обороны, флота и др. Особая перспективность развития метода регистрации оптических сигналов при помощи микроканальных и микропиксельных фотоприёмников обусловлена тем, что классические ФЭУ в настоящее время используются в основном производства Японии, а выпуск микроканальных фотоприёмников успешно освоен в России. В рамках проекта будут продолжены системные экспериментальные исследования границ применимости микроканальных и микропиксельных фотоприёмников в двухчастотной лазерной доплеровской анемометрии в ряде аэро- и гидродинамических экспериментов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

4.6 ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ГЛУБОКО ЗАЛЕГАЮЩИХ ГОРЯЧИХ ГОРНЫХ ПОРОД

2021

№ 121030500145-0

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО КАЧЕСТВА И СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С НОВЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Цель исследования – получение новых знаний о процессах, происходящих с веществом в условиях воздействия высококонтентрированных потоков энергии. Объектом исследования является лазерное излучение (постоянное или импульсное) и плазма электро-дугового разряда в условиях направленного воздействия на вещества и материалы с целью придания им нового качества (восстановление, улучшение эксплуатационных характеристик) за счет изменения фазового, химического состава, микроструктуры, теплофизических, физико-химических, механических и других свойств. Исследования сконцентрированы по следующим направлениям. Разработка, создание и совершенствование математических моделей для оптимизации плазменно-дуговых, радиационных, газодинамических, теплообменных процессов в линейных плазмотронах и плазменных реакторах, лазерных и лазерно-плазменных аддитивных 3D-технологиях. Создание эффективных механизмов нейтрализации вредных выбросов при работе электродуговых установок (ЭДУ) в условиях формирования высокоэнтальпийных скоростных потоков газа. Для испытания новых материалов аэродинамического назначения в мире используют ЭДУ на основе генераторов низкотемпературной плазмы (плазмотронов), позволяющие получать высокие температуры при требуемых расходах и составах газов. Существует проблема поиска практических способов нейтрализации окислов азота в выхлопных газах

таких ЭДУ. Для решения этой проблемы предлагается провести комплекс расчетно-экспериментальных исследований с использованием методов математического моделирования и физического эксперимента. Расчетно-экспериментальные исследования синтеза плазменных покрытий с особыми свойствами из дисперсных материалов микронного и нанометрового размера, включающие диагностику высокотемпературных процессов, анализ микроструктуры, фазовых превращений и функциональных характеристик покрытий. 8.4. Разработка плазмотронов с высокими ресурсными характеристиками и рабочим давлением для аэродинамических испытаний гиперзвуковых ЛА, для применения в геотермальной энергетике, нефте- и газодобыче, а также для создания новых плазменных технологий извлечения редких, редкоземельных, рассеянных, цветных и драгоценных металлов из минерального сырья и техногенных отходов. В условиях непрерывно ухудшающейся сырьевой базы остро стоит необходимость разработки новых технологий комплексного извлечения редких, редкоземельных, рассеянных, цветных и драгоценных металлов из минерального сырья и техногенных отходов. Плазменные источники тепла обеспечивают возможность независимой регулировки температуры и химического состава реагирующей системы и тем самым обеспечивают возможность создания новых технологий комплексной переработки сырья.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121041300082-6

МАГМАТИЧЕСКИЙ ФРАКИНГ И ФЛЮИДНЫЕ ПОТОКИ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Актуальность проекта определяется необходимостью понимания условий формирования и использования нетрадиционных месторождений геотермальной энергии и месторождений углеводородов с трудноизвлекаемыми запасами в вулканических структурах. В качестве объектов исследования рассматриваются вулканические аппараты - генераторы магматического фразинга, инъекций магмы, газа и воды в прилегающие структуры. Инструменты исследования включают термогидродинамическое TOUGH2 и гидромеханическое CFrac моделирование, с использованием данных по сейсмическому режиму вулканов и истории эксплуатации прилегающих геофлюидных резервуаров. Информация о механизме магматического фразинга

будет использована для оценки ресурсов геотермальных и углеводородных резервуаров в вулканогенных структурах, прогноза извержений вулканов, землетрясений и гидротермальных взрывов, сопровождающихся катастрофическими оползнями и обвалами. В результате разрушительных последствий землетрясений в Японии традиционные источники энергии (атомные электростанции) становятся небезопасными в использовании. В связи с этим, альтернативные источники энергии, такие как геотермальная энергетика особенно актуальны и поддерживаются правительством Японии. Япония располагает передовыми технологиями, позволяющими оценить местоположение, размеры и параметры продуктивных геотермальных

резервуаров. Всесторонний анализ проблемы возможен благодаря накопленному опыту и техническому оснащению. Кроме того, Университет Тохоку находился в эпицентре Великого Восточного Землетрясения 2011 г. Исследования, связанные с анализом отложений цунами посредством машинного обучения (machine learning) проводятся на

протяжение длительного времени в университете Тохоку. Были исследованы отложения на побережье Тихого океана. Схожее исследование возможно провести на Камчатке или на Курильских островах, при обнаружении древних отложений цунами возможно их датирование.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВУЛКАНОЛОГИИ И СЕЙСМОЛОГИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122060200008-7

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМАССЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы - разработка энергоэффективной экологически чистой биотехнологии получения электроэнергии с использованием биомассы термальных источников Сибирского федерального округа. Задачи: 1. Сбор природных образцов экстремофильных бактерий. 2. Изучение состава сред и условий культивирования изолянтов экстремофильных бактерий. 3. Исследование процесса гидролиза и окисления трудноразлагаемых субстратов штаммами экстремофильных

микроорганизмов. 4. Исследование процесса переноса электронов в микробиологическом консорциуме. Электрохимические измерения. 5. Разработка прототипа топливного элемента, работающего при окислении органических веществ. 6. Разработка энергоэффективной экологически чистой биотехнологии получения электроэнергии с использованием биомассы термальных источников

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122013100136-4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА НА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В современном мире возобновляемая энергетика является одним из ведущих мировых трендов. Огромным потенциалом обладает геотермальная энергетика. Перспективность освоения геотермальных месторождений с целью выработки электроэнергии очевидна. Технология выработки электрической энергии на основе глубинного тепла Земли позволяет конкурировать с традиционными тепловыми станциями. Так, еще в 2010 году себестоимость электроэнергии на Мутновских ГеоЭС (Камчатка), являющихся флагманами геотермальной энергетики России, за киловатт-час по отношению к обычным ТЭС была в 3,7 раза ниже. Эксплуатация геотермальных месторождений направлена не только на выработку электроэнергии, горячие воды земных

недр используются в бальнеологии, для теплоснабжения жилых и производственных помещений, развиваются технологии циркуляционных систем, позволяющих извлекать тепло сухих горных пород, геотермальные флюиды привлекают внимание исследователей как источник ценных химических компонентов и соединений. Исследование процессов тепломассопереноса на геотермальных месторождениях позволит разработать рекомендации по совершенствованию технологий добычи и транспортировки геотермальной энергии к потребителю, что повлечет снижение себестоимости продукции, позволит улучшить экологию. Планируется участие в международных конференциях и конгрессах, публикации в журналах перечня ВАК, цитируемых в РИНЦ, Scopus, Web of Sciences.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123010900085-5

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ СЕЙСМИКИ

Лаборатория обработки и анализа сейсмических данных создана в ноябре 2022 года в рамках проекта Минобрнауки РФ «Развитие человеческого капитала в интересах регионов, отраслей и сектора исследований и разработок» национального проекта «Наука и университеты» по направлению «новая энергетика». Лаборатория состоит из 17 человек – специалистов в области геологии и программирования. В рамках работы Лаборатории планируется решение двух взаимосвязанных задач. Первой и основной задачей является

разработка программ сейсмической томографии и миграции. На базе исследовательских программ будет проведена параллелизация и оптимизация вычислительных библиотек для их применения к большим объемам данных площадной сейсморазведки. Второй задачей является применение полученного программного обеспечения для проведения исследований природных геологических объектов, носящих энергетический характер, а именно нефтегазовых месторождений и геотермальных источников.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

4.7 ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ, ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВОДОРОДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ2021

№ АААА-А21-121012190004-5

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И УСТАНОВОК

Раздел 1. Создание эффективных методов математического моделирования теплоэнергетических установок и их элементов для описания статических и динамических режимов их работы; разработка методов схемно-параметрической оптимизации установок с учётом ограничений на динамику протекающих в них физико-химических процессов. Оценка показателей надёжности установок с учётом пусков, остановов и работы при переменных нагрузках. Оптимизационные исследования (на основе разработанных методов математического моделирования и оптимизации) перспективных теплоэнергетических и энерготехнологических установок: ПГУ, ГТУ и энерготехнологических установок с интегрированными системами разделения воздуха; когенерационных и тригенерационных установок различных типов; установок, работающих по комбинированному термодинамическим циклам с использованием на нижнем температурном уровне органического цикла Ренкина; маневренных ГТУ сложного цикла; автономных энергосистем, сочетающих генерацию электроэнергии на теплоэнергетических установках

различных типов и установках на основе возобновляемых источников энергии (для таких систем эффективным будет разрабатываемый подход к оптимизации с учётом статических и динамических режимов работы). Раздел 2. Создание вычислительных моделей для всесторонней оценки работы узлов химического преобразования энергии в установках малой мощности в целях повышения их экономической и экологической эффективности. Разработка оптимизационных математических моделей, описывающих химические реакторы на органическом топливе, в том числе низкосортном, в условиях их совместной работы с прочими компонентами энергетической установки. Верификация разработанных моделей с помощью лабораторного комплекса. Раздел 3. Решение фундаментальных задач экспериментального изучения и теоретического описания закономерностей термогидравлических процессов в каналах с интенсивными межфазными взаимодействиями, включая режимы нестационарного тепловыделения в недогретую жидкость.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121081100053-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВСЕРЕЖИМНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ

В настоящее время из-за преобладающего в мире декарбонизированного вектора развития энергетики многих стран происходит стремительный рост количества электроэнергии, вырабатываемой за счёт возобновляемых источников энергии (ВИЭ), многие из которых подключаются к сети с помощью устройств силовой полупроводниковой техники. Доминирующими среди них являются установки, использующие энергию ветра и солнца, большинство из которых не имеют прямого сопряжения с сетью (ветроэнергетические установки 4-го типа, фотоэлектрические модули) и используют для подключения силовые преобразователи (СП). Широкомасштабное внедрение генерирующих установок (ГУ) на базе ВИЭ с силовым преобразователем существенно изменяет динамические свойства энергосистем из-за отличающийся динамики функционирования СП и их систем управления по сравнению с традиционной генерацией, что выражается в снижении общей инерции энергосистем, ограниченной выдаче тока от ГУ с СП при коротком замыкании и др. В итоге такая трансформация энергосистем приводит к возникновению совершенно новых вызовов и проблем, связанных с их устойчивостью, и, соответственно, к возрастанию вероятности возникновения тяжёлых системных аварий, последствиями которых являются массовые отключения потребителей, наносящие существенный экономический и технологический ущерб. Следовательно, вопрос обеспечения одного из основных свойств энергосистем, определяющего надёжное функционирование генерирующих установок и электроснабжение потребителей в различных схемно-режимных условиях, — устойчивости, является чрезвычайно актуальным в современных и перспективных энергосистемах с ВИЭ. В рамках проекта будет разработана технология управления силовыми преобразователями генерирующих установок на базе ВИЭ, направленная на обеспечение устойчивости современных

и перспективных энергообъединений сложной структуры. Научная новизна разрабатываемой технологии заключается в принципиально новых многоуровневых структурных и схемно-алгоритмических решениях для системы автоматического управления (САУ) силовым преобразователем, которые эффективно функционируют в любых схемно-режимных условиях реальных энергообъединений сложной структуры, что позволяет достичь универсальности с точки зрения обеспечения всережимной устойчивости. Научно новой является разрабатываемая методика настройки такой модернизированной системы управления силовым преобразователем, которая предполагает осуществление согласованной настройки САУ силового преобразователя с другим сетевым и генерирующим оборудованием в составе энергообъединения. Также новым являются разрабатываемые в рамках методики требования к выбору характерных схемно-режимных условий и возмущений для проведения комплексной настройки САУ с учётом предполагаемого уровня внедрения ВИЭ, места их установки и топологии внешней сети. Кроме этого, научная новизна предлагаемой технологии заключается в комплексности. При проведении исследований будет рассмотрена совокупная детальная математическая модель энергообъединения, включающая в себя воспроизведение системообразующих и распределительных электрических сетей, генерирующих и нагрузочных узлов в широком многообразии схемно-режимных условий их работы и возмущений, охватывающих все возможные виды устойчивости, с учётом бездекомпозиционного непрерывного воспроизведения единого спектра квазиустановившихся и переходных процессов в реальном времени и на неограниченном интервале, что позволит оценить характер развития и протекания нормальных, аварийных и послеаварийных режимов в полном объёме.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121031000097-4

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Проект направлен на совершенствование моделей и разработку методики планирования и адаптивного управления режимами работы электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками энергии. В методике будет усовершенствована связь технологических процессов, обусловленных связностью объектов и режимов работы энергосистемы, со стохастическими процессами, изменяющимися под воздействием сезонных, технологических и геологических факторов, а также трудно-

прогнозируемых и трудно-формализуемых антропогенных и климатических факторов. В рамках исследования решаются задачи разработки, верификации и тестирования имитационной модели возобновляемых источников энергии и электроэнергетической системы и фундаментальных принципов их управления с учетом связности, и одновременности протекания электрических и природных процессов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121122300068-6

СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ РАЗРАБОТКИ ГИБКИХ МУЛЬТИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ ХОЛОДА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

В рамках темы в 2021-23 гг. предлагается разработать принципы интегрирования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в состав мультигенерационных установок, обеспечивающие подбор подходящего места интеграции ВИЭ в состав базовой установки и высокую эффективность их совместной работы. Предполагается дальнейшее исследование эффективности утилизации бросового тепла как традиционных энергетических установок, так и установок на базе ВИЭ с помощью утилизационного турбогенератора, работающего по циклу Ренкина на органическом рабочем теле на переменных (частичных) нагрузках, в том числе с использованием местных ресурсов холода, позволяющих повысить эффективность установок подобного типа. Управление потоками энергии в гибридных установках обеспечит гибкость в перераспределении типов вырабатываемой энергии на номинальной и переменных нагрузках для обеспечения текущих потребностей локальных объектов. Управление потоками энергии в газотурбинных двигателях (ГТД) предлагается осуществлять за счет применением регулируемого соплового аппарата в свободной силовой турбине или в турбине перераспределения

при наличии турбокомпрессорного утилизатора (ТКУ). Для ГТД с регенерацией теплоты изменять тепловую мощность можно посредством перепуска циклового воздуха мимо регенератора. Совместное применение двух методов изменения характеристик в ГТД с ТКУ и регенерацией позволит изменять тепловую мощность энергоустановки в широком диапазоне для схем с блокированной и свободной силовой турбиной. Модель работы гибридных установок на переменных нагрузках позволит определить наиболее эффективные способы регулирования мощности и управления потоками энергии для различных схем. Энергетика, в частности возобновляемая энергетика, является одним из наиболее климатозависимых секторов экономики. Поэтому для ее развития в долгосрочной перспективе и формирования политики адаптации к наблюдаемым изменениям климата требуется изучение климатического потенциала отдельных регионов РФ как в настоящий, так и в будущие временные периоды. Предполагается на основе полученных климатических закономерностей выполнить районирование отдельных территорий РФ с целью наиболее эффективного размещения ВИЭ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

№ 121042600084-4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Известно, что возобновляемые источники энергии (ВИЭ) способны оказывать влияние на работу релейной защиты и противоаварийной автоматики. Одной из самых больших проблем, связанных с масштабной интеграцией ВИЭ, является снижение инерции энергосистемы. При замещении традиционных синхронных генераторов на указанные виды ВИЭ постоянная времени инерции системы резко уменьшается. В случае нарушения устойчивости в системах с меньшей инерцией все процессы протекают гораздо быстрее. В результате нежелательное отключение нагрузки или даже крупномасштабные отключения потребителей электроэнергии могут произойти при несущественных событиях, приводящих к колебаниям частоты. При этом для предотвращения недопустимого снижения частоты

в энергосистемах применяется автоматика ограничения снижения частоты (АОСЧ). Однако степень снижения ее эффективности в зависимости от различной доли и видов ВИЭ является малоизученным вопросом. Вышесказанное подтверждает необходимость проведения исследований в данной области и их актуальность для нашей страны. Предлагаемый для решения проблемы подход и средства его реализации позволят повысить эффективность и надежность настройки АОСЧ в энергосистемах с возрастающей долей ВИЭ. Это повысит энергетическую безопасность промышленных и гражданских объектов, что является приоритетной задачей в мире ввиду роста опасности возникновения чрезвычайных ситуаций различного рода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121042600239-8

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Цель работы: Разработка и совершенствование энергосберегающих технологий, направленных на повышение эффективности функционирования автотракторной техники применением смесевых растительно-минеральных топлив. Объектами исследований являются: Процесс работы дизельных двигателей автотракторной техники и показатели эффективности функционирования МТА при работе на смесевых растительно-минеральных топливах с различным содержанием биологического и минерального компонентов. Методы исследований: При проведении исследований используются методы математического моделирования, статистики, функционального анализа, теории вероятности, лабораторные и экспериментальные исследования, а также патентный анализ. Актуальность работы: Исследования выполняются по приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная

энергетика» и направлена на разработку и совершенствование технологии включённой в перечень критических технологий РФ «Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику» утверждённым указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». Предполагаемые/достигнутые результаты: Обеспечение эффективной работы дизельной автотракторной техники на смесевых растительно-минеральных топливах. Область применения: Агропромышленный комплекс, транспортный комплекс, двигателестроение. Теоретическая/практическая значимость: Внедрение результатов исследований позволит снизить потребление минерального дизельного топлива путём его замещения альтернативными источниками энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»

№ 121051400082-4

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Цель исследований – разработка и апробация методологии исследования устойчивого развития энергетических систем и энергоснабжения территорий на основе возобновляемых источников энергии. Задачи исследований: 1. Оценка факторов устойчивого развития энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии с учетом природных ресурсов и социально-экономических условий территории. 2. Разработка методов оценки потенциала энергоснабжения с использованием возобновляемых и невозобновляемых источников энергии на страновом и региональном уровне. Ожидаемыми результатами исследований являются: - методические основы оценки факторов устойчивого развития энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии на страновом и региональном уровнях; - качественная и количественная характеристика уровня устойчивости энергетических систем

и энергоснабжения территории на основе возобновляемых источников с использованием разработанных критериев и ГИС технологий для различных регионов России; - результаты ранжирования и районирования территории различных регионов по уровню устойчивого развития энергетических систем; - оценка потенциала использования инновационных технологий (включая, водородную энергетику, биоэнергетику отходов и микроводорослей) с учетом природных ресурсов и социально-экономических условий территории, концепции циклической экономика и низкоуглеродного развития; - географические основы устойчивого развития энергетических систем как междисциплинарное, комплексное исследование, связанное с территориальной организацией рационального природопользования, минимизацией воздействия энергетики на природную среду, а также с ресурсо- и энергосбережением и с высоким потенциалом декарбонизации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 121041500221-7

ДИЗАЙН И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

Проект посвящен решению проблем формирования новых возобновляемых источников энергии и сырья на базе химических соединений, получаемых из растительных полисахаридов (сорбитол, ксилитол, муравьиная кислота, этиленгликоль, пропиленгликоль). Сорбитол и ксилитол рассматриваются как ключевые интермедиаты для производства жидких биотоплив. Использование муравьиной кислоты в качестве источника водорода позволит решить проблемы хранения и транспортировки водорода, являющиеся актуальными в области водородной энергетики. Этиленгликоль и пропиленгликоль широко применяются во многих отраслях, в частности, в энергетике в качестве антифризов в системах отопления и кондиционирования. Проект направлен на решение актуальной проблемы разработки новых катализаторов и каталитических методов для переработки возобновляемой растительной биомассы в востребованные химические продукты и сырье для производства компонентов топлив. Научной задачей проекта является разработка фундаментальных основ целенаправленного дизайна би- и полифункциональных

катализаторов на основе наноструктурированных мезопористых носителей, содержащих кислотные и основные центры, а также наноразмерные частицы металлов, для процессов переработки растительных полисахаридов. Разработка эффективных би- и/или многофункциональных катализаторов, способных осуществлять в один этап многостадийные превращения, позволит решить актуальные проблемы комплексной переработки растительного сырья. В проекте впервые предлагается использовать приготовленные оригинальными методами би- и многофункциональные наноразмерные Ru-содержащие катализаторы на наноструктурированных носителях (мезопористый графитизированный углерод (Сибунит, СМК-3), мезопористый силикат SBA-15) с кислотными (получены окислением и сульфированием углеродных носителей и модификацией добавками ZrO₂ и Nb₂O₅ оксидного носителя SBA-15) и с основными активными центрами (получены модификацией носителей добавками Ca, Mg, La и др.) для осуществления одностадийных (one-pot) процессов гидролиза-гидрирования полисахаридов (целлюлозы и гемицеллюлоз) в сорбитол

и ксилитол, гидролиза-гидрогенолиза полисахаридов в этиленгликоль и пропиленгликоль. Акцент в работе будет сделан на использование экологически безопасного и перспективного донора водорода – муравьиной кислоты, получаемой из растительных полисахаридов. Впервые, с применением широкого круга самых современных физико-химических методов (оборудование последнего поколения ЦКП НЦИК (ПЭМ, РФЭС, РФА, РФС, ИК-Фурье с молекулами зондами, адсорбция СО и N₂), квантовая химия), будет выполнено систематическое научное исследование, направленное на: 1) установление взаимосвязей между физико-химическими свойствами би- и полифункциональных

наноразмерных наноструктурированных катализаторов (кислотно-основными свойствами, текстурой и морфологией носителя, дисперсностью и электронным состоянием активного компонента, взаимным расположением кислотных и металлических центров) и их каталитическими свойствами в изучаемых процессах; 2) установление кинетических закономерностей процессов одностадийной конверсии полисахаридов и их экспериментальную и математическую оптимизацию; 3) выявление механизма действия катализаторов в изучаемых процессах, в том числе, природы каталитически активных центров и ключевых промежуточных соединений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121081300045-7

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ, ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ГОРЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ УГЛЯ И ДРЕВЕСИНЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КАМЕРАМ СГОРАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Анализ современных эконометрических прогностических моделей показывает, что несмотря на активные попытки апологетов возобновляемой энергетики (ВИЭ) по внедрению ВИЭ до 2040 года основная часть (до 60%) тепловой и электрической энергии будет производиться на тепловых электрических станциях, сжигающих угольное топливо. При этом все еще остается актуальна проблема антропогенного воздействия на окружающую среду (выбросы оксидов азота (NO_x) и серы (SO_x)) использующих в качестве основного топлива уголь ТЭС. Необходимость повышения эффективности работы угольных ТЭС и выполнение ужесточенных экологических требований создает предпосылки к разработке новых эколого- и энергоэффективных способов сжигания угля. Как было показано при выполнении проекта РНФ 18-79-10015 к таким относятся технология сжигания угля в составе топливных композиций на основе угля и биомассы. При этом как было установлено, одной из самых перспективных (а может и самой перспективной) композиций является био-водоугольное топливо: смесь мелко диспергированных угля и биомассы с водой. По результатам проведенных экспериментов выявлено, что при воспламенении био-водоугольных суспензий или высоковлажных древесно-угольных топлив времена задержки зажигания (t_{ign}) и горения (t_b) могут достигать десятков секунд. Однако такие значения t_{ign} и t_b создают существенные сложности в период проведения опытно-конструкторских работ при обосновании конструктивных характеристик камер сгорания перспективных котельных агрегатов, работающих на топливных композитах. Такая ситуация создает предпосылки для разработки новых способов топливосжигания. Большие возможности дает комбинированный способ иницирования горения топлива: например, при микроволновой или плазменной подсветке топливного факела. Применение электромагнитного излучения позволит уменьшить влажность, зольность, а также понизить содержание серы, ртути, хлора и других вредных составляющих. Также при СВЧ воздействии на высоковлажное топливо возможна взрывная диспергация частиц топлива вследствие объемного парообразования. Первые попытки использования СВЧ-излучения в энергетике датируются концом 40-х и началом 50-х годов XX века [1] с изобретением микроволновой техники. Частота СВЧ-излучения находится в пределах от 300 МГц до 3000 ГГц, что соответствует длинам волн от 1 м до 0,1 мм. Уровень мощностей тепловыделения может варьироваться в пределах от долей Вт до нескольких МВт в импульсном режиме, и от долей Вт до сотен кВт в режиме непрерывного излучения [2]. Основные теоретические и экспериментальные работы по высокочастотному и сверхвысокочастотному воздействию на топливо проводились Лыковым А.В., Окресс Э, Пюшнер Г. Диденко А.Н., Саломатова В.В. и др. [3, 4, 5, 6, 7, 8]. Процесс СВЧ-воздействия на различные объекты моделируется при помощи уравнений электродинамики Максвелла (описывающих распространение

электромагнитного излучения), и теории теплоты и уравнений теплопереноса (описывающих преобразование электромагнитной энергии в теплоту и передачу этой теплоты в теле). Также известны работы (например [3]), показывающие положительное (по критерию экологии сжигания) синергетическое воздействие низкотемпературной плазмы, формируемой в электродуговом плазмотроне, на процесс горения угольной пыли. Показано, что воздействие плазмы приводит к интенсивной газификации угольного топлива. Последнее приводит к повышению реакционной способности топлива. При этом установлено, что при сжигании угля при плазменной подсветке происходит диспергирование частиц угля на более мелкие фракции. Это способствует стабилизации процесса горения угля и интенсифицирует процесс сжигания (за счет увеличения площади реагирования). Это, прежде всего, востребовано для эффективного сжигания низкореакционных, высокозольных и высоковлажных углей (при постоянной работе плазмотрона), и позволяет, в том числе, осуществить растопку котла (при кратковременном запуске плазмотрона). По имеющимся оценкам электрическая мощность, потребляемая плазмотроном при поддержании непрерывного горения, не превышает 2.5 % от тепловой мощности пылеугольной горелки и составляет 0.3–0.5 % от тепловой мощности самого котла. Однако применение технологий микроволновой и плазменной подсветки на тепловых электрических станциях ограничивается отсутствием общей теории воспламенения и горения существенно неоднородных по структуре топливных композитов в условиях сложного радиационно-конвективно-кондуктивно-электромагнитного нагрева. Последнее связано с тем, что термическая подготовка и зажигание любого органического топлива представляют собой сложный комплекс физико-химических процессов, протекающих в условиях интенсивных фазовых (испарение внутрипоровой и адсорбционной влаги) и термохимических (термическое разложение органической части угля и основных компонентов биомассы, выход летучих и их воспламенение, зажигание кокса) превращений при электромагнитном воздействии (СВЧ-нагрев, поток высокоэнергетических электронов). При этом стоит отметить, что, как правило, эти процессы, протекают совместно и имеют цепной характер. Немаловажным является и то, что древесная биомасса и био-водоугольные суспензии являются высокообводненными топливами, соответственно в таких системах микроволновый нагрев протекает более интенсивно (вследствие высоких значений t_{gb} для воды), чем в диэлектриках (уголь). Это обусловлено существенно различающимися химическими структурами топлива. Последнее может привести к значительной неоднородности температуры факела. При этом высокая обводненность композиционного топлива будет способствовать взрывной диспергации топливных частиц вследствие объемного вскипания внутрипоровой влаги. Подводя итог можно сказать,

что изучение процессов термической подготовки, зажигания и горения топливных композиций на основе угля и древесины в условиях сложного радиационно-конвективно-электромагнитного нагрева на сегодняшний день является актуальнейшим направлением в современной энергетике. Авторами данного проекта сформулирована гипотеза о механизме зажигания частиц композиционного топлива при радиационно-конвективно-микроволновом нагреве с учетом совместного протекания основных процессов теплообмена (испарение влаги (адсорбированной и связанной), термическое разложение органической части топлива, термохимическое взаимодействие водяных паров и углерода, окисление продуктов пиролиза кислородом воздуха). В ее основе лежит предположение о ведущей роли воздействия ионизирующего излучения на молекулы воды, формирующиеся на этапе термической подготовки (при испарении внутрипоровой и адсорбционно-связанной влаги). В результате образуются высокореакционные радикалы гидроксильной группы (ОН-). Как показали исследования, проведенные в рамках проекта (РНФ 18-79-10015) ОН-оказывает существенное, можно сказать определяющее влияние на характеристики и условия газофазного воспламенения топлива (зарождение цепей взаимодействия метана (CH₄), окиси углерода (CO) и водорода (H₂) с кислородом воздуха происходит через ОН-). Планируется проведение экспериментальных исследований воспламенения частиц композиционных топлив в условиях, соответствующих камерам сгорания котельных агрегатов при микроволновом и ионизирующем воздействии. С этой целью будут сконструированы и изготовлены экспериментальные стенды для изучения процессов зажигания и горения композиционных топлив. В экспериментах будут моделироваться процессы, протекающие при зажигании частиц композиционного топлива в условиях сложного комбинированного нагрева (конвекция/излучение/ЭМ-воздействие). Это позволит детально изучить все стадии термической подготовки, протекающие в индукционный период времени в условиях, сложного радиационно-конвективно-ЭМ (РКЭ) нагрева. Также будут определены необходимые для стабильного воспламенения температура внутрикотловой среды, оптимальное соотношение в системе уголь/древесина. В результате экспериментальных исследований будут определены времена задержки воспламенения в зависимости от условий сложного теплообмена. По результатам анализа экспериментальных результатов будет сформулирована новая двухтемпературная математическая модель физико-химических процессов

теплообмена, протекающих совместно в условиях интенсивных фазовых (испарение воды) и термохимических (термическое разложение органической части топлива, термохимическое взаимодействие водяных паров и углерода кокса, окисление продуктов пиролиза) превращений при радиационно-конвективно-ЭМ нагреве частиц композиционного топлива. Будут решены соответствующие задачи зажигания. Верификация математической модели будет проводиться путем сравнения результатов экспериментов и теоретических следствий. По результатам вычислительных экспериментов будут определены критические характеристики зажигания и горения частиц композиционных топлив, приготовленных из различных углей (как по марке, так и по месторождениям) и древесины (хвойные, лиственные породы). В результате численного моделирования будут определены оптимальные характеристики диспергирования угля и долевого соотношения компонентов в топливе. Планируется определить критические и оптимальные характеристики (температура окислителя, энергии ЭМ-импульса, длительность ЭМ импульса) воспламенения топлива. В результате выполнения проекта будет сформирована база данных по условиям зажигания и разработаны рекомендации по выбору конструктивных характеристик камер сгорания котельных агрегатов. Последние (в перспективе) могут стать основой при проведении опытно-конструкторских работ по новым энергоэффективным и экологически перспективным котельным агрегатам. 1. В.В. Иванцкий. О возможности применения сверхвысокочастотных методов нагрева материалов. // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. - 2000. - № 3-4. - С. 42-46. 2. Семенов, А.С. СВЧ-энергия и ее применение. Особенности, оборудование, технологические процессы / А.С. Семенов, В.Б. Байбурин. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1999. 3. СВЧ – энергетика. / Под ред. Э. Окресса (в трех томах). – М.: Мир. – 1971. 4. Диденко А.Н. СВЧ-энергетика: теория и практика. – М.: Наука. – 2003. – 446 с. 5. Диденко А.Н., Зверев Б.В. СВЧ – энергетика. – М.: Наука. – 2000. – 320 с. 6. Лыков А.В. Исследование процесса сушки в поле высокой частоты/Лыков А.В., Г.А.Максимов// Тепло-и массообмен в капиллярно-пористых телах,- М.: Госэнергоиздат, 1957. С. 133-142. 7. Пюшнер Г. Нагрев энергией сверхвысоких частот, пер. с англ.- М., «Энергия», 1968, 312с. 8. Саломатов Вл. В., Пузырев Е.М., Саломатов А.В. СВЧ-нагрев потока жидкости при вынужденном обтекании плоской пластины в условиях нестационарного радиационно-конвективного теплообмена // Теплофизика и аэромеханика. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 285-300.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121071500040-1

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ВИЭ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Целью работы является разработка основных технических решений и проекта внедрения накопителей электроэнергии и ВИЭ в электрических сетях с целью оценки экономического эффекта от прогнозирования нагрузки потребителей и управления устройствами накопления электроэнергии с учетом прогнозов генерации и потребления. Основные задачи НИОКР включают: анализ существующих проблем в системах электроснабжения и выявление наиболее перспективных для исследования схем подключения накопителей и ВИЭ в распределительных сетях, проведение моделирования

работы систем электроснабжения с накопителями и ВИЭ в различных режимах работы, проведение моделирования работы систем электроснабжения с накопителями и ВИЭ с применением систем прогнозирования нагрузки и генерации, оценка экономического эффекта от внедрения накопителей и ВИЭ с использованием и без использования систем прогнозирования генерации и потребления, разработка проекта внедрения ВИЭ и накопителей в распределительной сети, создание опытного образца ПТК управления накопителями в сетях электроснабжения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 121091400184-1

Методы и средства повышения качества электрической энергии на основе выявления долевого вклада источников искажений и компенсации их влияния на потребителей

В настоящее время проблема повышения качества электроэнергии приобретает повсеместный характер, так как на любом предприятии с целью повышения производительности труда, эффективности управления технологическим процессом, экономии электроэнергии внедряется оборудование, функционирование которого основано на применении полупроводниковой преобразовательной техники. Такое оборудование в свою очередь значительно «загрязняет» электрическую сеть высшими гармониками. И это характерно не только для потребителей с нелинейными электрическими нагрузками, но и для потребителей, не вносящих искажения в питающую сеть. При внедрении систем с распределенными генерирующими источниками также возникает проблема их электромагнитной совместимости с оборудованием, подключенным к сети. В результате в целых районах электрических сетей возникает проблема, из-за которой страдают все потребители, подключенные в точке общего присоединения. Решение такой проблемы является базовой составляющей для создания цифровой экономики в России. Обязательным условием для реализации такой задачи является наличие качественной электроэнергии, обеспечивающей функционирование электронного оборудования в различных отраслях производства, торговли, образования, медицины, услуг и других сферах жизни и деятельности людей. Показатели, связанные с возникновением гармонических искажений в напряжении и токе, являются одними из основных параметров качества электрической энергии. Существуют различные методы и средства, позволяющие исключить их влияние на электрооборудование и электрическую сеть, включающие пассивные и активные системы фильтрации различных конфигураций, рациональное построение схемы электроснабжения, совершенствование конструкции нелинейных нагрузок и др. Их применение и выбор параметров в значительной степени зависит долевого вклада источников искажений, подключенных в рассматриваемой точке сети. Так, например, избыточным и несправедливым является применение фильтрокомпенсирующих устройств у потребителя, на вводе которого напряжение искажено в результате работы нелинейной нагрузки сторонних энергообъектов. В рамках разветвленной электрической сети отдельного потребителя, в том числе в условиях применения распределенных и возобновляемых источников энергии, также необходимо решать вопрос об определении долевого вклада различных источников искажений, так

как компенсацию их влияния необходимо осуществлять в тех узлах, где это приводит к наибольшему техническому и экономическому эффекту. Стоит отметить, что при работе солнечных и ветряных электростанций возникают искажения частотой выше 2 кГц, которые в настоящее время в России не нормируются, но могут также влиять на выбор параметров компенсирующих устройств. Известно немалое количество разработанных способов для поиска и выявления вклада потребителей в ухудшение суммарных показателей качества электроэнергии. Вместе с тем, до сих пор отсутствуют корректные и утвержденные методики и руководящие документы, позволяющие выявить такой вклад, и ни один из разработанных методов не применяется для решения таких задач на практике. Утвержденная в 2002 г. методика определения фактического вклада также не позволяла корректно выявлять источник искажений и была отменена. В современных действующих ГОСТ, аутентичных стандартам МЭК, такая методика не рассматривается. Дополнительной проблемой при выборе параметров систем компенсации искажений является определение сопротивления энергосистемы на частотах высших гармоник. В первую очередь, это относится к пассивным корректирующим устройствам, так как различные режимы их работы, электрооборудования потребителей и сети могут приводить к резонансным явлениям и перегрузке различных элементов электротехнических комплексов. В рамках централизованной энергосистемы ее сопротивление на частотах высших гармоник упрощенно определяется путем перемножения сопротивления короткого замыкания в заданной точке сети на порядок гармоник. Однако в сетях с распределенными источниками энергии и электронным оборудованием, цепи которого комплектуются выпрямительными и фильтрующими устройствами на базе конденсаторов, задача определения гармонического сопротивления является достаточно сложной и актуальной.

Кроме этого, такой параметр крайне важен при подключении новых потребителей к электрической сети с целью определения их вклада в существующие искажения напряжения в системе.

Таким образом, разработка методов и средств повышения качества электрической энергии на основе выявления долевого вклада источников искажений и компенсации их влияния на потребителей в системах с распределенной генерацией является актуальной и очень важной задачей как с научной, так и с практической точки зрения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121041500172-2

ЭНЕРГО-И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ

Актуальность темы обусловлена необходимостью совершенствования технологий в нефтегазодобыче, направленного на энерго- и ресурсосбережение. Энергосбережение возможно за счет применения возобновляемых источников энергии, а ресурсосбережение за счет совершенствования оборудования для промышленной подготовки нефти.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121081900110-6

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ОБЪЕКТОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Преследуя основную цель обеспечения всеобщего доступа к недорогому, надежному, устойчивым и современным источникам энергии, в настоящее время наблюдается существенное увеличение доли установленной мощности генерирующих объектов на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ): мощность ветроэлектростанций и солнечных фотоэлектрических электростанций в мире достигает сотен и

тысяч МВт. При этом, с развитием силовой полупроводниковой техники наибольшее распространение получили объекты ВИЭ, подключаемые через статические преобразователи напряжения (СПН). Между тем, обладая существенным преимуществом (отсутствие редукторов, дополнительных источников возбуждения, независимое регулирование активной и реактивной мощности СПН и др.), объекты ВИЭ

данного типа характеризуются отсутствием инерции, что, ввиду увеличения уровня генерируемой мощности в ЭЭС, способствует уменьшению общей (физической) инерции. Это приводит к изменению ими процессов, протекающих в электроэнергетической системе (ЭЭС), их частотного спектра и возможности появления новых режимов. Так, доминантные моды объектов ВИЭ находятся в диапазоне более высоких частот, чем электромеханические колебания. Следовательно, увеличивается вероятность появления низкочастотных колебаний (НЧК), параметры и траектория изменения которых будут отличаться от НЧК в ЭЭС без ВИЭ и, соответственно, которые не могут быть эффективно демпфированы традиционными средствами ликвидации НЧК. Возникшие в сети НЧК ограничивают величину передаваемой мощности, снижают устойчивость ЭЭС, порождают проблему колебательной устойчивости в целом и могут стать причинами серьезных системных аварий. Так, низкочастотные колебания в ЭЭС амплитудой 25 МВт и частотой 3-4 Гц из-за возникшего на северо-востоке энергосистемы США короткого замыкания в 2003 г. привели к необоснованному отключению генераторов на электростанциях региона и полному отключению целой части страны. В то же время, исследователями отмечается, что с 2016 г. в отдельных районах энергосистемах Китая и США, в которых доля ВИЭ превышает 30%, наблюдается явление «аномальных» НЧК, природа которых пока не установлена и не предложены конкретные средства по их демпфированию. В связи с этим, для анализа проблемы колебательной устойчивости ЭЭС и возникновения незатухающих НЧК создаются рабочие группы по системным колебаниям под эгидой международных сообществ (IEEE Power Engineering Society, Cigre и др.). Результатами их исследований стали используемые для анализа НЧК различные методы и средства идентификации НЧК, в том числе на основе синхронизированных векторных измерений, применения модального анализа НЧК, изучения различных методов анализа нелинейных и нестационарных свойств НЧК и т.д. Однако исследования причин возникновения НЧК в ЭЭС с ВИЭ, их возможных параметров, а также эффективных методов, способов и средств минимизации их влияния пока еще далеки от практически значимых результатов. Среди основных причин исследования выделяют: 1) отсутствие полной и достоверной информации о процессах в ЭЭС с ВИЭ, вследствие чего затруднительным является анализ параметров НЧК, природы их возникновения и разработка эффективных средств демпфирования НЧК; 2) отсутствие инструмента моделирования для получения такой информации, отвечающего высоким требованиям к воспроизведению модели ЭЭС с ВИЭ, и для разработки и тестирования разрабатываемых эффективных средств демпфирования НЧК в ЭЭС с ВИЭ. Соответственно, именно решение данных

задач является первостепенным для разработки методов и средств повышения колебательной устойчивости ЭЭС с ВИЭ. В настоящее время ведутся работы по совершенствованию средств моделирования, математических моделей объектов ВИЭ и ЭЭС в целом. Однако специфика данных исследований определяет, как необходимость применения моделей ЭЭС большой размерности (для анализа локальных и межзональных колебаний), так и использования достаточно детальных моделей самого оборудования, в частности, СПН объекта ВИЭ (для корректного воспроизведения частотного спектра единого непрерывного процесса). Для цифровых моделирующих комплексов, без использования существенных упрощений и ограничений (разделения единой расчетной модели ЭЭС на отдельно решаемые части), это является практически невыполнимой задачей. Поэтому в качестве задела для выполнения данного проекта будут использоваться концепция гибридного моделирования и программно-техническое средство моделирования ЭЭС с ВИЭ, которое реализуется в рамках гранта РНФ (Договор № 18-79-10006 от 02.08.2018 г.) и позволяет осуществить воспроизведение единого непрерывного спектра квазистационарных и переходных процессов в ЭЭС с ВИЭ при различных нормальных и аварийных режимах работы. Тем не менее, принципиально новыми являются разработка регулятора СПН объекта ВИЭ для формирования превентивного управляющего воздействия и подавления возникающих НЧК, формирование методики настройки этого регулятора и согласования его работы с традиционными средствами ликвидации НЧК в ЭЭС, а также проведение комплекса исследований, в том числе которые ранее не проводились научными группами ввиду ограничений цифровых средств моделирования, для получения фундаментальных знаний о природе возникновения НЧК в ЭЭС с ВИЭ. Отметим, что для России данные исследования являются актуальными по следующим причинам: 1) доля установленной мощности ВИЭ в России и в соседних странах, с которыми имеется электрическая связь, увеличивается и эта тенденция, согласно «дорожным картам» развития, продолжит рост, соответственно, возрастает и степень влияния; 2) специфика работы ЭЭС России и принципы ее управления отличаются от зарубежных ЭЭС, что не позволяет осуществить прямое копирование международного опыта; 3) необходимость работы в тяжелых режимах, которые могут усугубиться возникновением НЧК и привести к системным авариям, может возникнуть из-за возрастания нагрузок на фоне морального и физического износа оборудования. Таким образом, успешное выполнение данного проекта позволит увеличить вклад российских исследователей в решение одной из фундаментальных и актуальных проблем повышения колебательной устойчивости современных ЭЭС.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121042600244-2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ СНИЖЕНИИ ОБЩЕЙ ИНЕРЦИИ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В зарубежных странах, в том числе и в России наблюдается динамика внедрения новых мощностей за счет использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), преимущественно солнечных- и ветроэлектростанций (СЭС и ВЭС соответственно). С увеличением доли ВИЭ увеличивается и их влияние на ЭЭС, в частности снижается значение суммарной инерции в ЭЭС, что способствует более высокой скорости изменения режимных параметров (мощности, напряжения, частоты) в пределах короткого промежутка времени. В ЭЭС с меньшей инерцией быстрее нарушается устойчивость в случае серьезных аварий, синхронные качания в таких ЭЭС могут быть ошибочно приняты за короткое замыкание. Следовательно, данные процессы в частности влияют на работу устройств противоаварийной автоматики

(ПА), например, на Автоматику предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ) энергосистем (частей энергосистем). Соответственно внедрение ВИЭ требует корректировки принципов настройки ПА и средств их реализации. Этот вопрос является актуальным в мире и для России в том числе, а также малоизученным. Предлагаемый для решения проблемы подход и средства его реализации позволят провести анализ и выявить устройства ПА в составе АПНУ, которые работают некорректно в ЭЭС с ВИЭ, и разработать методику настройки их алгоритмов с учетом изменения инерции, в зависимости от их вида, мощности, мест установки и т.д. Это повысит энергетическую безопасность, что является приоритетной задачей в мире.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121030200327-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ИНТЕГРАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В энергетической стратегии России указано, что развитие распределенной генерации является одной из ключевых задач. Существующие исследования показывают, что Россия обладает большим потенциалом развития возобновляемой распределенной энергетики. Опыт выполнения работ по исследованию качества электроэнергии в сетях с распределенной генерацией показывает, что нередко присоединение ветрогенерации к существующим сетям приводит к ухудшению режимных параметров. Кроме того, режимные ограничения электрических сетей вынуждают ограничивать выдачу мощности от ветрогенераторов, что приводит к снижению прибыли их владельцев. Такие ситуации возникают из-за недостаточного предпроектного исследования существующих сетей, недостатка информации по режимам их работы и малого опыта выполнения подобных проектов. Одним из ограничивающих факторов интеграции распределенной генерации в электрические сети являются проблемы качества электрической энергии. Эти проблемы носят двусторонний характер. Нарушения качества электроэнергии в электрической сети приводят к ухудшению функционирования установок распределенной генерации. Сами генерирующие установки при определенных условиях могут создавать возмущения, которые становятся причиной

нарушения качества электроэнергии в электрической сети. Полноценное изучение вопросов взаимовлияния электрических сетей и распределенной генерации возможно только при наличии адекватных расчетных моделей. На основе полученных моделей должны быть разработаны способы интеграции распределенной генерации в электрические сети. В результате проекта должны быть разработаны модели работы распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии в составе электрической сети. Эти модели должны позволять определять параметры режима электрической сети, показатели качества электроэнергии, показатели надежности электроснабжения потребителей, показатели эффективности работы установок распределенной генерации. На основе полученных моделей должны быть разработаны способы интеграции распределенной генерации в электрические сети и показана их целесообразность на расчетных примерах. Данные решения предназначаются для снижения времени и стоимости присоединения распределенной генерации к электрическим сетям, а также для повышения эффективности работы распределенной генерации в составе электрических сетей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ АААА-А21-121011490020-5

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ СУПРАЖИВУЩЕСТИ КЛЮЧЕВЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ГАРМОНИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ (ГОВЕРНАНСА) УМНЫМИ ИНФРАСТРУКТУРАМИ

Анализ и синтез критичных инфраструктур (КИ) - одна из важнейших тематик современности, поскольку она: (1) определяет стратегическую экономическую и военную мощь государства; (2) обеспечивает защиту и продолжительность жизни населения в добром здравии, (3) устойчивый рост промышленности, устойчивую социально-экономическую обстановку в стране, регионе, территории; (4) является проводником между природой и человеком. Наряду с этим, физические и кибер-инфраструктуры - источник всех техногенных аварий и катастроф, и потенциальный объект противоправных действий. Необходимо отметить, что в России проблематика фундаментальных основ теории критичных инфраструктур изучена совершенно недостаточно и эта тематика серьезно недофинансирована. Актуальность и практическая ценность решения предлагаемой меж- и трансдисциплинарной темы огромна, по следующим причинам: (1) уменьшение риска эксплуатации КИ приводит к уменьшению смертности и увеличению средней ожидаемой продолжительности жизни населения в добром здравии (приоритетная задача, неоднократно поставленная В.В. Путиным в его выступлениях); (2) увеличение реального регионального муниципального валового продукта за счет уменьшения расходов на восстановление поврежденных инфраструктур и перебоев их функционирования; (3) обеспечение непрерывности бизнеса и, на этой основе, устойчивого роста экономического могущества страны. А это и есть императивные цели Российского государства, региона, муниципалитета. Инфраструктуры, создаваемые для обеспечения безопасности и защиты жизни и стабильного развития экономики и общества, в научном плане имеют вид взаимозависимых и взаимодействующих многокомпонентных распределенных био-социо-технических систем. Такие системы призваны обеспечивать: (1) стабильное функционирование какого-либо потенциально опасного объекта или целой отрасли индустрии; (2) поддерживать жизнедеятельность населения и устойчивое развитие территории его проживания; (3)

гармонизировать экономическую деятельность и социальную удовлетворенность. Современные инфраструктуры являются основой экономики, средством устойчивого роста ВВП, средней продолжительности жизни здорового населения и показателем могущества страны. Ни власть, ни промышленность, ни академические учреждения не могут себе позволить проигнорировать наблюдаемое фронтальное наступление континуума комбинаций возможностей и рисков, которая сопровождает возникновение и практическое использование умных инфраструктур нового поколения. Оригинальность и актуальность технологии исследования: используемый подход состоит в том, что формируется единая (конвергентная) концепция о пути решения проблемы. В рамках данной концепции проблема расщепляется на составные задачи так, что образует цепочку взаимосвязанных задач, при этом решение первой задачи (ее «выход») является «входом» - исходными данными для второй задачи и т.д. до тех пор, пока на «выходе» последней задачи не получится искомое новое знание. Такой подход (и в этом его сущностная актуальность), пожалуй, единственный, который позволяет получать новые фундаментальные знания, обладающие немедленной практической ценностью. Кроме того, все рассматриваемые задачи имеют модуль, содержащий социально-статистический алгоритм проверки приемлемости разработанного решения на основе разработанной НИЦ «НИР БСМ» УрО РАН технологии живой лаборатории. Планируемые результаты. 2021 год. Метод синтеза индивидуальной надежности и супраживучести ключевых объектов инфраструктур и управления их эксплуатацией по критериям индекса качества жизни и готовности платить. В том числе: Энтропийный метод распознавания и анализа динамической информации о состоянии сложных региональных систем. Разработка методов ускоряющих процедуру статистического моделирования при расчете показателей балансовой надежности распределительных сетей с возобновляемыми источниками энергии. Создание смазочных композиций, обеспечивающих надежную работу узлов трения машин и

механизмов в условиях пониженных температур. 2022 год. Вторая, расширенная версия математической конвергентной модели системы взаимозависимых урбанистических и сельскохозяйственных критичных инфраструктур (в том числе алгоритмы их диагностики, мониторинга, живучести и безопасности) как основы для построения модели первого приближения виртуального умного региона/города. В том числе: Вероятностно-энтропийная модель многомерного риска как инструментарий в задачах мониторинга состояния систем критичных инфраструктур. Разработка математических методов идентификации редких событий при расчете балансовой надежности ЭЭС. Разработка методологии прогнозирования ресурса узлов

трения машин на основе моделирования изнашивания. 2023 год. Алгоритмы, использующие конвергентную MABICS-технологию оценки индивидуальной надежности уникальных инфраструктур на стадии их проектирования, изготовления и эксплуатации на основе метода, разработанного в НИЦ УрО РАН (применительно к ключевым промышленным и сельскохозяйственным объектам, изделиям ракетно-космической техники, уникальным высотным зданиям). В том числе: Разработка методов управления многомерным риском систем критичных инфраструктур. Разработка аналитических методов оценки показателей балансовой надежности ЭЭС. Разработка алгоритмического и программного обеспечения для моделирования изнашивания узлов трения машин.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «НАДЕЖНОСТЬ И РЕСУРС БОЛЬШИХ СИСТЕМ И МАШИН» УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121033100086-1

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЕ

Проект направлен на решение научной проблемы недостаточного уровня методологических исследований конкурентоспособности энергетических компаний в условиях развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и распределенной генерации. Данная проблема чрезвычайно актуализируется на современном этапе, который связан с масштабным обновлением технологической базы

энергетического сектора на принципах цифровизации, а также формированием новой структуры энергорынков. Важными элементами нового энергетического перехода становятся широкое использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, повышение роли распределенной генерации, а также приоритет частных инвестиций.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 121111100074-3

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕКСТУРИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕЛЛУРИДА ВИСМУТА, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ ИСХОДНЫХ ПОРОШКОВ С РАЗЛИЧНОЙ МОРФОЛОГИЕЙ ЧАСТИЦ

Разработка новых эффективных источников электрической энергии во многом определяет развитие современной техники и технологий. Сокращение запасов ископаемого топлива и проблемы выброса парниковых газов стимулируют интерес со стороны науки и промышленности к разработке альтернативных «зеленых» возобновляемых источников энергии, а также созданию новых технологий преобразования энергии для повышения общей энергоэффективности. Термоэлектричество - простое и экологичное решение для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Несмотря на то, что в последнее десятилетие достигнут значительный прогресс в увеличении термоэлектрической добротности материалов, коммерческое применение термоэлектрических устройств ограничено их низкой энергоэффективностью. Термоэлектрические генераторы обладают многими другими достоинствами (надежность, долговечность, бесшумность работы и т.д.). Однако эти достоинства термоэлектрических генераторов нивелируются их низким коэффициентом преобразования тепловой энергии в электрическую (как правило, не превышает ~8%). Соединения на основе теллурида висмута Bi₂Te₃ электронного и дырочного типа проводимости в настоящее время являются основным материалом для низкотемпературных термоэлектрических применений. Особенностью этих соединений является их способность текстурироваться при приложении одноосного давления в процессе получения поликристаллических образцов. Текстурирование частично восстанавливает кристаллическую анизотропию термоэлектрических свойств, характерную для монокристаллов, и может быть использовано в качестве важного параметра для повышения

термоэлектрической добротности материалов. Способность поликристаллических соединений Bi₂Te₃ к текстурированию определяется, во-первых, морфологией частиц исходного порошка, используемого для получения объемного поликристаллического материала, и, во-вторых, способом компактирования и/или спекания объемного материала. В настоящее время для формирования текстуры в соединениях на основе теллурида висмута используют различные способы компактирования исходных порошков, основанные на одноосном прессовании (холодное прессование в пресс-формах, экструзия, искровое плазменное спекание и т.д.). Одним из основных преимуществ искрового плазменного спекания, является малое время процесса, составляющее, как правило, несколько минут, что позволяет свести к минимуму изменения в морфологии и размерах частиц исходного порошка, т.е. размер и форма зерен поликристаллических образцов после искрового плазменного спекания будет преимущественно определяться размером и формой частиц в соответствующем исходном порошке. Установление закономерностей и механизмов развития текстуры в поликристаллических материалах на основе теллурида висмута, полученных с помощью искрового плазменного спекания исходных порошков с различной морфологией частиц, и установление влияния особенностей текстурирования, развиваемого при использовании таких порошков, на термоэлектрические свойства материалов, является важной задачей на пути решения актуальной проблемы современного термоэлектрического материаловедения – повышение термоэлектрической добротности материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121021700134-0

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ОБВОДНЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РАМКАХ КЛИМАТОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Реализация распоряжения Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.» предполагает ввод новых генерирующих мощностей, функционирующих на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии, к которым и относится торф. Как показывает мировой опыт в рамках обоснованного использования энергетического сырья все больше происходит вовлечение в хозяйственный оборот месторождений торфа, как составляющая малого энергетического кластера, и совершенствование технологии разработки, использование новой техники и технологий с применением наилучших доступных технологий (НДТ) в рамках климатически нейтральной хозяйственной деятельности. Повышенный

интерес к рассматриваемому виду топлива обусловлен снижением расходов на транспортировку, как к местному виду топлива по сравнению с другими энергетическими ресурсами. Однако находясь на заболоченных территориях, для добычи торфяного сырья требуются специальное оборудование и технологии, обеспечивающие его эффективную выемку. Многие технологии связаны с необходимостью водопонижения территорий, что плохо согласуется с климатосберегающими технологиями. Альтернативой в этом случае является добыча торфяного сырья с поверхности залежи без ее осушения, прямо из-под воды посредством применения модульных комплексов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062700011-6

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ СИНТЕЗА КОНСОЛИДИРОВАННЫХ СЛОЕВ АДсорбЕНТА С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДИНАМИКИ АДсорБЦИИ

В связи с мировой тенденцией к переходу к возобновляемым источникам энергии адсорбционные системы преобразования теплоты привлекают возрастающий научный интерес. Одним из факторов, препятствующих их широкому распространению, является низкая удельная мощность, которая в основном определяется динамикой стадий адсорбции и десорбции. Данный проект направлен на разработку физико-химических основ синтеза слоев адсорбента, консолидированных с поверхностью теплообменника, с улучшенной динамикой сорбции. В рамках выполнения проекта будут синтезированы слои адсорбентов (силикагеля, композитов «соль/матрица», металл-органических каркасов, кристаллических алюмофосфатов) на поверхности металла со связующим. Впервые будет систематически изучено влияние химической природы связующего и его содержания, конфигурации слоя (размера частиц и толщины слоя) сорбента, на пористую

структуру слоя и равновесие сорбции паров типичных рабочих жидкостей (воды, метанола) на них комплексом взаимодополняющих физико-химических методов. Динамика сорбции на синтезированных слоях будет изучена непосредственно в условиях рабочих циклов преобразования теплоты. Будет изучено влияние массопереноса в слое адсорбента, и теплопереноса в слое и между поверхностью металла, и выявлены стадии, контролирующие динамику сорбции. На основе анализа полученных результатов будут сформулированы рекомендации по синтезу консолидированных слоев адсорбентов с улучшенной динамикой сорбции рабочих жидкостей. Выполнение данного проекта будет способствовать развитию энерго- и природосберегающей технологии преобразования тепла возобновляемых источников энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122011100222-0

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ КОВАЛЕНТНЫМИ СВЯЗЯМИ В ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

Возобновляемые источники энергии на основе осмотических сил находят применение как в промышленном масштабе, так и в обеспечении автономной работы микро- и наноразмерной техники. Активный поиск материалов для полупроницаемых мембран, экспериментальные и теоретические исследования путей повышения их эффективности проводятся во многих научных лабораториях. Современный уровень развития методов квантовой химии и существующие вычислительные ресурсы способны значительно ускорить и удешевить работу в данном направлении, не искажая при этом желаемую точность и достоверность. Настоящий проект посвящен квантово-химическому моделированию генерации электрической энергии за счет градиента солёности с использованием новых бислойных материалов, объединенных ковалентными связями в вертикальные гетероструктуры. На примере бор-нитридных нанотрубок и квазидвумерных дихалькогенидов переходных металлов было экспериментально показано, что применение наноразмерных материалов приводит

к существенному увеличению вырабатываемой мощности. Ковалентные межплоскостные связи дают некоторое преимущество предлагаемым вертикальным гетероструктурам, они могут быть тонкими и прочными одновременно, а изготовление пор в них вполне соответствует возможностям современных нанотехнологий. В ходе работы будут определены закономерности в электронных спектрах, вычислены упругие и пьезоэлектрические характеристики вертикальных гетероструктур с различной конфигурацией нанопор. Будет изучено влияние допирования инородными атомами на указанные характеристики. Далее будет проведена молекулярно-динамическая симуляция ионного транспорта через нанопоры, вычислены значения выходных токов и генерируемой мощности. Предлагаемое исследование будет полезно как для создания автономных устройств питания наноэлектронной техники, так и для ускорения поиска путей производства (синтеза) подобных материалов в макромасштабе.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА МОЛОДЕЖИ

№ 121102500058-7

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ ПРОЕКТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ)

В рамках работ предполагается разработка концепций проектов перспективных энергоисточников малой мощности для обеспечения потребителей в малоосвоенных и труднодоступных районах России надежными, качественными, экологически приемлемыми и экономически конкурентоспособными энергоисточниками с полезной отдаваемой мощностью в диапазонах 10-100 кВт, 200-500 кВт, 1-2 МВт и 4-6 МВт. Работы включают анализ на ближайшую (2050 г) и отдаленную (2100 г.) перспективу приоритетных путей развития АСММ, в том числе в транспортном и транспортно-базовом варианте. В рамках работ предполагается выполнение следующих задач: - разработка дополнительного обоснования мощностных диапазонов и требований к АСММ и концепций энергоисточников с прямым и механическим преобразованием энергии полезной отдаваемой мощностью из приведенного выше мощностного ряда, - проведение технико-экономических исследований в обоснование

экономической эффективности разработки и внедрения энергоисточников малой и сверхмалой энергетики, включая анализ потребности, в т.ч. для специальных задач, - разработка и обоснование критериев сравнения и выбора концепций энергоустановок для дальнейшей разработки, - исследования перспективных технологий прямого преобразования энергии и обоснование создания энергоисточников с их применением, - исследования перспективных технологий механического преобразования энергии (двигатель Стирлинга, газотурбинные установки, в т.ч. на основе цикла Брайтона со сверхкритическим CO₂) и обоснование создания энергоисточников с их применением, - разработка концепции автономной энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии с водородным накопителем электрической мощностью 10-100 кВт, в т.ч. в транспортном варианте в виде гибридной дизель-водородной установки мощностью до 400 кВт, разработка ТЭИ.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГОТЕХНИКИ ИМЕНИ Н.А. ДОЛЛЕЖАЛЯ»

№ 122011800536-1

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ (В Т.Ч. НА ТРАНСПОРТЕ) И КОНТРОЛЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ (ВОДОРОД, МЕТАН, ПРОПАН-БУТАН)

Целью проекта является создание комплексной системы управления энергообеспечением автономных и условно-автономных объектов, имеющих в своем составе набор источников энергии, набор потребителей энергии и систему хранения энергии (далее ПАК). ПАК представляет собой совокупность «узлов» (составных частей), работающих как в комплексе, так и в качестве независимых устройств. Данный НИОКР направлен на разработку двух типов «узлов», являющихся частью ПАК: датчики уровня газомоторного топлива и система накопления энергии KS2 ESS в различных модификациях, направленных на расширение области применения разрабатываемых устройств. Базовое изделие «Ультразвуковой датчик уровня сжиженного газа для СУГ (пропан-бутан)» и его модификации, разрабатываемые в рамках данного НИОКР, предполагают применение в следующих областях: Дополнительное оборудование для

транспорта на разных видах газомоторного топлива: пропан-бутан (СУГ), метан компримированный и сжиженный (КПГ и СПГ), транспорт на водороде, а также инфраструктура для функционирования газифицированного транспорта (например, оборудование для газозаправочных станций, системы мониторинга и др.) Базовое изделие «Система накопления энергии KS2 ESS. Вариант для автомобилей класса RV» и его модификации, разрабатываемые в рамках данного НИОКР, предполагают применение в следующих областях: Микро-энергосистемы на основе современных накопителей энергии, спроектированные по принципам SmartGrid и предназначенные для обеспечения работы подвижных и стационарных объектов (транспорт, роботы и роботизированные установки, промышленные и жилые объекты, распределенные объекты генерации ВИЭ), а также элементы инфраструктуры для их функционирования.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КС2 ИНЖИНИРИНГ»

№ 121062300191-0

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Исследование процессов преобразования различных видов энергии, технологий использования ветровой, солнечной, биогазовой и низкопотенциальной энергии, а также энергии, получаемой в результате различных видов утилизации отходов, обеспечивающие комфортные условия жизнедеятельности населения на основе принципов энерго- и ресурсосбережения, а также обеспечения экологической безопасности альтернативных энергоустановок. Разработка и реализация проектов с использованием альтернативных видов энергии, а также энергии, получаемой в результате различных видов утилизации отходов. Планируемые результаты работы: -

информационное моделирование процессов трансформации энергии в установках, использующих альтернативные виды энергии; - совершенствование физико-технических основ альтернативной энергетики и технологий использования отходов; - научное обоснование выбора оптимальных систем альтернативного энергоснабжения и жизнеобеспечения; - научные исследования интеллектуальных систем преобразования альтернативных видов энергии; - повышение экономичности и экологической безопасности автономных систем энергоснабжения в промышленности и городском хозяйстве.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121112400302-1

РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТНЫХ И МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАТАРЕЙ ТОТЭ ПЛАНАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАНИЕ ТОПЛИВНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы эффективного преобразования химической энергии органического топлива в электроэнергию с использованием электрохимических генераторов (ЭХГ) на основе ТОТЭ, которая непосредственно связана с приоритетом Стратегии НТР РФ: «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии».

Проект представляет собой комплексное научное исследование, выполняемое коллективом высококвалифицированных исследователей, имеющих значительный научный и технологический задел в рамках указанной выше научной проблемы.

Блок фундаментальных исследований в рамках Проекта направлен на разработку принципов формирования оптимального комплекса свойств оксидов со смешанной кислород-ионной и электронной проводимостью для их использования в качестве электродов симметричных ТОТЭ.

Актуальность создания таких материалов определяется современными концепциями конструкции ТОТЭ.

Главными критериями данных материалов являются умеренные коэффициенты термического расширения (КТР), достаточная электропроводность и стабильность в условиях работы катода и анода ТОТЭ, наличие кислород-ионной

проводимости.

Общая формула исследуемых материалов: $(A,R)n+1BnO3n+1-\delta$, где A – Sr, Ca, Ba, R – редкоземельный элемент, B – Fe, Co, Ni, Mn, Mo, Ga, Al или их комбинация, $n = 1, 2, 3, \infty$. Основными приемами коррекции свойств будут: - использование двух d-элементов в подрешетке B в определенном соотношении для достижения необходимой проводимости в окислительных и восстановительных условиях; - донорное замещение в подрешетке A для регулировки баланса проводимости n- и p- типа; - формирование слоистых структур для уменьшения КТР и повышения стабильности; - регулирование области гомогенности по кислороду с целью уменьшения КТР; - варьирование среднего радиуса элементов подрешетки A для повышения стабильности.

Новизна проблемы связана с разработкой материала, который должен иметь сбалансированный набор термодинамических, термомеханических и транспортных характеристик как в окислительных, так и в жестких восстановительных условиях.

Кроме того, будут проведены исследования смешанной проводимости, термического расширения и других функциональных свойств трояных оксидов на основе ниобатов, танталатов и/или диоксида церия с целью оценки их применимости в качестве материалов каталитически активных подслоев и компонентов электродов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121121700223-8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Будут развиты известные и разработаны новые математические модели тепломассопереноса в трещиновато пористых средах, направленные на повышение эффективности разработки углеводородных и геотермальных месторождений и связанные с этим экологические аспекты.

Предполагается выполнить: обобщение модели фильтрации жидкости и газа в трещиновато пористой среде; математическое исследование устойчивости решений задач о фильтрационном течении теплоносителя с фазовыми переходами с учетом дополнительных эффектов; аппроксимацию свойств влажного водяного пара в области температур от 100 до 360 °С для характерных значений давлений и их использование в расчетах потерь тепла по колонне; оценку зоны теплового воздействия геотермальной скважины и геотермального месторождения, как искусственных источников теплового загрязнения окружающей среды, на региональную экологию; получить

достоверные данные о теплофизических свойствах рабочих агентов, участвующих в различных технологических процессах производства возобновляемой энергии, а также свойствах новых композиционных материалов с целью повышения эффективности их использования для новых технологий производства возобновляемых энергий.

С точки зрения фундаментальной науки, целью этих исследований является глубокое понимание (на микроскопическом уровне) фундаментальных основ технологических и природных явлений, лежащих в основе новых эффективных методов использования возобновляемых энергий и прогнозирования функционирования энерговырабатывающих систем; разработка теоретически обоснованных уравнений состояний для сложных систем, участвующих в процессах производства возобновляемой энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121032500065-5

КОМПОЗИЦИОННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Основная цель работы – синтез и исследование влияния химической природы компонентов и морфологии композита на физико-химические свойства композиционных наноматериалов, применяемых в твердотельных электрохимических устройствах альтернативной энергетики, - твердых электролитов и систем со смешанной ионно-электронной проводимостью. Наиболее тщательно будут изучены следующие вопросы: - Влияние морфологии исходных компонентов на формирование и свойства получаемых композитных и нанокомпозитных твердых электролитов с проводимостью по различным катионам и протонным

проводников. - Изучение характеристик метастабильных состояний ионной соли, образующихся вблизи границы раздела фаз. - Влияние модификации поверхности исходных компонентов, межзеренных и межфазных границ на физико-химические свойства полученных композитов. - Исследование свойств трехфазных нанокомпозитных твердых электролитов различной морфологии. Изучение влияния морфологии композита на его транспортные свойства. - Синтез и исследование транспортных характеристик трехфазных композитов со смешанной ионно-электронной проводимостью. - Применение полученных материалов

для создания твердотельных электрохимических устройств: аккумуляторов и суперконденсаторов. Планируемые

результаты в этом направлении отвечают современному уровню исследований в нашей стране и за рубежом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122033100017-4

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА НАДЕЖНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Надежное и качественное обеспечение тепловой энергией является одним из приоритетных условий стабильности и развития практически всех отраслей экономики страны. Актуальность работ по обеспечению надежности теплоснабжающих систем (ТСС) возрастает с каждым годом в связи с увеличением износа их оборудования, ростом тепловых нагрузок в многих городах, перспективными направлениями преобразования ТСС с применением технологий распределенной генерации, интегрированной и интеллектуальной энергетики, активных потребителей, возобновляемых источников энергии. Все эти факторы приводят к необходимости пересмотра существующих и разработки принципиально новых методических подходов к оценке, нормированию и обеспечению надежности ТСС. Проект направлен на решение важной научно-технической проблемы обеспечения и повышения надежности ТСС в рамках общего междисциплинарного направления фундаментальных исследований физико-технических проблем развития энергетики. При этом в проекте рассматриваются ТСС нового типа – централизованно-распределенные, переход к которым связан, в первую очередь, с увеличением децентрализованного сектора теплоснабжения и усилением роли потребителя при оптимальном управлении и обеспечении надежности исследуемых систем (технологическая концепция активного потребителя), а также объективными мировыми тенденциями по преобразованию энергосистем путем интеграции различных энергетических технологий в единые мультиресурсные энергосистемы с интеллектуальным управлением. Данные системы соответствуют современной технологической концепции создания систем централизованного теплоснабжения 4-го поколения (4GDH systems). Обозначенная научно-техническая проблема проекта решается с помощью разрабатываемого научно-методического обеспечения для совместного решения основных и вспомогательных задач анализа и синтеза надежности функционирования централизованно-распределенных ТСС с учетом их логической взаимосвязи и методологической совместимости, предполагающего совместное исследование всех технологических этапов производства и распределения тепловой энергии. В сочетании с применением новых технологических решений, учетом условий, структуры и принципов функционирования централизованно-распределенных ТСС, а также повышенных требований к надежности и качеству надежности теплоснабжения потребителей, это обеспечит наиболее эффективные решения по оптимизации и обеспечению надежности функционирования и развития исследуемых

систем. Новизна проекта заключается, в первую очередь, в комплексности проводимых исследований, которая достигается, с одной стороны, системным подходом к моделированию случайных процессов функционирования исследуемых ТСС при совместном рассмотрении всех технологических этапов производства и распределения тепловой энергии и, соответственно, различных аварийных состояний на источниках тепла и в тепловых сетях, а с другой стороны, высокой степенью интеграции различных аспектов надежности теплоснабжения (безотказность, готовность, ремонтпригодность, резервирование всех типов и уровней, включая адаптивные свойства активного потребителя и др.) в рамках единой методологии анализа и синтеза надежности централизованно-распределенных ТСС. Другой значимый аспект научной новизны заключается в том, что на основе разработанных в ходе выполнения проекта методов и моделей, а также результатов практических расчетов, будут получены новые знания о свойствах надежности централизованно-распределенных ТСС, закономерностях функционирования этих систем, сформированы новые научно-методические направления исследований в этой области. При решении поставленных в рамках проекта задач будут применяться различные методы и подходы: общие подходы системного анализа, методические положения системных исследований в энергетике, оптимизационные модели на основе методов линейного и нелинейного программирования, математические модели и закономерности общей теории надежности технических систем, теории вероятностей и случайных процессов (в частности, марковских случайных процессов), методы теории гидравлических цепей (ТГЦ), метод статистических испытаний, имитационное моделирование, методы двухуровневого программирования, фундаментальные закономерности теплофикации и процессов теплопередачи и другие методы. Апробация разработанного методического обеспечения осуществляется как на тестовых, так и действующих схемах ТСС. Будут проведены практические исследования по преобразованию действующих (реальных) расчетных схем ТСС к централизованно-распределенным системам с использованием разработанного методического обеспечения и анализ полученных результатов и возможных энергетических и экономических эффектов. В итоге должны быть разработаны практические рекомендации по оптимальному преобразованию действующих (реальных) ТСС в централизованно-распределенные системы с активными потребителями для повышения их энергетической и экономической эффективности, надежности и безопасности теплоснабжения потребителей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122030100393-8

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО АДОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОГО, БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ГАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы – создания нанопористого углеродного сорбента, обеспечивающего концентрирование молекул природного газа (метана) в порах с высокой плотностью, с целью повышения удельного объема газа в системе хранения,

что позволит обеспечить переход от существующих видов энергоресурсов к инновационным топливам будущего и получить уникальные возможности развития целой области альтернативной энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2022

№ 122022100136-6

РАЗРАБОТАТЬ ИННОВАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И СЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Сельскохозяйственное производство является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в объеме 60 млн т у.т. в год, в т.ч. электроэнергии около 65 млрд кВтч. Анализируя состояние энергообеспечения АПК следует отметить, что по основным показателям мы уступаем передовым странам: энергоёмкость сельхозпроизводства в 2...2,5 раза больше, надёжность и качество энергоснабжения ниже (число и продолжительность отключений на порядок больше), потери энергии почти в 2 раза больше, коэффициент полезного использования топлива КПИ – в пределах 40%, а за рубежом 50% и выше. Доля энергозатрат в себестоимости основных видов продукции также достигает значительных величин порядка 25...28%. Разработка новых энергоэффективных электрических системообразующих децентрализованных технических средств теплообеспечения объектов АПК, в том числе с применением аккумуляции и утилизации теплоты, тепловых труб, комбинированных и термоэлектрических установок, позволит снизить энергозатраты до 30 % по сравнению с традиционным тепловым оборудованием. Сельские электрические сети характеризуются большой протяженностью и разветвленностью, низкой надёжностью, недостаточной оснащённостью средствами мониторинга и управления конфигурацией. Общая протяженность линий 0,4 кВ – около 900 тыс. км, при этом потери электроэнергии в них часто превышают 15...20%. Концепция построения интеллектуальных сельских электрических сетей 0,4 кВ с применением средств секционирования и резервирования, в том числе мультиконтактных коммутационных систем, цифровых трансформаторных подстанций и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), новых средств обеспечения наблюдаемости и управляемости сетей, повышения их защищённости и надёжности позволяет сократить потери электроэнергии в сельских электрических сетях, повысить надёжность электроснабжения сельских потребителей. Основной тенденцией развития энергообеспечения в настоящее время является строительство объектов малой (распределённой) генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Разработка и создание теплофотоэлектрических (ТФЭ) модулей является одним из важнейших направлений развития солнечной энергетики в мире. Это обусловлено повышением эффективности преобразования СЭ путем получения электрической и тепловой энергии в одном устройстве. Новым направлением является разработка и исследование мобильных транспортных средств с электроприводом в сочетании с газотурбинным электрогенератором. Инновационные кинематические схемы трансмиссий позволяют значительно улучшить условия труда, повысить безопасность, надёжность и экономическую эффективность. Важным является исследование режима параллельной работы разрабатываемых генерирующих (в т.ч. ВИЭ) и электронно-преобразующих силовых установок как с централизованной сетью, так и в составе микросети. Несмотря на многолетнее применение биогазовых установок зачастую они имеют низкую эффективность работы, что не позволяет в необходимой степени управлять их работой. Это приводит к неоправданному завышению строительным объёмов, увеличению эксплуатационных затрат и соответственно стоимости 1 м3 получаемого биогаза. Это выдвигает задачи по разработке наиболее эффективных технологических схем биогазовых установок, состава их оборудования, созданию новых конструкций и расчета их параметров, повышению надёжности их работы, снижения стоимости и сроков строительства. Одним из вариантов экологически безопасного решения возникающих проблем является разработка и

внедрение интенсивное производство сельскохозяйственной продукции электротехнологий с использованием цифровых систем управления. Для этого необходимо разрабатывать соответствующее оборудование, определять параметры и режимы его работы. Производительность СВЧ-конвективных установок, используемых для сушки, обеззараживания и предпосевной обработки зерна, качество обработки зерна и семян зависят от равномерности воздействия на них микроволнового поля в установке. Эта равномерность может быть обеспечена конструкцией СВЧ-конвективной зоны, мощностью используемых магнетронов и схемой движения зерна в зоне его обработки. Электрогидравлический эффект применяется в различных областях промышленности и сельского хозяйства. Однако в использовании этой технологии для обеззараживания и приготовления питающих растворов для огородов и защищённого грунта имеется целый комплекс неисследованных моментов: параметры и режимы работы установок для обеззараживания растворов; параметры и режимы работы для приготовления растворов с использованием почв, торфа, растительных смесей. Поэтому изготовление и испытание электрогидравлической установки, реализующей данные задачи, является актуальным и представляет практический интерес. Одним из перспективных веществ в качестве аккумулятора теплоты является вода. Она обладает весьма высоким значением удельной теплоты фазовых переходов вода-лед. Удельная теплота плавления льда составляет 335 кДж/кг. Это свойство воды обуславливает перспективу широкого ее применения в качестве аккумулятора «холода» и теплоты для последующего практического использования. Таким образом, задачами исследований являются: - обоснование режимов работы, параметров, разработка и проведение исследований экспериментальных образцов децентрализованного энергосберегающего электротеплового оборудования, цифровых способов и средств обеспечения наблюдаемости и управляемости, гибкости конфигурации сельских электрических сетей, методы повышения эксплуатационной надёжности электрооборудования; - проведение компьютерного моделирования и разработка технологических процессов, оборудования с использованием электрофизических воздействий на сельскохозяйственные объекты и теплоносителя системы энергообеспечения, определение их параметров и режимов работы, проведение исследований лабораторных образцов технических средств; - изготовление и проведение исследований экспериментального мобильного транспортного средства с электроприводом и резервным газотурбинным генератором; - проведение испытаний и исследований микрогазотурбинных электрогенераторов с электронно-преобразующими устройствами и генераторами на возобновляемых источниках энергии, работающими с моделью микросети, а также параллельно с централизованной сетью; - определение параметров, режимов работы, изготовление экспериментальных образцов, обработка результатов испытаний систем для биоконверсии органического вещества отходов АПК, водообеспечения, энергообеспечения сельских потребителей с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии, с разработкой цифровых систем управления, в том числе с модульным комплексом энерго- и водообеспечения на основе ВИЭ; - разработка общих подходов оценки совместимости требований к фотоэлектрическому оборудованию и конструкциям зданий сельской инфраструктуры, в которые оно может быть интегрировано. Предполагаемые результаты: параметры, режимы работы, функционально-технологические схемы и результаты

исследования экспериментальных образцов энергосберегающего электротеплового оборудования, цифровых способов и средств обеспечения наблюдаемости и управляемости, гибкости конфигурации сельских электрических сетей, в т.ч. содержащие ВИЭ и средства распределенной генерации, методы повышения эксплуатационной надежности электрооборудования. Результаты компьютерного моделирования технологических процессов и оборудования, экспериментальные лабораторные установки и оборудование с использованием электрофизических воздействий на сельскохозяйственные объекты и теплоноситель систем энергообеспечения. Результаты определения их параметров и режимов работы. Параметры, режимы работы экспериментальных образцов. Результаты научных исследований и технические характеристики экспериментальных топливных и на базе ВИЭ электрогенераторов с преобразующими устройствами в микросети. Результаты испытаний экспериментального образца мобильного транспортного средства с электроприводом. Результаты испытаний систем для

био конверсии органического вещества отходов АПК, систем водообеспечения и энергообеспечения сельских потребителей с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии с цифровыми системами управления, в том числе с модульным комплексом энерго – и водообеспечения на основе ВИЭ. Общие подходы оценки совместимости требований к фотоэлектрическому оборудованию и конструкциям зданий сельской инфраструктуры, в которые оно может быть интегрировано. Возможная практическая значимость: разработка и внедрение инновационных методов, электротехнологий, электрооборудования и децентрализованных систем энергообеспечения, в том числе с возобновляемыми и альтернативными источниками энергии для сельскохозяйственного производства и сельской инфраструктуры обеспечит снижение энергоемкости производства сельхозпродукции до 30%, а следовательно, и ее себестоимости, позволит биологическим объектам реализовать свой генетический потенциал, что приведет к росту продуктивности сельхозпроизводства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ»

№ 122041400105-0

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Необходимость перехода мировой энергетики на возобновляемые источники обусловлена как требованиями экологии, так и скорым исчерпанием традиционных источников энергии – нефти и газа. Углеводородное сырье служит базой материального обеспечения общества как основной источник энергии и ряда современных материалов. Запасы природной нефти и газа ограничены, за последние 20 лет резко возрос интерес к созданию источников альтернативной энергии на базе возобновляемого сырья (отходы сельского хозяйства и др.). В настоящее время разрабатываются новые подходы для получения биометана, биоэтанола, биобутанола и биоацетона в качестве основы автомобильного топлива. В мировой практике развиваются технологии многоступенчатой переработки биомассы из животного и растительного сырья для получения необходимых полимеров или экономически значимых веществ с использованием бактериальных штаммов или пиролиза. В качестве альтернативных источников энергии рассматривают также ветряные электростанции, солнечные батареи, аккумуляторы энергии для длительного хранения. На сегодняшний момент мощность годового производства солнечных элементов составляет более 100 ГВт при стоимости около 50 млрд долларов, а суммарные объемы установленных в мире солнечных панелей приближается к 500 ГВт. На данный момент времени себестоимость СЭ пока не позволяет солнечной энергетике конкурировать с традиционной, что делает актуальным дальнейшие исследования в этом направлении. В ИБХФ РАН совместно с Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова

разрабатывается ряд направлений: разработка новых типов солнечных элементов для солнечных батарей; получение биометана, биоэтанола, биобутанола и биоацетона; получение биодизеля как альтернативного биотоплива; разработка суперконденсаторов нового типа. Основной целью исследований данной темы является разработка фундаментальных основ и практического применения новых эффективных природосберегающих технологий комплексного освоения и добычи минерального углеводородного сырья и получения альтернативных источников энергии – биотоплива, новых типов солнечных элементов и электрохимических суперконденсаторов. Будут получены следующие научные результаты: - будет проведено исследование процесса иммобилизации клостридиальных клеток в криогелях различного состава и плотности, изучение динамики образования бутанола, ацетона, органических кислот; - будет изучена динамика образования альтернативных топлив от внешних условий и концентрации компонентов с разработкой оптимального режима проведения процесса и практическими рекомендациями; -будет проведена разработка научно-обоснованных подходов к утилизации отходов производства альтернативных видов топлива с целью решения вопросов энергосбережения; - будут разработаны методы получения биотоплив с улучшенными техническими характеристиками; - будут созданы прототипы новых типов солнечных элементов с исследованием их технических характеристик; - будут созданы научные основы разработки новых электрохимических накопителей энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ БИОХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.М. ЭМАНУЭЛЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122080300037-4

РАЗРАБОТКА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Создание интеллектуальных сетей электроснабжения, содержащих в себе нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, является насущным вопросом для всех стран мира, Россия в этом не является исключением. В перечне критических технологий Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. N 899) пунктом 26 значатся «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии». В отличие от традиционных систем электроснабжения, где не поддерживается качество электроэнергии, интеллектуальные сети электроснабжения

поддерживают двустороннее преобразование энергии с высоким качеством между различными типами терминалов по технологии plug-and-play для обеспечения идеального соединения между электрическими системами и потребителями, что также позволяет точно устанавливать локальные источники электроэнергии для разгрузки сети и улучшения её функционирования. Замена классических сетей на интеллектуальные сети электроснабжения на базе твердотельных трансформаторов позволит повысить функциональность работы нетрадиционных и возобновляемых источников электроэнергии по следующим направлениям: -

интеграция нетрадиционных и возобновляемых источников электроэнергии различной мощности, такие как солнечные панели, ветрогенераторы, дизель-генераторные установки, аккумуляторные батареи, топливные элементы и другие; - повышение качества электроэнергии; - повышение надежности электроснабжения; - согласование сетей постоянного и переменного тока. Новизной является сама технология твердотельного трансформатора, расположенная на стыке силовой полупроводниковой техники, электротехники и автоматизации. Твердотельный трансформатор представляет собой преобразователь переменного тока, собранный на базе полупроводниковой техники. В России разработка подобного устройства не ведется. Некоторые преимущества твердотельного трансформатора по сравнению с традиционным низкочастотным трансформатором включают

в себя: высокое качество электроэнергии, высокую надежность электроснабжения, малые массогабаритные показатели, высокую мобильность установки, компенсацию реактивной мощности, регулирование напряжения, регулирование двунаправленного потока мощности, высокую гибкость в распределении электроэнергии, компенсацию падения напряжения, ограничение тока повреждения и гальваническую развязку. Благодаря перечисленным преимуществам, интеллектуальные сети электроснабжения на базе твердотельных трансформаторов повысят функциональность работы, тем самым уменьшатся затраты на переход к распределительным сетям нового поколения, снизятся потери при передаче электроэнергии, повысится надежность и качество электроэнергии для конечных потребителей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122080100063-5

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ВЫСОКОЙ ДОЛЕЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ОТБОРОМ И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ЗНАЧИМЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В настоящее время в мире наблюдается трансформация энергетической отрасли в сторону увеличения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) при условии обеспечения устойчивого развития экономики, энергетики и экологии в долгосрочной перспективе. Создание и функционирование электроэнергетических систем с высокой долей возобновляемых источников энергии затруднено из-за стохастического, сложно предсказуемого характера генерации возобновляемых источников энергии, что увеличивает уровень неопределенности в процессах изменения параметров и условиях функционирования энергосистем,

затрудняет управление ими. Проект направлен на решение проблемы низкой эффективности прогнозирования генерации и реализацию возможности адаптивного управления такой системой с помощью методов прогнозирования временных рядов с интеллектуальным отбором и восстановлением значимых исходных данных, а также оптимального управления системами накопления энергии. Снижение неопределенности генерации электроэнергии на базе ВИЭ актуальной задачей, ее решение позволит повысить технико-экономическую эффективность электроэнергетических систем с высокой долей ВИЭ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122031400715-2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ БИОМАССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО И РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ МЕТОДОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Цель научного исследования: Экспериментальные исследования процесса двухстадийной пиролизической конверсии твердых органических отходов с целью усовершенствования технологии за счет использования регенеративного подогрева реактора крекинга, а также за счет ведения процесса при избыточном давлении. Разработка энергоэффективной технологии термической конверсии биомассы с использованием тепла экзотермических реакций. Экспериментальные исследования процесса термохимической конверсии различных видов природных и синтетических полимеров в обоснование промышленной технологии. Проведение фундаментальных и прикладных исследований процессов конверсии продуктов газификации биомассы в ценные химические продукты. Создание промышленной технологии. Анализ комплексных природных водно-энергетических и углеводородных распределенных

ресурсов, а также биохозяйственных и вторичных производственных ресурсов обособленных территорий с замкнутым социально-хозяйственным циклом (геотерий) с целью их энергетического использования. Классификация энергетической инфраструктуры геотерий с различными источниками и накопителями энергии. Анализ путей устойчивого развития Арктических территорий и эффективного освоения энергетических ресурсов в районах Арктической зоны РФ. Природоподобные, в том числе безотходные энергетические технологии и их роль в повышении энергоэффективности развития территорий. «Умные» саморазвивающиеся энергетические «оазисы» обособленных территорий с замкнутым социально-хозяйственным циклом (геотерий). Энергетическая инфраструктура на базе ВИЭ в районах постоянного проживания населения на территории Арктической зоны РФ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122031400723-7

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ В СЕБЯ УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОЙ, ВЕТРОВОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, А ТАКЖЕ СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Разработка методологических основ проектирования гибридных электроэнергетических комплексов, предназначенных для обеспечения бесперебойного электропитания потребителей переменного и постоянного тока с учетом климатических условий и особенностей потребителей

и имеющих в своем составе в различных комбинациях возобновляемые источники энергии, накопители энергии, водородные энергоустановки, тепловые машины. Разработка и апробация методик расчетного обоснования оптимального состава таких систем, работающих как автономно, так и при

наличии связи с локальной/централизованной электрической сетью. Разработка систем автоматического управления и

набора алгоритмов для ведения требуемых режимов работы гибридных энергокомплексов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111000088-0

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАРУШЕНИЙ И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ (МИКРОГРИД) НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В ходе выполнения НИОКР определяются и систематизируются специфические особенности и свойства распределительных электрических сетей 10 кВ и ниже с ВИЭ и накопителями электроэнергии (далее – Микрогрид), разрабатываются технические и функциональные требования к Микрогрид и ее отдельным элементам для автоматизации и управления режимами электроснабжения, разрабатываются способы и методы онлайн-анализа нарушений и децентрализованного управления Микрогрид на основе применения технологий искусственного интеллекта, разрабатывается оптимальная архитектура и

прототип децентрализованной ситуационно-аналитической и информационно-управляющей платформы для автоматизации и управления режимами работы Микрогрид с применением технологий искусственного интеллекта. По результатам выполнения НИОКР проводятся испытания и подтверждается работоспособность разработанных технологий в составе прототипа децентрализованной ситуационно-аналитической и информационно-управляющей платформы для автоматизации и управления режимами работы Микрогрид.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122031400667-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ДИЗАЙНА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ Zr-Al для процесса получения ацетальдегида из возобновляемого сырья

Проект направлен на решение актуальной проблемы создания новых катализаторов дегидрирования алканолов, в частности, этанола. Биоэтанол, полученный путем ферментации биомассы отходов сельскохозяйственных и деревообрабатывающих предприятий, является перспективным возобновляемым источником энергии. Процесс неокислительного дегидрирования этанола обеспечивает перспективный способ получения ацетальдегида и водорода из возобновляемых ресурсов. Эффективность использование смешанных оксидов в качестве носителя определяется тем, что совмещает в себе термическую и фазовую стабильность твердого раствора циркония и хорошие текстурные свойства оксида

алюминия. Даже небольшие внедрения оксида алюминия в состав исходной матрицы оксида циркония создает синергетический эффект и как следствие высокие показатели каталитической активности. В ходе проекта будут разработаны оптимизированные методики синтеза смешанных оксидных композиций с нанесенной активной фазой, их дизайну в зависимости от прикладных задач. Таким образом, настоящий проект позволит комплексно изучить процесс направленного формирования кислотных или основных центров нанесенных оксидных систем в зависимости от различных факторов, что является важной фундаментальной задачей на стыке областей – материаловедения, инженерных наук и органического гетерогенного катализа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

№ 122110700005-3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В МУЛЬТИЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МИКРОСЕТЯХ

Концепция интеллектуальных мультиэнергетических микросетей основана на разработке и внедрении кибер-физических систем с использованием эффективных математических моделей, телекоммуникационных технологий и информационного управления, позволяющих эффективно генерировать, хранить, распределять и доставлять потребителю энергию из источников как традиционной, так и возобновляемой генерации. Данный проект направлен на систематизацию и получение новых научных знаний в области численного моделирования и управления киберфизическими системами в мульти- энергетических микросетях, в том числе на основе малых энергоблоков на основе термохимического преобразования низкоэнергетического сырья, возобновляемых источников энергии на базе ветрогенераторов и солнечных панелей. Интегральные динамические модели и эффективные прогнозные модели и методы, основанные на рекурсивных сетях глубокого обучения, позволят реализовать концепцию цифрового двойника для управления многоэлементным гибридной установкой с накопителями энергии на основе аккумуляторов и суперконденсаторов. Благодаря информационной взаимосвязи оборудования «источник-аккумулятор-нагрузка» на уровне микросети через проводные/беспроводные сети связи, мультиэнергетическая микросеть постепенно

трансформируется в сильно связанную кибер-физическую систему к которой традиционные методы работы и управления сложно применить. Российская команда (координатор проекта) сосредоточится на проведении теоретических исследований и разработке новых математических моделей. Команда из Индии внесет свой вклад благодаря обширным знаниям в области моделирования преобразователей и команда разработчиков из Китая внесет свой вклад в автоматизацию, включая исследования ситуационной осведомленности в информационно-телекоммуникационных сетях энергетических объектов. В рамках сотрудничества исследователей Китая, России и Индии в области мультиэнергетических микросетей, в проекте реализуется четыре аспекта: механизм сопряженного взаимодействия потока информации и энергии, математическое моделирование, ситуационная осведомленность и совместное управление в мультиэнергетической микросети. Будут решены следующие задачи: динамическое моделирование киберфизической системы мультиэнергетической микросети, ситуационная осведомленность об управляемых данными (временными рядами) мультиэнергетическими микросетями, а также распределенное совместное управление гибкими управляемыми ресурсами мультиэнергетической микросети. Благодаря исследованиям проекта будут разработаны такие

оригинальные инновации, как механизм и архитектура взаимодействия информационно/энергетических потоков, методы ситуационной осведомленности, совместное управление распределенным накопителем энергии и гибкая регулировка частоты-напряжения. Это повысит уровень ситуационной осведомленности, уровень эффективности мультиэнергетического взаимодействия и обеспечит

динамическую устойчивость мультиэнергетической микросети. Проект позволит реализовать самобаланс и безопасную работу мультиэнергетической микросети, а также улучшит экономические преимущества киберфизической системы в многоэнергетических микросетях и повысит эффективность энергопотребления.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062800014-6

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В СИНТЕЗ-ГАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ежегодно глобальный спрос на электроэнергию возрастает в большинстве областей ее применения. Устойчивое развитие энергетики остается одной из важных проблем для человечества из-за ограниченного количества ископаемых энергоресурсов и, что более важно, из-за выбросов CO₂ при эксплуатации обычных энергетических систем, что способствует климатическим изменениям и глобальному потеплению. Для перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике разрабатываются альтернативные системы преобразования энергии. Перспективным вариантом для получения электроэнергии являются энергоустановки на основе топливных элементов, которые по своим техническим и эксплуатационным характеристикам превосходят эксплуатирующиеся в настоящее время коммерчески доступные энергоустановки киловаттного класса. Одной из основных проблем, сдерживающих внедрение энергоустановок на основе топливных элементов в повседневную жизнь, пока остается их стоимость и доступность используемого топлива. Таким образом, для начального, «переходного» периода существует большая потребность и значительный потенциал для технической и научной разработки эффективных систем преобразования энергии, работающих на привычном для потребителей дизельном топливе, инфраструктура которого широко развита во всех областях нашей страны. Эта задача может быть решена путем включения в состав энергоустановки дополнительного устройства – топливного процессора, позволяющего конвертировать дизельное топливо в пригодный для питания топливных элементов водородсодержащий газ. Во многих странах активно ведется разработка электрохимических генераторов малой мощности (1–5 кВт), работающих на дизельном топливе. Такое устройство состоит из топливного процессора, предназначенного для конверсии топлива в водородсодержащий газ, и топливного элемента. Достоинством технологии получения электроэнергии из дизельного топлива в электро-химических генераторах на основе топливных элементов является высокий КПД — от 35% до 65%, что вкратно превышает КПД дизельных генераторов малой мощности. Также к преимуществам относится экологическая безопасность, бесшумность работы, отсутствие движущихся частей, из-за чего установки не требуют обслуживания в течение долгого времени. Помимо применения в бытовых целях, подобные электрохимические генераторы могут быть использованы на борту грузовых транспортных средств в качестве вспомогательной энергоустановки. Такая технология позволит существенно экономить топливо, снизить выбросы в атмосферу и продлить срок службы ДВС. Устройство может получить широкое применение в отдаленных регионах нашей страны и в структурах Министерства обороны РФ. На рынке до сих пор отсутствует коммерчески доступный продукт — катализатор конверсии коммерческого дизельного топлива и, соответственно, топливный процессор, который бы позволял получать водородсодержащий газ для питания топливных элементов. Большинство научных исследований ограничивается проведением экспериментов в лабораторном формате. Трудности связаны с многокомпонентностью

моторного топлива, а также наличием в нем каталитического яда – серы. Коммерческий дизель содержит в своем составе ди- и поли-ароматические соединения, конверсия которых вызывает наибольшие затруднения. Неполная конверсия топлива сопровождается зауглероживанием катализатора, что приводит к его дезактивации. Деградационные процессы также возникают из-за спекания активного компонента в условиях довольно высоких температур (750–1000 °C). Все эти факторы приводят к затруднениям в создании эффективного катализатора и, соответственно, топливного процессора. Решение данной научно-технической проблемы будет революционным, ускорив переход к экологически чистой, ресурсосберегающей распределенной энергетике, к возобновляемым источникам энергии и водородной энергетике. Успешное решение задачи получения водородсодержащего газа из дизеля автоматически открывает возможность по переводу энергоустановок для работы на возобновляемом природном сырье – биодизеле. На сегодняшний день коллективом исполнителей проекта был разработан высокоэффективный композитный катализатор типа «наночастицы активного металла (Rh)/ наночастицы активного оксида (смешанные оксиды церия)/ структурный оксидный компонент (оксид алюминия)/ структурированная металлическая подложка (сетка из сплава FeCrAl)». Катализатор демонстрировал стабильную работу на протяжении 200 часов в условиях паровоздушной конверсии коммерческого дизельного топлива. В результате выполненной работы было показано, что приготовленный каталитический блок является стабильным и регенерируемым в условиях риформинга углеводородов, нарушений морфологии и деградации микроструктуры не наблюдалось ни в лобовой части, ни на выходе из блочного катализатора. Следующим этапом является разработка топливного процессора для конверсии дизельного топлива в синтез-газ. Научная новизна проекта определяется комплексным подходом к решению сложной и актуальной проблемы каталитической окислительной конверсии многокомпонентных смесей жидких углеводородов дизельной фракции, разработкой активного и стабильного катализатора и, в конечном итоге, создания топливного процессора для высокоэффективных транспортных и стационарных энергоустановок на основе топливных элементов. В условиях паровоздушной конверсии дизеля большое значение имеет разработка системы подачи и смешения реагентов для минимизации некаталитических гомогенных реакций, которые приводят к сажеобразованию. В ходе паровоздушной конверсии должна обеспечиваться высокая теплопроводность для передачи тепла из лобовой зоны (зоны с высокой экзотермичностью реакции, где преимущественно протекают процессы полного окисления), в хвостовую зону (зону с высоким эндотермическим эффектом, где идут процессы паро- и углекислотной конверсии углеводородов). Большинство исследований показывают, что недостаток тепла в хвостовой зоне катализатора играет ключевую роль в снижении конверсии топлива, поэтому эффективность риформинга во многом будет зависеть не только от катализатора, но и от конструктивных особенностей топливного процессора, разработка которого

планируется в этой работе. В ходе проекта будут определены переходные режимы работы катализатора, а также способы его кратковременной регенерации для поддержания стабильной активности на длительном пробеге. Созданный новый катализатор и топливный процессор конверсии дизельного топлива позволят расширить область применения

и круг потенциальных потребителей энергоустановок на основе топливных элементов, закладывая для их разработчиков и производителей все предпосылки по снижению себестоимости, производству коммерчески приемлемого и конкурентоспособного продукта и ускорению его выхода на рынок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122080900045-3

ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА, КОМПРИМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА

Проблемы ресурсосбережения и повышения эффективности, а также защиты окружающей среды в энергетике и связанных с ней отраслях (в первую очередь – промышленности и транспорта) являются особо актуальными для успешного развития экономики Российской Федерации и обеспечения комфорта жизни ее граждан. Использование водорода как универсального энергоносителя является наиболее перспективным путем комплексного решения данных проблем, независимо от приоритета первичных энергоисточников (углеводороды, атомная энергия, возобновляемые источники включая гидроресурсы, солнце, ветер и т.п.). Особенно актуальным является разработка автономных систем электроснабжения для удаленных и труднодоступных регионов на основе возобновляемых источников энергии и накопления энергии

с использованием водорода. Комплексное решение проблем создания экологически чистых водородных энерготехнологических систем, обеспечивающих высокую эффективность использования (и тем самым сбережения) первичной энергии, требует проведение фундаментальных и прикладных исследований, а также разработку научно-технических основ создания систем выделения, очистки, компримирования и хранения водорода, с привлечением достижений фундаментальных (химия, материаловедение, физика), и прикладных (технологии химии и металлургии, нанотехнологии, компьютерное моделирование) наук, а также инженерных знаний в энергетике, химическом машиностроении, электронике высоких мощностей, приборостроении и т.п.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122070800006-6

РАЗРАБОТКА МАКЕТОВ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Согласно Энергетической стратегии развития Российской Федерации (РФ) на период до 2035 года [1], одним из приоритетных направлений является увеличение доли возобновляемых источников энергии в мировом и национальном топливно-энергетических балансах. Особенная роль в этом отводится водородным энергетическим технологиям, основной задачей которых является использование водорода и энергетических смесей на его основе в качестве накопителей и преобразователей энергии для повышения эффективности систем энергоснабжения различного назначения. Распоряжением правительства РФ [2] также утверждена дорожная карта по развитию водородной энергетики в РФ до 2024 года, направлена на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя. Перспективным источником энергии являются топливные элементы, использующие водород в качестве топлива и кислород в качестве окислителя [3]. Процесс производства электроэнергии в топливном элементе проходит в одну стадию без промежуточных преобразований химической энергии в тепловую, тепловой — в механическую, а затем уже в электрическую [4]. Это делает системы энергоснабжения на основе топливных элементов значительно более эффективными по сравнению с традиционными источниками энергии. К тому же топливные элементы, использующие водород в качестве топлива, обеспечивают нулевую эмиссию CO₂, так как единственным продуктом электрохимических реакций между молекулами водорода и кислорода является вода. В настоящее время наибольшее распространение твердотопливные топливные элементы (ТТЭ). В 2018 г. было реализовано более 74 тыс. шт. систем энергоснабжения на основе топливных элементов суммарной мощностью 803 МВт, из них более 56% (42 тыс. шт.) были энергоустановками с ТТЭ, общей мощностью 589 МВт. 2019 год стал знаменательным для мировой индустрии топливных элементов – объем совокупной мощности в данном сегменте энергетики достиг 1,1 ГВт, увеличившись на 40% по сравнению с 2018 г. В количественном выражении, показатель достиг данной отметки путем реализации более чем 70 тыс. систем

энергоснабжения [5]. Структурный состав продаж показывает, что наибольшая доля поставок пришлась на ТТЭ и составила порядка 44 тыс. шт. с мощностью более чем 900 МВт. Приведенные данные отражают существующую потребность в эффективных экологически чистых установках на основе топливных элементов различного мощностного диапазона. По оценкам Института энергетических исследований РАН ёмкость Российского рынка только стационарных установок до 2035 г. может составить 55 тыс. ГВт электроэнергии [6]. Эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую в ТТЭ зависит от многих факторов, в том числе от электропроводности между единичными ячейками ТТЭ, равномерности распределения топлива и окислителя, отвода тепла от ячейки, механической прочности конструкции стека ТТЭ. За выполнение всех указанных функций в ТТЭ отвечает биполярная пластина (БП) [7]. К тому же БП составляет до 80% веса ТТЭ и около 30% его стоимости. Требования к материалу и конструкции биполярных пластин очень высоки и должны учитывать электро- и теплопроводность, газопроницаемость, коррозионную стойкость, механическую прочность. В настоящее время в РФ производство любых БП для ТТЭ отсутствует, что в том числе определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Биполярные пластины (БП) во многом определяют эффективность работы топливного элемента с протонообменной мембраной (ТТЭ) и на 30% его стоимость. В настоящее время в РФ производство любых БП для ТТЭ отсутствует, что определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Термопластичные или терморезистивные композиты имеют ряд преимуществ перед металлическими и графитовыми материалами в отношении коррозионной стойкости, гибкости, веса и экономической целесообразности производства БП. Настоящий проект предусматривает создание макетов композитных БП, на основе композита разработанного состава для ТТЭ с открытым катодом мощностью не менее

0,1 кВт и не менее 0,5 кВт.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122042500047-9

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ИХ ДОСТИЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

В данной работе рассматривается задача об организации оптимального управления системами электрической генерации в условиях быстроизменяющихся входных параметров в широком диапазоне со случайным характером изменения. В качестве объекта исследования рассматривается одна из «ячеек» системы электроснабжения объекта, построенной по принципу micro Grid с промежуточной шиной постоянного тока. Рассматриваемая «ячейка» представляет из себя генерирующий комплекс с использованием многофункциональных синхронных генераторов собственной разработки, которые отличаются высокой степенью эффективности, полупроводникового преобразовательного комплекса и системы накопления электроэнергии. В качестве входных параметров генерирующего комплекса могут

рассматриваться как возобновляемые источники энергии, так и традиционные, но в связи с тем, что наиболее сложным с точки зрения управления системой электрической генерации и современными тенденциями в области электроэнергетики и сохранения окружающей среды предпочтение отдается возобновляемым источникам энергии. На основе всего выше сказанного можно сделать вывод, что данная работа направлена на изучение не только одной установившейся рабочей точки, но также на переходы из одной установившейся точки в другую установившуюся точку работы с целью обеспечения надежного и качественного электроснабжения и избегания неустойчивых зон работы генерирующего комплекса, которые могут привести к аварийным или неблагоприятным режимам работы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122072800055-8

РАЗРАБОТКА СТРУКТУР И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЧАСТОТЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ

В настоящее время во всём мире в связи с растущим потреблением электрической энергии происходит наращивание генерирующих мощностей, преимущественно за счет возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в том числе наиболее активно внедряемых в последние годы солнечных электростанций (СЭС). При этом происходит не только значительное усложнение структуры и топологии электроэнергетических систем (ЭЭС), но также снижение её устойчивости. Это связано прежде всего с малой инерционностью и нестабильностью вырабатываемой СЭС мощности вследствие непостоянства погодных условий, что в совокупности может приводить к значительным колебаниям частоты напряжения как в нормальных, так и в аварийных режимах. Ситуацию еще более усугубляет неоднородность и непостоянство величины инерции ЭЭС сложной структуры с большой долей СЭС. В итоге проблема обеспечения устойчивой работы ЭЭС, особенно по частоте, становится более сложной и важной, требующей комплексного решения

в условиях широкомасштабного внедрения ВИЭ, особенно СЭС. Перспективным направлением является использование систем автоматического управления фотоэлектрическими установками СЭС для обеспечения устойчивости по частоте современных энергообъединений, особенно в аварийных режимах. Однако для надёжного и эффективного решения обозначенной проблемы необходимо разработать адаптивную систему автоматического управления фотоэлектрическими установками крупных СЭС, обеспечивающую сохранение и повышение устойчивости по частоте современных ЭЭС. Данная задача является целью проекта. Научная новизна предлагаемого решения заключается в разработке новых подходов и схемно-алгоритмических решений для систем управления фотоэлектрических установок крупных СЭС, обеспечивающих необходимый регуляторный и инерционный отклик для осуществления регулирования частоты в ЭЭС в условиях неоднородной инерции в сети и в условиях переменных внешних климатических условий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081700049-0

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Главной целью предлагаемого проекта является создание новых стратегий и инструментов для максимизации доли чистой энергии в электрических сетях России и Индии. Проект соответствует глобальным целям достижения нулевых выбросов углекислого газа. Консорциум, сформированный из Российских (Сколтех) и Индийских (признанные Индийские технологические институты (ИТИ) во главе с ИТИ Канпур) исследователей, ставит следующие цели проекта: (а) Оценка энергосистемы Индии и России на предмет их плотности (grid strength) и максимально допустимой мощности возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которую можно внедрить в эти сети (hosting capacity); (б) Разработка эталонных моделей для изучения систем с различной долей ВИЭ; (в) Разработка передовых методов мониторинга для энергосистем с ВИЭ; (д) Анализ проблем устойчивости

систем с высокой долей ВИЭ; (е) Разработка технологий для повышения гибкости энергосистем с помощью передовых алгоритмов управления и защиты. Вышеуказанные цели были сформулированы в результате детальной оценки значимости различных стратегически важных направлений исследований в области возобновляемой энергетики. Наша цель состоит в том, чтобы попытаться решить, возможно, наиболее сложные задачи, связанные с увеличением доли ВИЭ в современных электрических сетях, а также применить современные технологии и современные научные методы для разработки методов планирования, мониторинга, защиты и управления, необходимых для следующего поколения систем управления генерацией/распределением электрической энергии (Energy Management Systems/Distribution Management Systems - EMS / DMS).

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122112200009-0

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Цель работы - создание интеллектуальных электротехнических комплексов и систем, обеспечивающих заданное качество электроэнергии и алгоритмы эффективного управления потоками энергии в условиях изменения режимов генерации электроэнергии и параметров нагрузки в статических и динамических режимах. Содержание работы: поиск путей снижения расхода органического топлива дизельными и газотурбинными агрегатами при изменении параметров нагрузки в широком диапазоне; повышение эффективности преобразования энергии ветра, солнца и теплоносителей в электроэнергию, в частности, за счет обеспечения работы возобновляемых источников энергии в режиме выдачи максимальной мощности в широком диапазоне климатических условий; разработка алгоритмов эффективного управления потоками энергии источников различной природы в условиях изменения частоты вращения

валов двигателей, использующих органическое топливо, скорости ветра, солнечной инсоляции и параметров нагрузки автономной системы электроснабжения; согласование режимов работы электрогенерирующего и электропотребляющего оборудования; повышение эффективности использования электроэнергии за счет совершенствования электропотребляющего оборудования, оптимизации режимов его работы; обеспечение электромагнитной совместимости электропотребляющего оборудования и источников питания. Актуальность, научная и практическая значимость работы: разработка перспективных технических решений, обеспечивающих снижение расхода органического топлива за счет оптимального использования возобновляемых источников энергии и согласования режимов генерации и электропотребления.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

№ 122080500028-0

УГЛЕРОДНЫЕ ТОЧКИ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА

Проект направлен на переход к новым производственным технологиям преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода на основе принципиально новых нетоксичных и легко доступных материалов, а также к широкому внедрению возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива. В результате выполнения проекта планируется развить методы синтеза углеродных точек (УТ) с большим вкладом долгоживущих возбужденных состояний; усовершенствовать методы обработки поверхности УТ для их эффективного связывания с катализатором; установить закономерности влияния морфологии и химического состава УТ на способность фотокаталитических систем к генерации водорода; установить закономерности динамики фотовозбуждений и транспорта носителей зарядов в фотокаталитических системах; разработать эффективную архитектуру фотокаталитического устройства на основе УТ. Разработка новых материалов и устройств, способных обеспечить получение возобновляемого топлива в мировом масштабе, является ключом к устойчивой и безопасной глобальной энергетике. Наилучшую возможность для достижения глобальной энергетической стабильности предоставляет освоение общедоступной солнечной энергии. Несмотря на то, что преобразование солнечной энергии в электричество достигло за последние десятилетия существенного прогресса, прямое преобразование данной энергии в энергию химических связей позволит решить проблемы хранения и транспортировки энергии, а также обеспечит прямой источник возобновляемого топлива для использования в устоявшихся технологиях на основе ископаемого топлива [1]. В настоящее время наиболее актуальной научной проблемой возобновляемой энергетики является разработка новых систем, способных эффективно поглощать, преобразовывать и хранить солнечную энергию, при этом обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, низкой себестоимостью и отсутствием токсичности. Фотокаталитические системы на основе светопоглощающих материалов и катализаторов в растворе или взвеси широко исследуются на предмет их использования для преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода (Н₂) [2-3]. Обычно в качестве светопоглощающих материалов в фотокатализе используются органические и неорганические синтетические красители [2-3], а также полупроводниковые наночастицы [4]. Появившиеся недавно углеродные точки (УТ) [5] имеют ряд преимуществ перед традиционными молекулярными или полупроводниковыми

светопоглощающими материалами, а именно: большие коэффициенты поглощения в видимой области, высокая фотостабильность и хорошая растворимость в воде, легкость синтеза и последующей обработки поверхности, отсутствие редких металлов в составе и нетоксичность делают УТ перспективными для применения в качестве светопоглощающего материала в фотокаталитической системе нового поколения для генерации водорода [6-7]. Разработка методик создания фотокаталитических систем на основе углеродных точек находится на начальном этапе, и в последние годы появились сообщения о создании таких фотокатализаторов, осуществляющих восстановление водорода в водной среде [8]. УТ можно отнести к наиболее перспективным светопоглотителям для создания новых дешевых и нетоксичных фотокаталитических систем для генерации водорода. В то же время большинство синтезируемых УТ обладают преимущественно (90%) короткоживущими возбужденными состояниями, что существенно ограничивает транспорт заряда на катализатор. Поэтому целью проекта является разработка новых нетоксичных и дешевых фотокаталитических систем с улучшенными эксплуатационными характеристиками для генерации водорода на основе светопоглотителей в виде УТ. В ходе выполнения проекта планируется развить методы синтеза УТ с большим вкладом долгоживущих возбужденных состояний, а также усовершенствовать методы обработки их поверхности для эффективного связывания с катализатором, что позволит значительно улучшить генерацию и перенос носителей заряда. Планируется детально исследовать морфологию, динамику фотовозбуждений и транспорт носителей заряда в фотокаталитических системах на основе УТ, что позволит создать экспериментальные образцы для фотогенерации водорода. Таким образом, выполнение проекта обеспечит переход к новым производственным технологиям преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода на основе принципиально новых нетоксичных и легко доступных материалов, а также к широкому внедрению возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива. Поэтому тематика проекта является актуальной, а проводимые исследования соответствуют направлению Н2 из стратегий научно-технологического развития Российской Федерации. Запланированные в рамках проекта исследования предполагают создание новых материалов для получения возобновляемой энергии, а выполнение проекта внесет вклад в развитие индустрии возобновляемой энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

№ 122082600060-3

МЕХАНИЗМЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА И МЕТАНО-ВОДОРОДНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р утвержден план мероприятий («дорожная карта») по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту. В России задача по развитию водородной энергетики закреплена в ключевом отраслевом документе стратегического планирования – актуализированной Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года. В соответствии с «дорожной картой» к 2024 году предусмотрена реализация ряда пилотных проектов в области водородной энергетики, одним из которых является разработка, изготовление и проведение испытаний газовых турбин на метано-водородном топливе. В настоящее время, в мире существует множество различных программ по декарбонизации или переходу на водородное топливо. Согласно докладу Bloomberg «Перспективы водородной экономики», к 2050 году 24% мировых потребностей в энергии будет покрывать водород, а его цена снизится до уровня сегодняшних цен на газ. По одному из сценариев интеграции водородных технологий в энергокомплекс США, водород к 2040 году станет вторым после электроэнергии всеобщим энергоносителем. При этом потребность в первичной энергии

угля, газа и нефти упадет на 73%, 34% и 18% соответственно, а доля возобновляемых источников энергии возрастет в 4-5 раз. Все это показывает актуальность исследований в области применения водорода, а также метано-водородных смесей в качестве топлива для газовых турбин, наземного транспорта и авиационных двигателей. Горение водорода и метано-водородных смесей отличается высокой скоростью распространения пламени и более высоким тепловыделением относительно горения метанового топлива. Все это приводит к возрастанию температуры во фронте пламени и скорости его распространения, что приведет к повышенным выбросам оксидов азота NOx и может привести к прогару элементов двигателя. Для решения проблем, связанных с высокими выбросами оксидов азота, необходимо понимать механизмы их образования на фундаментальном уровне, а именно уточнять кинетические суб-механизмы образования NOx и соответствующие константы скорости химических реакций, включать их в кинетические модели горения метано-водородных и водородных топливо-воздушных смесей. Также необходимо проверять полученные механизмы на собственных экспериментах по определению нормальной скорости распространения пламени и концентраций оксидов азота в продуктах сгорания. В связи с этим, в рамках проекта планируется решить актуальные в настоящее время вышеизложенные задачи.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 122022800651-7

РАЗРАБОТКА ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНЫХ ГРАФИКОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Значительная суточная и недельная неравномерность электропотребления в европейской части страны и планируемое увеличение доли атомных электростанций в структуре генерирующих мощностей уже сегодня вызовет трудности в регулировании мощности и покрытии переменной зоны графика нагрузки, с прохождением ночного минимума нагрузки.

Поэтому проблема, связанная с обеспечением переменных электрических нагрузок в суточном и недельном разрезе применительно для европейской части страны существенно обострена.

Целью работы является поиск и изучение эффективных путей обеспечения неравномерных графиков электропотребления энергосистем европейской части РФ в условиях высокой доли АЭС в структуре генерирующих

мощностей. Будут выполнены работы по изучению путей увеличения регулировочного диапазона по отпуску электроэнергии на теплоэлектроцентралях, эффективного использования возобновляемых источников энергии.

Будут рассмотрены альтернативные пути аккумулирования энергии на атомных электростанциях.

В условиях непрерывного повышения требований к безопасности атомных электростанций, вызванного ростом числа устанавливаемых реакторов и удельных капиталовложений в их системы безопасности, предполагается поиск дополнительных путей надежного электроснабжения собственных нужд в аварийных ситуациях с обесточиванием на основе разработки систем многофункционального резервирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «САРАТОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122061700044-7

МАТРИЧНАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ВОДОРОД И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ

Одной из наиболее серьезных проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством, является изменение глобального климата.

Парижским соглашением по климату в качестве первоочередной цели для ее решения поставлена задача кардинального снижения эмиссии основного парникового газа CO₂ путем перехода на альтернативные источники энергии и низкоуглеродные энергоносители, прежде всего, водород.

Однако оценки показывают, что одни только возобновляемые источники энергии, включая солнечную, ветровую и гидроэнергетику, а также атомную энергетику не в состоянии обеспечить производство водорода в объеме,

необходимом для решения данной задачи.

Существенное снижение углеродного следа мировой энергетики невозможно без широкомасштабного использования для производства водорода традиционных технологий его получения на основе углеводородных источников, прежде всего, природного газа.

В свою очередь, это диктует необходимость повышения эффективности и снижения энергозатрат газохимических методов конверсии углеводородных газов в синтез-газ и далее водород, как наиболее реальной возможности снижения антропогенного углеродного следа.

Несколько лет назад нами был разработан метод матричной конверсии углеводородных газов практически любого состава в синтез-газ для последующих процессов

получения синтетических углеводородов, синтеза метанола, использования в качестве восстановительного газа в металлургии и ряда других процессов. Созданы и успешно работают несколько демонстрационных установок производительностью до 20 м³ синтез-газа в час, подтвердивших основные преимущества данного метода по сравнению с известными промышленными технологиями. Матричная конверсия является автотермическим процессом, не требующим дополнительных источников тепла или энергии. Процесс некаталитический, поэтому может использовать в качестве сырья углеводородные газы практически любого состава и происхождения, включая попутные газы и биогаз. Его удельная объемная производительность существенно превышает таковую для парового риформинга, а отсутствие катализатора снижает до минимума затраты на предварительную подготовку газа. Дополнение этого процесса каталитической стадией парового риформинга образующегося СО в мембранном реакторе может позволить значительно повысить выход водорода и получать водород высокой чистоты, соответствующей требованиям, предъявляемым при его использовании в низкотемпературных топливных элементах. Для этого необходима оптимизация тепловых потоков в конвертере, используемых для получения пара для каталитической стадии и режимов работы риформера,

а также разработка новых материалов, обеспечивающих возможность длительного проведения процесса при температурах выше 1200 К и высокой концентрации водорода, то есть жаропрочных материалов, устойчивых к водородному охрупчиванию, и изучение их свойств. Как показали результаты предварительного кинетического моделирования процесса, составом получаемого синтез-газа, в том числе концентрацией в нем водорода, можно управлять за счет оптимизации процессов, протекающих в послепламенной зоне конвертера. Одним из таких способов может быть дополнительная подачи в конвертор пара и/или СО₂. Последняя возможность открывает путь дополнительной утилизации СО₂, то есть дополнительного снижения углеродного следа. Использование таких малотоннажных установок для получения водорода непосредственно в местах его потребления на основе любых местных источников углеводородного сырья позволит обойти такие, не имеющие пока практически приемлемого решения проблемы, как хранение и транспортировка больших объемов водорода. Процесс может быть также использован для рентабельного малотоннажного производства таких легко транспортируемых водородсодержащих жидких продуктов, как метанол и диметилэфир.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122072200012-7

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Целью проекта является разработка автоматизированного комплекса для мониторинга гидравлических параметров мелиоративной сети на основе возобновляемого источника энергии. Для достижения поставленной цели будет решен ряд задач: Разработка принципиальной технической схемы комплекса (включая разработку уникального контроллера с питанием от солнечных батарей); монтаж комплекса для последующих испытаний; изучение работы установки в зонах с различным числом часов солнечного света - тестовые испытания комплекса на территории кампуса РГАУ-МСХА, полевые испытания комплекса на базе мелиоративных систем Управления Алтаймелиоводхоз (Сибирский Федеральный округ) совместно с Алтайским ГАУ. Разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных мониторинга. Гарантированно высокая урожайность продукции на мелиорируемых землях является одним из условий обеспечения продовольственной безопасности страны. Сегодня в России в сельскохозяйственном производстве используется порядка 3,9 тыс. и 3,2 тыс. га осушенных земель. В состав гидромелиоративных объектов, находящихся в государственной собственности, входят более 600 водозаборных гидроузлов, 284 водохранилища, свыше 21 тыс. км мелиоративных каналов. Около половины сооружений нуждаются в реконструкции или восстановлении. Водурч и

надежная эксплуатация мелиоративной сети невозможны без мониторинга ее гидравлических параметров. Внедрение средств автоматизации, использующих электрическую энергию, не только увеличивают эксплуатационные затраты, но и требует подвода электричества в удаленные створы, зачастую расположенные в глубине мелиорируемого массива. Разработка автоматизированных средств мониторинга, использующих в своей работе возобновляемые источники энергии, и способных без присутствия операторов отслеживать гидравлические параметры сети с сохранением и передачей информации, является актуальной задачей модернизации мелиоративных систем с использованием цифровых технологий. Основные элементы разрабатываемого автоматизированного комплекса: сервер, энергоэффективный контроллер, датчики, модуль GSM связи. Комплекс может устанавливаться в конкретном створе и настраиваться с учетом специфики диапазона изменения гидравлических параметров. Общий вид установки при размещении в дренажном колодце (как один из вариантов ее применения) приведен на рисунке ниже. Данные на сервер можно передавать по GSM каналу, по радиоканалу (через ретранслятор), по ethernet проводу, либо же собирать локально - на SD карту.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

№ 122070400101-2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОТЫ И ХОЛОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Проектом предлагается альтернатива котельному и холодильному оборудованию. Предлагается разработка технологии выработки тепловой энергии за счет органического топлива (например, дизельное или газовое) с попутным использованием низкопотенциальной энергии по принципу трансформатора теплоты (теплого насоса на органическом топливе). Сокращение расхода топлива применительно к малой распределенной энергетике и при индивидуальном отоплении 1.5-4 раза по сравнению с текущими значениями;

снижение выбросов дымовых газов в 1.5-4 раза; возможность освоения неблагоустроенных территорий, сокращение затрат на доставку топлива для их освоения в 1.5-4 раза. На сегодняшний день недостаточно развита область использования вторичных и возобновляемых источников энергии. Большинство наиболее доступных для малой распределенной энергетики вторичных и возобновляемых источников энергии являются низкопотенциальными, с использованием которых появляются определенные

трудности. Многие из них просто не нашли широкого применения ввиду этого фактора. Низкопотенциальные вторичные энергетические ресурсы зачастую проще сбросить в окружающую среду, чем использовать полезно. Несмотря на низкий потенциал таких источников, в них сосредоточена большая часть энергии на планете. Распределение потенциалов энергии принципиально должно подчиняться нормальному закону распределения вероятностей Гаусса. Применяя данный закон к рассредоточиваемой по планете солнечной энергии в различных формах, получим принцип ее распределения: чаще всего встречаются меньшие отклонения потенциала, а большие отклонения потенциала встречаются тем реже, чем они больше. Другими словами,

при нормальном распределении подавляющий объем рассредоточенной энергии проявляется в зоне низкого потенциала. Следовательно, перспективной зоной поиска источников энергии представляется зона низкого потенциала, но использование низкопотенциальных источников сопряжено с рядом трудностей, решение которых связано с вопросом трансформацией низкого потенциала до уровня приемлемого для полезного использования. Решаемые в проекте задачи направлены на развитие новых технологий освоение низкопотенциальных энергий возобновляемых и вторичных источников энергии и направлены на экономию органического топлива и сокращение выбросов вредных веществ при производстве теплоты и холода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122050500036-8

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТАНОВКИ

Цель работы: Разработка и исследование электротехнологических и электротехнических систем и установок, моделирование сопряженных электромагнитных и тепловых процессов в электротехнологических системах и установках, совершенствование методов и средств интеллектуального контроля и управления технологическими процессами, обеспечивающих создание условий для эффективного использования энергетических ресурсов и максимально полной реализации своего генетического потенциала сельскохозяйственными растениями и животными. Общие положения: Разработка и совершенствование электрофизических методов исследования свойств сельскохозяйственных продуктов и материалов как объектов электро-технологий. Создание на их основе систем, осуществляющих свою деятельность с учётом собственных механизмов регуляции живых организмов, воссоздающих себя в процессах обмена с окружающей

средой в соответствии с генетической программой, заложенной в них природой. Совершенствование методов и технических средств систем технологического освещения. Развитие и интенсификация применения энергетических комплексов на базе возобновляемых источников энергии, работающих в составе единой энергетической системы, так и вне её пределов. Анализ методов и средств определения технического состояния электротехнического оборудования. Разработка математических моделей совместности устройств функциональной диагностики с электротехническими элементами электрооборудования, исследование статистических и динамических характеристик электроприводов. Внедрение установок и совершенствование технологических процессов на объектах агропромышленного комплекса позволит повысить эффективность использования энергоресурсов и производительность производства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

№ 122021800200-0

НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время одной из значимых целей мировой экономики является ее декарбонизация – снижение углеродного следа и в конечном счете переход к углеродной нейтральности. Российская Федерация осуществляет активную политику в области рационального природопользования с целью сокращения выбросов в атмосферу парниковых газов антропогенного происхождения. Водород рассматривается в качестве перспективного энергоносителя для решения задач по развитию низкоуглеродной энергетики. В настоящее время практически весь водород (до 98%) производят из невозобновляемых ископаемых ресурсов (природный газ, уголь) по традиционным технологиям. Однако низкоуглеродным водородом считают водород, полученный по технологиям с обеспечением улавливания углекислого газа или с использованием возобновляемых источников энергии («зеленый водород»). Возможность использования неисчерпаемого, легкодоступного и чистого солнечного света создала бум в отрасли водородной энергетики по всему миру. Одним из самых перспективных способов получения «зеленого водорода» является прямое преобразование солнечного света в водород («солнечное топливо») в присутствии фотоактивных материалов. Однако низкая эффективность конверсии солнечного света на существующих фотоактивных системах по-прежнему является огромной проблемой в

современном научном мире. Поэтому поиск и разработка новых материалов с высокой активностью в солнечном свете и способов их получения на сегодняшний день представляет собой глубокую и комплексную задачу, решение которой позволит сделать значительный вклад в развитие углеродно-нейтральных технологий в рамках научно-технологического развития РФ. Настоящий проект посвящен разработке научных и технологических основ направленного синтеза гибридных оксидных систем с высокой эффективностью конверсии солнечного света в водород. При реализации проекта будут разработаны новые подходы к созданию гибридных оксидных систем на основе ряда металлов; установлено влияние технологических параметров и режимов термообработки (температуры, газовой атмосферы) на физико-химические характеристики и состав образующихся гибридных оксидных систем; исследовано влияние физико-химических характеристик и состава гибридных оксидных систем на кинетику фотоэлектрохимической генерации водорода под действием солнечного света; исследована кинетика совмещенных процессов генерации водорода и окисления органических загрязнений; оптимизированы процессы фотоэлектрохимической генерации водорода на гибридных оксидных фотоанодах под действием солнечного света.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122100300006-5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ГОРЕНИЯ МИКРОСТРУЙ ВОДОРОДА

Возможности использования водорода в энергетических целях известны давно, и интерес к ним проявлялся не один раз: в 1970-е годы – в связи с нефтяными кризисами, в 2000-е годы – в связи с ростом озабоченности изменением климата. Это стимулировало соответствующие исследования и разработки (с акцентом на транспорт), но масштабного практического внедрения водородных технологий не происходило. Ситуация стала меняться по мере того, как всё больше стран начали стремиться к устойчивому развитию в области энергетики, к переходу в углеродно-нейтральное состояние, к поддержке энергетического перехода как концепции безуглеродной энергетики будущего, осознав, при этом, что только на путях использования возобновляемых источников энергии этой цели не добиться. Водород стал важнейшей составляющей политики перехода в углеродно-нейтральное состояние всех стран, объявивших о таких целях. Не осталась в стороне и Россия, которая приняла план мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации». Исследованию устойчивости и турбулизации переходных сдвиговых течений, таких как двумерный и трехмерный пограничный слой авторы проекта посвятили многие годы исследований и эти результаты опубликованы в монографии: Boiko A.V., Dovgal A.V., Grek G.R., Kozlov V.V. *Physics of Transitional Shear Flows*. // Dordrecht: Springer, 2012, 298 стр.

В этих работах рассмотрены различные виды неустойчивостей пристенных сдвиговых течений, такие как линейная и нелинейная стадия неустойчивости волн Толлмина – Шлихтинга, неустойчивость вихрей Гертлера, «cross flow instability» неустойчивость на скользящих крыльях, неустойчивость полосчатых структур при низкой и повышенной степени турбулентности набегающего потока, синусоидальная и варикозная неустойчивость пограничного слоя, модулированного полосчатыми структурами, и т.д.

Существует прямая связь между неустойчивостью пристенных (пограничный слой) сдвиговых течений и свободных сдвиговых течений (макро – и микроструй). Например, в обоих ситуациях можно наблюдать синусоидальную и варикозную неустойчивость, наличие в обоих случаях полосчатых структур и их неустойчивость, или появление трехмерных вихревых структур типа омега – образных вихрей и т.д.

Прежде, чем приступить к исследованию неустойчивости и турбулизации микроструйных течений, руководителем проекта и его ответственными исполнителями были проведены детальные экспериментальные исследования механизмов развития и процессов турбулизации круглых и плоских микроструйных течений. Результаты этих исследований показали, что механизм разрушения круглой макроструи с «ударным» (английский термин «top – hat») профилем скорости на срезе сопла связан с неустойчивостью Кельвина – Гельмгольца. Двумерные кольцевые вихри Кельвина – Гельмгольца, взаимодействуя с полосчатыми структурами, трехмерно деформировались с образованием на их периферии лямбда или омега – образных структур, вихревая динамика которых приводила к турбулентному разрушению макроструи. С другой стороны, исследованиями

неустойчивости круглой макроструи с параболическим профилем скорости на срезе сопла установлено отсутствие кольцевых вихрей Кельвина – Гельмгольца, сохранение ламинарного течения макроструи большой дальности и процесс ее турбулизации может быть связан, в частности, с неустойчивостью к слабому поперечному потоку.

Показано, что неустойчивость плоской макроструи связана с синусоидальной модой неустойчивости, подавляющей первичную варикозную моду неустойчивости. Этот процесс приводил к синусоидальному колебанию макроструи, как единого целого. Установлено, что плоская макроструя с «ударным» профилем скорости на срезе сопла имеет две независимых друг от друга области неустойчивости, расположенные по левой и правой узкой границе макроструи с мощным градиентом скорости. Результаты этих исследований детально представлены в известных журналах и обобщены в монографиях: Kozlov V.V., Grek G.R., Litvinenko Yu.A., *Visualization of Conventional and Combusting Subsonic Jet Instabilities* // Dordrecht: Springer-book, 2015, 127 стр. Опираясь на полученные знания о механизмах развития и разрушения микроструй, проведены экспериментальные исследования по изучению механизмов развития и разрушения микроструй, а также их горения. Установлено, что круглая макроструя подвержена уплотнению и бифуркации в поперечном акустическом поле. Показано, что круглая и плоская микроструя подвержены бифуркации в поперечном акустическом поле по причине их синусоидальной неустойчивости. Выявлены особенности воздействия поперечного акустического поля на характеристики и механизм развития плоской микроструи в зависимости от соотношения l/h , где l – длина щели сопла, h – ширина щели сопла. Результаты и знания о природе и физических механизмах развития микроструй, полученные при этом, явились основанием для экспериментальных исследований механизма горения как круглых, так и плоских микроструй, поскольку в процессах перемешивания неустойчивости и ламинарно - турбулентный переход играют большую роль. Например нами показано, что процесс бифуркации пламени под воздействием поперечного акустического поля при диффузионном горении пропана в круглой и плоской микроструе коррелирует с аналогичным процессом развития микроструи в отсутствии ее горения. Данные, полученные в результате планомерного, постепенного и целенаправленного экспериментального исследования устойчивости струйных течений, начиная с макро и до микроуровня, включая микроструйное горение пропана, позволяют нацелиться на проведение и детальное понимание механизмом микроструйного горения водорода. Поэтому перспективным является экспериментальное изучение механизмов диффузионного горения водорода, при дозвуковой и сверхзвуковой скорости истечения, круглых и плоских микроструй. Будут показаны особенности горения данных течений в зависимости от изменений начальных условий на срезе сопла, скорости их истечения и горения водорода в смеси с другими газами. Изучено новое явление при горении микроструи водорода, связанное с образованием, так называемой, «Области перетяжки пламени».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070800007-3

РАЗРАБОТКА ГРАФИТОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проект направлен на разработку состава композиционного материала для создания отечественного производства композитных биполярных пластин для применения в экологически чистых системах генерации электроэнергии из водорода на основе топливных элементов широкого мощностного спектра. Проект соответствует Стратегии

СНТР направлению б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии. Создание экологически чистых, эффективных и энергоёмких источников энергии является

важнейшим направлением научно-технического прогресса, условием развития автономных и необслуживаемых энергосистем распределенной энергетики, электроустановок для робототехники и транспортных применений. Согласно Энергетической стратегии развития Российской Федерации (РФ) на период до 2035 года, одним из приоритетных направлений является увеличение доли возобновляемых источников энергии в мировом и национальном топливно-энергетических балансах. Особенная роль в этом отводится водородным энергетическим технологиям, основной задачей которых является использование водорода и энергетических смесей на его основе в качестве накопителей и преобразователей энергии для повышения эффективности систем энергоснабжения различного назначения. Перспективным источником энергии являются топливные элементы, использующие водород в качестве топлива и кислород в качестве окислителя и имеющие значительно более высокую эффективность и экологичность по сравнению с традиционными источниками энергии. Важнейшее перспективное использование водорода - транспорт на водородных топливных элементах. Мировые и российские производители работают над созданием экологичных автомобилей на водородном топливе. Сейчас таких автомобилей в мире около 15 тысяч. По прогнозам, к 2030 году только в США и Европе будет более 9 миллионов таких авто и около 50 тысяч водородов. Ведущие автомобильные концерны уже выпускают вполне

конкурентоспособные водородные модели автотранспорта. В частности, серийное производство автомобилей на водородном топливе есть у Toyota, Honda и Hyundai, разработкой таких автомобилей занимаются Daimler, Audi, BMW, Ford, Nissan и др. В транспортных и других мобильных приложениях наибольшее распространение получили низкотемпературные твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую в ТПТЭ зависит от многих факторов, реализация которых обеспечивается биполярными пластинами, в том числе от электропроводности между единичными ячейками ТЭ, равномерности распределения топлива и окислителя, отвода тепла от ячейки, механической прочности конструкции стека ТПТЭ. Поэтому требования к материалу и конструкции биполярных пластин очень высоки и должны учитывать электро- и теплопроводность, газопроницаемость, коррозионную стойкость, механическую прочность. В настоящее время в РФ производство любых БП для ТПТЭ отсутствует, что в том числе определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Таким образом исследования материалов для биполярных пластин под задачи и специфику конкретного потребителя уже сегодня являются лимитирующим фактором при массовом производстве систем генерации электроэнергии из водорода, на основе топливных элементов, способных конкурировать не только на российском, но и на мировом рынке.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122071200029-8

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ И УСТАНОВОК НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Объект исследования распределительная сеть 10/0,4 кВ. Целью работы является: разработка программного обеспечения, позволяющего выбирать оптимальные типы технических устройств и места их установки, способствующие повышению энергоэффективности распределительных сетей напряжением 10/0,4 кВ, за счет использования возобновляемых источников энергии и фильтрокомпенсирующих устройств, с учетом влияния их на сети и окружающую среду. Ожидаемые результаты: Оценка возможных технических решений, способствующих повышению пропускной способности распределительных сетей. Оценка возможности использования распределенной генерации в удаленных и загруженных узлах потребления в распределительных сетях. Разработка имитационной модели распределительной сети, позволяющей выполнять

исследования режимов работы с использованием различных вариантов структур солнечно-дизельных комплексов и фильтрокомпенсирующих устройств, с учетом особенностей сети. Разработка методики принятия решений по выбору узлов подключения возможных структур распределенной генерации на основе решения задачи оптимизации по критерию минимума потерь активной мощности методом нелинейной оптимизации. Разработка методики выбора оптимальной структуры распределенной генерации в виде соотношения фотоэлектрических модулей и дизельных электростанций на основе решения многокритериальной задачи на базе нечетких множеств. Разработка алгоритма, позволяющего формулировать и решать задачи оптимизации минимума потерь мощности при несинусоидальных и несимметричных режимах работы распределительных сетей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»

№ 122040600086-3

БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КЛАСТЕРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАТАЛИЗЕ

Увеличивающийся с каждым годом спрос на возобновляемые источники энергии стимулирует развитие основанных на катализе технологий, которые позволяют генерировать, хранить и преобразовывать чистую энергию посредством расщепления и образования химических связей. Однако высокая стоимость материалов применяемых в катализе, их эффективность и долговечность препятствуют широкому внедрению таких технологий. Не секрет, что атомы благородных металлов обладают наилучшими каталитическими характеристиками, при этом их стоимость высока. Использование наночастиц при производстве катализаторов дает возможность снизить затраты, так как большое отношение площади поверхности к объему позволяет уменьшить использование драгоценных металлов, а уникальная химия кластеров сплавов придает данным

наночастицам свойства, отличные от объемных материалов. В связи с этим в данном проекте планируется провести поиск методом USPEX новых кластерных структур сплавов металлов различной стехиометрии и размера, обладающих наилучшими каталитическими свойствами. Данное исследование позволит изучить все возможные варианты структуры частиц сплавов PtM (M-Cu, Au, Ag, Pd), AuM (M-Cu, Ag, Pd) и получить информацию об энергии адсорбции различных атомов и молекул (H, O, O₂, CO, NO, CH₃, H₂) с поверхностью кластера, что позволит сделать выводы о перспективности полученных частиц для катализа. Результаты данного проекта предоставят уникальную информацию для проектирования и создания новых катализаторов на основе наночастиц сплавов металлов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ХАКАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Ф. КАТАНОВА»

№ 122041300162-4

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 1 кВт

Проект направлен на разработку линейки высокоэффективных преобразовательных устройства для возобновляемых источников энергии на основе фотоэлектрических панелей с улучшенными характеристиками, относительно имеющихся на рынке аналогов. Будут реализованы: - эффективный способ отбора мощности с массивов солнечных панелей при реальных условиях эксплуатации (частичное затенение, возникновение локальных максимумов на ВАХ фотоэлектрических панелей); - авторский алгоритм управления инверторным блоком с

пониженным уровнем гармонических составляющих на выходе преобразователя (как итог: уменьшение выходных фильтров, повышение эффективности преобразования полученной от ВИЭ энергии, уменьшение себестоимости). Среднее количество получаемой энергии на 30-50% выше аналогов представленных на рынке (с учетом реальных условий эксплуатации). Потребителями продукции являются: частные домохозяйства, мелкий бизнес, строительные фирмы, специализирующиеся на загородном строительстве, экопоселения, мини гостиницы, агробизнес и т.д.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СОЛНЕЧНЫЙ МИР»

№ 122080900045-3

ВЫДЕЛЕНИЕ, ОЧИСТКА, КОМПРИМИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА

Проблемы ресурсосбережения и повышения эффективности, а также защиты окружающей среды в энергетике и связанных с ней отраслях (в первую очередь – промышленности и транспорта) являются особо актуальными для успешного развития экономики Российской Федерации и обеспечения комфорта жизни ее граждан. Использование водорода как универсального энергоносителя является наиболее перспективным путем комплексного решения данных проблем, независимо от приоритета первичных энергоисточников (углеводороды, атомная энергия, возобновляемые источники включая гидроресурсы, солнце, ветер и т.п.). Особенно актуальным является разработка автономных систем электроснабжения для удаленных и труднодоступных регионов на основе возобновляемых источников энергии и накопления энергии

с использованием водорода. Комплексное решение проблем создания экологически чистых водородных энерготехнологических систем, обеспечивающих высокую эффективность использования (и тем самым сбережения) первичной энергии, требует проведение фундаментальных и прикладных исследований, а также разработку научно-технических основ создания систем выделения, очистки, компримирования и хранения водорода, с привлечением достижений фундаментальных (химия, материаловедение, физика), и прикладных (технологии химии и металлургии, нанотехнологии, компьютерное моделирование) наук, а также инженерных знаний в энергетике, химическом машиностроении, электронике высоких мощностей, приборостроении и т.п.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081500073-7

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПОЛУЧЕНИЯ ВАНАДИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЯДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНАДИЕВЫХ ПРОТОЧНЫХ РЕДОКС-БАТАРЕЙ НА ЭЛЕКТРОЛИТАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Развитие электроэнергетики подразумевает рост доли систем малой распределенной энергетики и снижение экологической нагрузки за счет более широкого использования возобновляемых источников в структуре энергопроизводства, или так называемого процесса декарбонизации производства электроэнергии. Для устойчивого функционирования подобных систем, прежде всего солнечных батарей и ветрогенераторов, требуются накопители энергии, чтобы компенсировать дисбаланс между периодами производства и потребления энергии. В контексте этих задач особое внимание среди накопителей энергии уделяют проточным редокс-батареям (ПРБ). Поскольку экономические показатели этой технологии (стоимость кВт-ч хранимой энергии, стоимость хранимой энергии на жизненном цикле) наиболее близки к технологическому барьеру, определяющему ориентиры для создания долговечного и недорогого перезаряжаемого источника электроэнергии. Среди различных видов ПРБ наиболее коммерциализированные - это ванадиевые ПРБ (ВПРБ). В обеих полужайках ВПРБ используются ванадий-содержащие электролиты одинакового химического состава, что исключает возможность их перекрестного загрязнения вследствие кроссовера через мембрану и в перспективе делает теоретическое время работы электролитов

бесконечным. Однако именно стоимость электролита определяет около половины капитальной стоимости энергоустановки на основе ВПРБ. Поэтому особенно актуальной задачей является разработка новых экономически эффективных способов производства электролитов для ВПРБ. В данном проекте эта задача будет решаться с помощью нового комбинированного метода электрохимического и химического синтеза ванадиевого электролита ВПРБ, который будет апробирован на двух видах сырья: пентаоксиде ванадия V₂O₅ - распространенном промышленном сырье для синтеза ванадиевых электролитов, а также метаванадате аммония NH₄VO₃ - прекурсор для синтеза V₂O₅, который может быть получен из шламов металлургических предприятий и ТЭЦ. Полученные составы будут охарактеризованы с помощью различных электрохимических и оптических методов, а также испытаны в качестве электролитов ванадиевых проточных редокс-батарей с конструкцией мембранно-электродного блока, оптимизированной по результатам измерения нагрузочных характеристик. Кроме того, будет оценено влияние чистоты и состава исходного ванадийсодержащего сырья на составы и свойства получаемых электролитов, а также ключевые характеристики ВПРБ, использующих эти электролиты.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

№ 122040800063-2

МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГРУНТОВЫХ И МОРСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД, НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Междисциплинарный проект заключается в проведении фундаментально-прикладных исследований с дальнейшей разработкой прототипа инновационной установки и технологии опреснения грунтовых минеральных и морских вод на основе комбинированного органического цикла Ренкина с элементами цикла Калина, за счет термодинамического тепло- и массообмена с солнечными коллекторами с электроснабжением от фотоэлектрических преобразователей (и/или опционально генераторов ветроэнергетических установок). **АКТУАЛЬНОСТЬ** Тематика проекта охватывает три основных жизненно важных для человечества сферы: производство электрической и тепловой энергии, сокращение выбросов парниковых газов и подготовку чистой воды. Предлагаемая авторами тема относится к сложным методам математического и физического моделирования комбинированных электро-тепло-технологических объектов в сфере опреснения воды и возобновляемой энергетики. Авторы планируют разработать multifunctional установку для производства электрической и тепловой энергии с использованием теплоты грунтовых вод для последующего их опреснения за счет собственной произведенной энергии. Данная проблема актуальна для районов с дефицитом как электроэнергии, так и водных ресурсов, наблюдаемым практически повсеместно во всем мире. По статистике не более 7% населения планеты имеют доступ к чистой питьевой воде, причем проблема не решается столетиями, - например, Израиль с середины XX века и до сих пор возит чистую воду танкерами из рек Турции, а в Индии и Африке люди гибнут из-за отсутствия питьевой воды (каждые 2 минуты в мире умирает 1 ребенок от недостатка питьевой воды или отравления), несмотря на колоссальные местные подземные минерально-водные и солнечно-ветро-энергетические ресурсы. В России эта проблема связана с растущим дефицитом чистой воды во всех без исключения регионах, особенно, для крупных мегаполисов. Однако и в сельских областях дефицит пресной воды начинает ощущаться все острее в связи с загрязнением и истощением традиционных источников воды (колодцев и скважин), обветшанием электросетей (осуществляющих электроснабжение водоснабжения), а также в результате климатических изменений, приводящих к обмелению водоемов. Причем локализация и автономизация источников энергии и воды сегодня предпочтительна, поскольку централизованное электро- и водоснабжение в мире все чаще становится невостребованным, вандально-уязвимым и/или убыточным, - остро стоит мировая проблема с подведением электрических сетей к местам проживания людей – распределительные сети либо отсутствуют, либо в большинстве своем значительно обветшали, и в ряде случаев подвергаются периодическим разрушениям и хищениям. А источники воды подвержены все более частым террористическим угрозам. Предлагаемые научные методы позволяют снизить экономические и социально-экологические издержки при проектировании и эксплуатации локальных автономных комплексов по опреснению грунтовых вод до уровня питьевого качества с электроснабжением за счет возобновляемой солнечной энергии. На данный момент авторы имеют в виде задела в наличии прототип теплонасосной установки, которую необходимо интегрировать в многоцелевой комплекс по генерации электрической энергии и опреснению грунтовых и морских минеральных вод. Разработана концепция модуля опреснения воды с помощью мембранного метода и испарительного метода. Системы электро- и теплоснабжения на солнечных модулях и коллекторах хорошо известны, однако у авторов проекта имеется новая инновационная разработка конструкции фотоэлектрического-теплового модуля, сочетающего функции PV-модуля и коллектора, значительно повышающего общий КПД системы электро-тепло-снабжения. Имеется ряд

предметных публикаций партнеров в журналах Q1 – один из последних: Спецвыпуск журнала *Energies* «Special Issue «Solar PV, Thermal, Concentrator and Hybrid Power Systems», итого 6 статей в данном выпуске: (https://www.mdpi.com/journal/energies/special_issues/PV_Power_Systems). В ходе проекта будет разработана методологическая концепция для проведения оптимизации в рамках эксергетического метода термодинамического анализа. Этот анализ предполагается провести на основе опытных данных, полученных на прототипе теплонасосной установки, системы электроснабжения и системы опреснения. Подобные неавтономные комплексы устанавливаются на промышленных предприятиях по добыче грунтовых минеральных вод. Однако их энергетическая эффективность чрезвычайно низка. Согласно фундаментальным основам физики работоспособность потока складывается из эксергии и анергии, которые необходимо учитывать при оптимизации. Будет проведен глубокий фундаментальный анализ исследований, выделены основные этапы развития оптимизационных методов термодинамического анализа теплотехнических устройств и термодинамических процессов в энергетической отрасли. Также будут определены наиболее перспективные разработки в области технической термодинамики и оптимизационных задач в области термодинамических систем и комплексов в комбинации с электроэнергетическим оборудованием. Актуальность проекта для Российской Федерации определяется его направленностью на решение задач, сформулированных Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». **НАУЧНАЯ НОВИЗНА** Научная новизна представлена новыми знаниями по раскрытию и развитию эксергетических методов оптимизации соотношения «эксергия-анергия» с созданием соответствующих компьютерных моделей, методик оптимизации распределения энергопотоков между компонентами термодинамической системы, повышению эффективности установки в целом. Техническая новизна состоит в использовании комбинированного фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) для электроснабжения как теплового насоса, так и непосредственно опреснения, с использованием низкопотенциального тепла грунтовых вод и подготовки исходной воды с помощью солнечных коллекторов, комбинированных с ФЭП. Также будет проведен глубокий термодинамический сравнительный анализ эффективности работы систем «солнечный коллектор – солнечный модуль» и интегрированной фотоэлектрической-тепловой системы, включающей фотоэлектрический преобразователь и коллектор, отводящий тепло от модуля и тем самым повышающий КПД PV-преобразователя с одновременным нагревом воды для последующего выпаривания. Более того, сравнительный анализ также будет проведен в части определения эксергетической эффективности выпаривателя и мембранного опреснителя. Эксергетические потери будут рассчитаны не только для самого грунтового теплового насоса с хладагентом R407C, но и для электрогенерирующего и опреснительного компонентов системы. Методология исследования заключается в комплексной оценке эксергетических потоков, их оптимизации при помощи новых методов аппроксимации кусочно-линейных функций, а также разработке предпосылок к использованию анергии как одного из компонентов нового вида анализа эффективности работы низкопотенциальных источников энергии. В результате обработки экспериментальных данных будут получены значения Coefficient of performance (COP), эксергетической температуры для нижнего источника теплоты, для верхнего источника теплоты, эксергетического КПД отдельных компонентов и установки в целом, суммарные потери удельной эксергии теплового насоса. Для сбора

данных будут использованы контроллеры типа STM-32 с коммуникационным протоколом Modbus. Гидродинамическое моделирование осуществляется в пакетах Ansys CFX/CFD/Fluent. Для обработки экспериментальных данных будут использоваться Matlab Simulink и VisSim. При проведении процедуры оптимизации режимов работы и выбора нескольких режимов с минимальными эксергетическими потерями важная роль отводится математическим способам обработки статистических данных. В результате будет показана методика повышения эффективности работы теплового насоса, в первую очередь основанная на применении солнечных коллекторов и фотоэлектрических преобразователей в качестве основного или резервного источника питания и оптимизации эксергетических потерь за счет эксерго-энергетической оценки режимов работы. Ошибки измерений параметров теплонасосной установки авторы представляют в виде 3D кривой Гаусса, что станет возможным только при применении новых методов аппроксимации при обработке измерений. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ В ходе проекта будет создан прототип (экспериментальный образец) автономного многоцелевого комплекса мощностью до 1 кВт, включающего

фотоэлектрический-тепловой преобразователь (для выработки электрической и тепловой энергии), теплонасосный модуль (для подачи исходной минерализованной или морской воды в опреснитель), опреснительный модуль (для скоростного опреснения воды на основе мембранного и/или испарительного метода). Соответствующие пояснения и рисунки приведены в Приложении 1. Проект является междисциплинарным, фундаментально-практическим и имеет почти стопроцентные шансы на коммерциализацию непосредственно сразу после окончания проекта, с постановкой на серию в течение 1-2 лет. Согласно данным ООН, потребность в подобных комплексах исчисляется сотнями тысяч единиц оборудования в различных модификациях, таким образом, экономический эффект от внедрения и реализации разрабатываемых комплексов средней стоимостью 25-50 тыс. руб. за 1 кВт установленной мощности составит более 10 млрд рублей. В ходе проекта планируется выпустить не менее 16 научных статей, в том числе не менее 10 статей в Scopus / Web of Science, преимущественно в Q1, что отражает 2-кратное превышение условий конкурсной документации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123071300057-9

МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГРУНТОВЫХ И МОРСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД, НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Междисциплинарный проект заключается в проведении фундаментально-прикладных исследований с дальнейшей разработкой прототипа инновационной установки и технологии опреснения грунтовых минеральных и морских вод на основе комбинированного органического цикла Ренкина с элементами цикла Калина, за счет термодинамического тепло- и массообмена с солнечными коллекторами с электроснабжением от фотоэлектрических преобразователей (и/или опционально генераторов ветроэнергетических установок). АКТУАЛЬНОСТЬ Тематика проекта охватывает три основных жизненно важных для человечества сферы: производство электрической и тепловой энергии, сокращение выбросов парниковых газов и подготовку чистой воды. Предлагаемая авторами тема относится к сложным методам математического и физического моделирования комбинированных электро-тепло-технологических объектов в сфере опреснения воды и возобновляемой энергетики. Авторы планируют разработать многофункциональную установку для производства электрической и тепловой энергии с использованием теплоты грунтовых вод для последующего их опреснения за счет собственной произведенной энергии. Данная проблема актуальна для районов с дефицитом как электроэнергии, так и водных ресурсов, наблюдаемым практически повсеместно во всем мире. По статистике не более 7% населения планеты имеют доступ к чистой питьевой воде, причем проблема не решается столетиями, - например, Израиль с середины XX века и до сих пор возит чистую воду танкерами из рек Турции, а в Индии и Африке люди гибнут из-за отсутствия питьевой воды (каждые 2 минуты в мире умирает 1 ребенок от недостатка питьевой воды или отравления), несмотря на колоссальные местные подземные минерально-водные и солнечно-ветро-энергетические ресурсы. В России эта проблема связана с растущим дефицитом чистой воды во всех без исключения регионах, особенно, для крупных мегаполисов. Однако и в сельских областях дефицит пресной воды начинает ощущаться все острее в связи с загрязнением и истощением традиционных источников воды (колодцев и скважин), обветшанием электросетей (осуществляющих электроснабжение водоснабжения), а также в результате климатических изменений, приводящих к обмелению водоемов. Причем локализация и автономизация источников энергии и воды сегодня предпочтительна, поскольку

централизованное электро- и водоснабжение в мире все чаще становится невостребованным, вандально-уязвимым и/или убыточным, - остро стоит мировая проблема с подведением электрических сетей к местам проживания людей – распределительные сети либо отсутствуют, либо в большинстве своем значительно обветшали, и в ряде случаев подвергаются периодическим разрушениям и хищениям. А источники воды подвержены все более частым террористическим угрозам. Предлагаемые научные методы позволяют снизить экономические и социально-экологические издержки при проектировании и эксплуатации локальных автономных комплексов по опреснению грунтовых вод до уровня питьевого качества с электроснабжением за счет возобновляемой солнечной энергии. На данный момент авторы имеют в виде задела в наличии прототип теплонасосной установки, которую необходимо интегрировать в многоцелевой комплекс по генерации электрической энергии и опреснению грунтовых и морских минеральных вод. Разработана концепция модуля опреснения воды с помощью мембранного метода и испарительного метода. Системы электро- и теплоснабжения на солнечных модулях и коллекторах хорошо известны, однако у авторов проекта имеется новая инновационная разработка конструкции фотоэлектрического-теплового модуля, сочетающего функции PV-модуля и коллектора, значительно повышающего общий КПД системы электро-тепло-снабжения. Имеется ряд предметных публикаций партнеров в журналах Q1 – один из последних: Спецвыпуск журнала Energies «Special Issue «Solar PV, Thermal, Concentrator and Hybrid Power Systems», итого 6 статей в данном выпуске: (https://www.mdpi.com/journal/energies/special_issues/PV_Power_Systems). В ходе проекта будет разработана методологическая концепция для проведения оптимизации в рамках эксергетического метода термодинамического анализа. Этот анализ предполагается провести на основе опытных данных, полученных на прототипе теплонасосной установки, системы электроснабжения и системы опреснения. Подобные неавтономные комплексы устанавливаются на промышленных предприятиях по добыче грунтовых минеральных вод. Однако их энергетическая эффективность чрезвычайно низка. Согласно фундаментальным основам физики работоспособность потока складывается из эксергии и анергии, которые необходимо учитывать при оптимизации.

Будет проведен глубокий фундаментальный анализ исследований, выделены основные этапы развития оптимизационных методов термодинамического анализа теплотехнических устройств и термодинамических процессов в энергетической отрасли. Также будут определены наиболее перспективные разработки в области технической термодинамики и оптимизационных задач в области термодинамических систем и комплексов в комбинации с электроэнергетическим оборудованием. Актуальность проекта для Российской Федерации определяется его направленностью на решение задач, сформулированных Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». НАУЧНАЯ НОВИЗНА Научная новизна представлена новыми знаниями по раскрытию и развитию эксергетических методов оптимизации соотношения «эксергия-анергия» с созданием соответствующих компьютерных моделей, методик оптимизации распределения энергопотоков между компонентами термодинамической системы, повышению эффективности установок в целом. Техническая новизна состоит в использовании комбинированного фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) для электроснабжения как теплового насоса, так и непосредственно опреснителя, с использованием низкопотенциального тепла грунтовых вод и подготовки исходной воды с помощью солнечных коллекторов, комбинированных с ФЭП. Также будет проведен глубокий термодинамический сравнительный анализ эффективности работы систем «солнечный коллектор – солнечный модуль» и интегрированной фотоэлектрической-тепловой системы, включающей фотоэлектрический преобразователь и коллектор, отдающий тепло от модуля и тем самым повышающий КПД PV-преобразователя с одновременным нагревом воды для последующего выпаривания. Более того, сравнительный анализ также будет проведен в части определения эксергетической эффективности выпаривателя и мембранного опреснителя. Эксергетические потери будут рассчитаны не только для самого грунтового теплового насоса с хладагентом R407C, но и для электрогенерирующего и опреснительного компонентов системы. Методология исследования заключается в комплексной оценке эксергетических потоков, их оптимизации при помощи новых методов аппроксимации кусочно-линейных функций, а также разработке предпосылок к использованию энергии как одного из компонентов нового вида анализа эффективности работы низкопотенциальных источников энергии. В результате обработки экспериментальных данных будут получены значения Coefficient of performance (COP),

эксергетической температуры для нижнего источника теплоты, для верхнего источника теплоты, эксергетического КПД отдельных компонентов и установки в целом, суммарные потери удельной эксергии теплового насоса. Для сбора данных будут использованы контроллеры типа STM-32 с коммуникационным протоколом Modbus. Гидродинамическое моделирование осуществляется в пакетах Ansys CFX/CFD/Fluent. Для обработки экспериментальных данных будут использоваться Matlab Simulink и VisSim. При проведении процедуры оптимизации режимов работы и выбора нескольких режимов с минимальными эксергетическими потерями важная роль отводится математическим способам обработки статистических данных. В результате будет показана методика повышения эффективности работы теплового насоса, в первую очередь основанная на применении солнечных коллекторов и фотоэлектрических преобразователей в качестве основного или резервного источника питания и оптимизации эксергетических потерь за счет эксерго-анергетической оценки режимов работы. Ошибки измерений параметров теплонасосной установки авторы представят в виде 3D кривой Гаусса, что станет возможным только при применении новых методов аппроксимации при обработке измерений. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ В ходе проекта будет создан прототип (экспериментальный образец) автономного многоцелевого комплекса мощностью до 1 кВт, включающего фотоэлектрический-тепловой преобразователь (для выработки электрической и тепловой энергии), теплонасосный модуль (для подачи исходной минерализованной или морской воды в опреснитель), опреснительный модуль (для скоростного опреснения воды на основе мембранного и/или испарительного метода). Соответствующие пояснения и рисунки приведены в Приложении 1. Проект является междисциплинарным, фундаментально-практическим и имеет почти стопроцентные шансы на коммерциализацию непосредственно сразу после окончания проекта, с постановкой на серию в течение 1-2 лет. Согласно данным ООН, потребность в подобных комплексах исчисляется сотнями тысяч единиц оборудования в различных модификациях, таким образом, экономический эффект от внедрения и реализации разрабатываемых комплексов средней стоимостью 25-50 тыс. руб. за 1 кВт установленной мощности составит более 10 млрд рублей. В ходе проекта планируется выпустить не менее 16 научных статей, в том числе не менее 10 статей в Scopus / Web of Science, преимущественно в Q1, что отражает 2-кратное превышение условий конкурсной документации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122072900041-0

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ТОЛЕРАНТНОЙ, ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ АТОМНЫХ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Исследование имеет фундаментальный характер и направлено на решение проблем надежного и экологически толерантного производства энергии в нашей стране и в других странах мира. Взрывной рост населения планеты, радикальное повышение стандартов энергообеспечения имеют следствием резкое повышение объемов потребления энергоресурсов и антропогенной нагрузки на окружающую среду и климат. Развивающиеся страны используют в первую очередь энергоисточники, имеющие наибольший уровень EROEI (англ. energy returned on energy invested) – соотношение полученной энергии к затраченной, энергетическая рентабельность, так как это позволяет достичь энергетического благополучия в кратчайшие сроки и обеспечивает качество жизни современных поколений. Из известных технологий надёжного и экологически безопасного производства энергии на сегодняшний день в лидеры уверенно выходит атомная энергетика. Имеется положительный опыт использования

всех типов возобновляемых источников энергии. В то же время использование основного загрязнителя биосферы – органического топлива – составляет в мире более 90% и не имеет реалистичных тенденций к снижению в ближайшие десятилетия. Быстро развивающиеся экономики России, Китая, Индии, стран Латинской Америки и Африканского континента, где проживает большая часть населения планеты, не могут быть ограничены в развитии в угоду странам, уже имеющим высокий уровень промышленности и энергетики. Насущным требованием сегодняшнего дня является создание технологий, сберегающих ограниченные ресурсы природного топлива (газа, угля, урана и пр.), максимально снижающих антропогенную нагрузку на биосферу и повышающих эффективность использования энергии потребителями. В исследованиях предлагается разработка теоретических основ совместного использования всех видов доступных на сегодняшний день энергетических технологий для создания

надёжной энергетики и достижения синергетического эффекта в снижении экологической нагрузки и минимизации потребления топлива. Особенностью данного проекта является принципиальная возможность практической

реализации разрабатываемых теоретических положений в крайне сжатые сроки при минимальном уровне капитальных вложений в условиях РФ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122020100478-3

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ОБЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУХОАККУМУЛИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рост установленной мощности ВЭС и СЭС в энергосистеме приводит к росту требуемого регулировочного диапазона, размещенного на включенном генерирующем оборудовании. В частности, для обеспечения баланса производства и потребления в ОЭС Юга с учетом реализации программы развития ВИЭ потребуются ежедневные пуски/остановы части генерирующего оборудования электростанций и/или

рост объемов экспорта (импорта) электроэнергии в соседние энергосистемы. Возможность ОЭС Юга использовать свободный регулировочный диапазон Урала и Сибири ограничена. Улучшение электрических режимов в ОЭС Юга возможно в случае реализации программ строительства энергоэффективной пиковой генерации или аккумулялирования электрической энергии (например, на базе ВАЭС).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 122011200443-8

ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫЕ ОКСИДЫ ($A_1-yBa_yF_{1-x}F'_xO_{3-d}$, $ABaF_2-xF'_xO_{6-d}$, где $A=La, Pr, Nd, Sm$; $F, F'=Co, Fe, Mn$) С ДОМЕННОЙ ТЕКСТУРОЙ И С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ БЫСТРЫМ КИСЛОРОД-ИОННЫМ И ПРОТОННЫМ ТРАНСПОРТОМ ДЛЯ КАТОДОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В настоящее время существует потребность прямого получения электроэнергии из органического топлива в связи с постоянным ростом потребления электроэнергии и спрос на высокоэффективные и одновременно экологичные решения проблемы преобразования и хранения энергии, например, переход на безуглеродные виды топлива (водород). Одним из эффективных способов преобразования и хранения энергии является использование энергоустановок на основе твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ), так как их можно использовать, с одной стороны, для генерирования электроэнергии путем подвода топлива (природного газа или водорода) и окислителя, и с другой стороны, – для получения, например, водорода и кислорода путем подвода воды и излишков электроэнергии из городской электросети, т.е. аккумулялирования энергии. Перспективным направлением видится использование бытовых установок ТОТЭ, пригодных для снабжения электроэнергией, теплом и горячей водой домохозяйств. Однако, несмотря на очевидную привлекательность твердооксидных топливных элементов, их широкое применение сдерживается рядом нерешенных эксплуатационных проблем, обусловленных химическим взаимодействием его компонентов (интерконнектора, катода, электролита и анода), их различным термическим и химическим расширением, высоким электрическим сопротивлением отдельных компонентов, и высокой рабочей температурой (900-1000°C), ускоряющей взаимодействие компонентов ТОТЭ и их деградацию. Такие проблемы приводят к значительному сокращению срока службы ТОТЭ, резко снижающемуся или низкому коэффициенту полезного действия (КПД). Важнейшей задачей является понижение температуры эксплуатации ТОТЭ. Для этого необходимы материалы компонентов ТОТЭ с приемлемыми физико-химическими характеристиками при относительно низких температурах (500-700°C) и/или при экстремально низких температурах (25-400°C). У таких материалов, например, материала катода, должны быть относительно большие уже

при низкой температуре величины общей и парциальных электропроводностей, коэффициентов диффузии кислорода и протона, констант поверхностного обмена. Необходимо располагать данными о термической и барической зависимости характеристик, причем не только в зависимости от парциального давления кислорода, но и от влажности, т.к. последние исследования показывают наличие протонной проводимости в различных перовскитоподобных оксидных катодных материалах для ТОТЭ. Поэтому настоящий проект направлен на решение фундаментальных проблем создания среднетемпературного твердооксидного топливного элемента, а именно поиска материалов катода ТОТЭ с высокими общей и парциальными электропроводностями, коэффициентами диффузии кислорода и протонов, константами поверхностного обмена при температурах 25-700°C. В качестве матричного соединения будет использоваться сложный оксид со структурой перовскита ($A_1-yBa_yF_{1-x}F'_xO_{3-d}$, $ABaF_2-xF'_xO_{6-d}$, где $A=La, Pr, Nd, Sm$; $F, F'=Co, Fe, Mn$), свойства которого будут целенаправленно изменяться путем частичного замещения по А- и В-подрешеткам. Такое допирование приведет к изменению параметров дефектной структуры матричного соединения, как следствие, к изменению физико-химических свойств, а именно к изменению общей/электронной/ионной проводимости, диффузии в твердом теле и поверхностному обмену с атмосферой. Сложный оксид с перовскитоподобной структурой и доменной текстурой способен быстро обмениваться кислородом уже при 70°C, что является экстремально низкой температурой для сложных оксидов, как было показано в одной из наших работ. В результате будут получены эффективные материалы катода ТОТЭ, работающие при относительно низкой температуре. Будет получена исчерпывающая информация по электропроводящим свойствам (общая, кислород-ионная, электронно-дырочная, протонная), коэффициентам диффузии кислорода и протона, константам поверхностного обмена данных оксидов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122060100016-3

МХЕНЕ СОДЕРЖАЩИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СБОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Дефицит энергии и воды признан одной из самых серьезных глобальных проблем 21 века. По оценкам, к 2050 году мировые потребности в энергоресурсах составят 50 ТВт

для поддержания экономического роста. Поскольку солнце ежедневно дает Земле 173 000 ТВт энергии, а солнечная энергия считается теоретически неисчерпаемой, многие

исследователи посвятили свою работу поиску материалов для эффективного сбора солнечной энергии. Солнечное излучение находится в диапазоне от 295 до 2500 нм, причем наиболее интенсивное солнечное излучение происходит в диапазоне видимого света, так что 43% солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, приходится на длины волн от 400 до 700 нм. Чтобы максимально использовать солнечное излучение, оптические материалы для эффективного сбора солнечной энергии должны обладать сильным и широкополосным поглощением. Полупроводники, которые являются наиболее часто используемыми материалами в таких приложениях, имеют широкую запрещенную зону и активны только в УФ-диапазоне. Например, TiO₂ является наиболее изученным и используемым материалом для преобразования солнечной энергии из-за простоты обработки, химической стабильности, большой площади поверхности, низкой стоимости, нетоксичности и отличных характеристик миграции заряда. Однако он имеет широкую запрещенную зону 3,2–3,5 эВ, что ограничивает разделение зарядов в диапазоне менее чем 5% солнечного спектра. При применении полупроводниковых материалов в схемах использования солнечной энергии исследователи часто сталкиваются с двумя проблемами - ограниченное поглощение света и быстрая рекомбинация зарядов. Проблема: Полупроводники имеют широкую запрещенную зону и активны только в УФ-диапазоне. Солнечное излучение простирается от рентгеновских лучей до радиоволн, причем наиболее интенсивное солнечное излучение происходит в диапазоне видимого света, так что 43% солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, приходится на длины волн от 400 до 700 нм. Например, если фотокатализатор будет использовать только УФ-излучение в реакции разложения воды, эффективность преобразования солнечной энергии в водород будет всего 2%, даже если принять квантовую эффективность 100% и пренебречь энтропийными потерями. Общеизвестно, что при применении полупроводниковых материалов в схемах использования солнечной энергии часто существуют две проблемы - ограниченное поглощение света и быстрая рекомбинация зарядов, хотя использовалось множество различных стратегий (например, инженерия дефектов или легирование) увеличения эффективности полупроводников для использования солнечной энергии. Соотношение эффективности и стоимости еще не соответствует значениям, необходимым для сопоставления с традиционными источниками ископаемого топлива и достижения широкого коммерческого применения. Целью этого проекта является разработка гетероструктур MXenes с двойным переходным металлом и изучение механизмов усиленного поглощения света в таких системах для сбора солнечной энергии. Наноленты DTM-MXene с химической формулой (B1-xTi_x)₂C, (B1-xTi_x)₃C₂ будут получены травлением из четырех компонентных MAX фаз, где M - пара переходных металлов (B1-xTi_x), A - металл (Al), X - углерод (C), x = 0 ... 1, B = V, Nb, Ta,

Cr, Mo, Sc, Hf, Ta, W, Mn, Y, Lu. Конкретными применениями, в которых способность этих материалов использовать солнечное излучение в качестве источника энергии, являются фототермический нагрев воды, фотокаталитическое очищение воды и реакция фотокаталитического расщепления воды для генерации водорода. Поскольку преобразование солнечной энергии регулируется четырьмя процессами (поглощение света, разделение зарядов, миграция заряда и рекомбинация заряда), то для достижения этой цели будут изучены и оптимизированы механизмы повышения плазмонных эффектов в материалах D-MXene для преобразования солнечной энергии путем сочетания систематического дизайна образцов с методами точной характеристики, фототермическими и фотокаталитическими испытаниями и теоретическими разработками. Решение: Чтобы преодолеть это ограничение, мы будем использовать двойной переходный металл MXenes (D-MXenes). MXenes - это класс плазмонных 2D-материалов, которые имеют большие перспективы для преобразования солнечной энергии благодаря разнообразному элементному составу, уникальной 2D-структуре, большой удельной площади поверхности, обильным поверхностным окончаниям, отличным фотоэлектронным свойствам. Недавнее внедрение MXenes с двойным переходным металлом (D-MXenes) еще больше увеличивает количество возможных структур MXenes и возможности настройки их свойств для соответствия конкретному применению. В зависимости от химического состава и метода изготовления эти материалы демонстрируют большое поглощение в широкой полосе пропускания (~ 1,55 мкм), охватывая значительное спектральное окно от видимого до ближнего ИК-диапазона, настраиваемые плазмонные резонансы и регулируемую работу выхода в большом диапазоне от менее 2,14 эВ (самая низкая работа выхода для всех металлов, цезия) до более 5,65 эВ (самая высокая работа выхода для всех металлов, у платины). Научная новизна данного проекта заключается в том, что впервые предлагается провести системное исследование синтеза и фотоактивных свойств гетероструктур MXene из четырехкомпонентных MAX фаз. В результате реализации проекта будут получены важные фундаментальные знания о структуре энергетических зон таких материалов. Это позволит объяснить процессы фотовозбуждения и переноса заряда в фотокаталитических композициях этого класса. Кроме того, будет изучен механизм каталитического действия композиций гетероструктур MXene, и новые наноматериалы будут характеризоваться такими параметрами, как спектральная область собственного поглощения, активность в модельных реакциях и т.д. Проведенные в проекте исследования расширят область фундаментальных знаний о гетероструктурах MXene и создадут основу для их практического использования, в том числе для перехода на новые материалы для нужд альтернативной энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122080200004-7

ПРИМЕНЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБМЕННОЙ РЕАКЦИИ МЕЖДУ МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ И НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИМ ОКСИДОМ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА, ПРИМЕНЯЕМОМ В КАЧЕСТВЕ КАТОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОТЭ

Твердоокисные топливные элементы (ТОТЭ), способные с высокой эффективностью конвертировать химическую энергию органического топлива непосредственно в электроэнергию, особо актуальны для России, поскольку две трети российских территорий (Дальний Восток, Сибирь и Арктика) малопригодны для централизованной энергетики. Энергоэффективность, а также энергосбережение распределенной энергетики, связанное с использованием топлива потребителем в соответствии с собственным графиком потребления, привело в последнее десятилетие к существенному прогрессу в разработке стационарных

установок ТОТЭ мощностью 1,5–5 кВт. Основными требованиями к таким установкам являются высокая эффективность, долговечность и низкая стоимость, которые реализуются, как правило, на планарных ТОТЭ. Тем не менее анализ показывает, что на рынке существуют огромная потребность в ТОТЭ мощностью от 1Вт до 1 кВт для мобильных и портативных устройств (военные приборы, электромобили, гаджеты и т.д.). Дополнительными требованиями к таким генераторам электроэнергии являются высокая удельная мощность, прочность и возможность быстрого запуска, что может быть реализовано на микротрубчатых ТОТЭ (МТ ТОТЭ).

Было показано, что МТ ТОТЭ по сравнению с традиционными ТОТЭ планарного и трубчатого типа обладают рядом заметных преимуществ: более высокие значения удельной мощности на единицу объема и веса; устойчивость к термошокам, что обеспечивает короткое время запуска (~5 сек) и работоспособность при больших температурных градиентах; достаточно высокая механическая прочность; возможность работы в режиме комбинированного внешнего и внутреннего реформинга, что позволяет значительно повысить топливную эффективность. На сегодняшний день передовыми научными группами ведутся активные поиски новых более совершенных катодных материалов для МТ ТОТЭ, способных эффективно работать в области средних температур (500–600°C). Дело в том, что для уменьшения размеров мобильных и портативных МТ ТОТЭ желательно иметь пониженную температуру, а, следовательно, необходим переход от высокотемпературных электролитов на основе оксида циркония к среднетемпературным, например, на основе оксида церия. Снижение рабочей температуры, как известно, приводит к тому, что эффективность МТ ТОТЭ ограничивает катодный материал, состоящий из оксида со смешанной ион-электронной проводимостью (СИЭП оксид), на котором возрастает поляризационное сопротивление (из-за падения скорости кислородного обмена между СИЭП оксидом и газовой фазой). Для управления функциональными характеристиками катодного состава необходима детальная информация о механизме кислородного обмена в данных соединениях. Несмотря на большой объем экспериментальной и теоретической информации, накопленной за последние десятилетия, детальный механизм обмена до сих пор остается под вопросом. Принципиальная проблема неоднозначности решения обратной задачи определения механизма превращения по его кинетике осложняется рядом особенностей, характерных для реакций твердого тела с газовой фазой: макрокинетический характер процесса и морфология твердых частиц. Важна и нестехиометрия оксидов – широкий диапазон стехиометрии кислорода приводит к большому разбросу кинетических параметров с 3-8. Известно, что константа скорости реакции поверхностного обмена и объемный коэффициент диффузии часто подчиняются степенному закону зависимости от равновесного парциального давления кислорода $\sim p_{O_2}^n$. Показатель степени n имеет характерное значение в диапазоне 0–1, что, однако, явно не учитывается при анализе кинетики

релаксации, хотя p_{O_2} изменяется в два раза, что приводит к существенному изменению кинетических параметров во время релаксации. Авторами проекта разработана новая методология и модели для изучения кинетики кислородного обмена двумя независимыми методами, дополняющими друг друга: изучение стационарной кинетики путем измерения кислородной проницаемости на мембранах и изучение кинетики обмена в смешанном режиме оригинальным методом релаксации парциального давления кислорода (РПДК). На момент подачи заявки разработка апробирована на 2 различных соединениях: феррит $SrFe_{0.98}Mo_{0.02}O_{3-z}$ и кобальтит $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.75}Fe_{0.2}Mo_{0.05}O_{3-z}$. Данные по составу $SrFe_{0.98}Mo_{0.02}O_{3-z}$ опубликованы в профильном журнале Chemical Engineering Journal (Q1). Целью настоящего проекта является: 1) дальнейшее развитие методики как в плане изучения новых составов (в том числе традиционных составов LSCF и LSM), так и технической модификации (увеличение рабочего диапазона, полная автоматизация и т.п.). 2) сравнительный анализ полученных данных с целью изучения механизма кислородного обмена на катодных материалах ТОТЭ и оптимизация, на основе созданных представлений, их транспортных характеристик (а именно, снижение поляризационных эффектов и удельного сопротивления катодных материалов за счет увеличения скорости кислородного обмена с газовой фазой, кислородной и электронной проводимости). 3) проверка предсказанных параметров на реальных прототипах МТ ТОТЭ с изученным катодным материалом. Измерение вольтамперных характеристик в зависимости от рабочей температуры. Научная новизна исследования заключается в новом подходе к изучению кинетики кислородного обмена: 1) впервые будет проведено комплексное изучение кинетики кислородного обмена при помощи стационарных и нестационарных методов; 2) впервые предлагается установить взаимосвязь скорости кислородного обмена катодных материалов (а, следовательно, поляризационного сопротивления) с химпотенциалом электронов, который определяется электронным строением оксида со смешанной проводимостью и кислородной стехиометрией. Решение научной проблемы, заявленной в проекте, и разработка МТ ТОТЭ имеют долгосрочные перспективы для новых наукоемких разработок; они обеспечивают выход на емкий рынок ТОТЭ для мобильных и портативных устройств (военная техника, транспорт, электроника, гаджеты и т.д.).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122111500053-3

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЯЮЩИХ УСТАНОВОК НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Разработка научных основ и методологии создания энергоресурсоэффективных и экономичных технологий производства и потребления энергоресурсов на объектах промышленной теплоэнергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

№ 122062700022-2

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТой ВРАЩЕНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Целью работы является разработка и создание прототипа автономной электроэнергетической системы малой мощности. Система включает в себя дизельный генератор с переменной частотой вращения, распределительное устройство на постоянном токе, аккумуляторный блок, автономный инвертор напряжения.

Основной идеей предлагаемого решения является повышение эффективности использования углеводородного топлива за счет согласования частоты вращения дизельного двигателя и мощности потребителей по критерию минимума

мгновенного расхода топлива. Дополнительно предлагается предусмотреть программно-аппаратную возможность интеграции в проектируемую электроэнергетическую систему малой мощности систем накопления энергии и возобновляемых источников.

В результате выполнения проекта планируется повысить степень технологической готовности макетного образца электроэнергетической системы малой мощности до уровня УТГ 6, с целью демонстрации разработанной технологии потенциальным заказчикам.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)»

№ 122112200008-3

ТОЛЕРАНТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Разработка теоретических основ и термодинамическая оптимизация экологически чистых гибридных энергетических комплексов на базе возобновляемых, атомных и тепловых энергоисточников, новых видов топлив включая биотоплива,

водород и газифицированные твердые топлива и твердые бытовые отходы с целью снижения техногенной нагрузки на биосферу вследствие снижения доли ископаемых топлив в энергетике.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122081700050-6

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ

Активное внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для снижения глобальных выбросов парниковых газов является устойчивым трендом уже более 10-ти лет. Однако именно в последний год данная проблема стала, возможно, самой актуальной из стоящих перед мировым сообществом на сегодняшний день. Прошедшая в конце октября 2021 года конференция ООН по изменению климата окончательно утвердила мировую повестку по полной декарбонизации в ближайшие два-три десятилетия. Данный процесс уже получил название «энергопереход 4.0», и по масштабам его уже сравнивают с индустриальной революцией. Следует отметить, что во многих странах (прежде всего, в странах Евросоюза) к сегодняшнему дню уже сложился устойчивый тренд на быстрый рост доли ВИЭ, причем, это произошло буквально в течение последних 10-15 лет. Так, если в начале 21 века доля ВИЭ в мировом годовом объеме строительства новой генерации составляла около 20%, то в 2020 году она была уже 80%. Таким образом, можно однозначно сказать, что возобновляемые источники будут в скором времени являться основными во всех энергосистемах мира. К сожалению, до настоящего времени Россия находилась, по большей части, в стороне от данного тренда. На сегодняшний день доля возобновляемой генерации (считая только солнечную и ветровую, и не учитывая ГЭС) в энергобалансе нашей страны составляет всего около 1%, что более чем на порядок ниже чем в странах-лидерах (до 30%). Существующие сегодня планы по увеличению этой доли до 10% к 2040 году все равно не позволяют говорить о следовании мировому тренду. Низкое внедрение ВИЭ связано отчасти, с устоявшимися представлениями о климатической непригодности нашей страны для солнечной и ветровой генерации, и отчасти с утверждениями о невозможности интеграции заметных

объемов ВИЭ без существенного улучшения сетевой инфраструктуры. Однако опыт других стран, в том числе близких к России климатически (например, Дания, Германия, Великобритания) показывает, что существенное увеличение доли ВИЭ вполне возможно и реально, однако требует реализации определенных технических и технологических решений. В настоящем проекте мы ставим целью исследование возможных сценариев интеграции больших объемов ВИЭ в Российскую энергосистему. Предполагается провести комплексный анализ влияния ВИЭ на все аспекты работы энергосистемы, от рынков на сутки вперед и рынков мощности, до быстрых электромеханических переходных процессов. Мы ставим амбициозную цель: доказать, что достижение высокой доли ВИЭ в России возможно и оправдано, и явно продемонстрировать различные сценарии внедрения ВИЭ в Российскую энергосистему. В частности, мы хотим показать, что: а) Потенциал возобновляемой энергетики в России очень велик, и что утверждение о неблагоприятном для этого климате не соответствует действительности; б) Уже в существующие электрические сети возможно интегрировать существенные объемы ВИЭ с минимальными корректировками в принципы управления сетью; в) Внедрение новых, но полностью реалистичных принципов и алгоритмов управления сетью, позволит без ущерба для надежности интегрировать в Российскую энергосистему большие объемы ВИЭ (50% и более) Мы продемонстрируем наши результаты на максимально реалистичных моделях с использованием программно-аппаратного моделирования в реальном времени, и разработаем ряд практических рекомендаций по поэтапному внедрению больших объемов ВИЭ в Российскую энергосистему.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122031400644-5

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Конечной целью работы является экспериментальная апробация принципиальных подходов к созданию энерготехнологического комплекса на основе высокотемпературного электролизера для производства кислорода и металлооксидных композиционных материалов из лунных реголитов. Целью исследовательской работы является экспериментальная отработка принципиальных подходов к созданию на основе неорганических промежуточных энергоносителей эффективных источников водорода для портативных, мобильных и распределенных альтернативных источников электроэнергии в широком диапазоне мощности, а также конкурентных по технико-экономическим показателям источников водорода для

снижения концентрации углерода в газовом топливе. Выбор материалов, конструкции и режимов работы реакторов термического разложения газообразных углеводородов (метана и ацетилена), обеспечивающих непрерывность процесса разложения углеводородов, их высокую степень конверсии и возможность получения твердого продукта с заданными свойствами. На основе расчетов методом функционала плотности и молекулярной динамики объяснение механизма электрокаталитического действия легированных графенов; поиск химических модификаций, катализирующих электрохимическое расщепление воды и конвертацию CO₂ и N₂ в синтетическое топливо.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070600009-9

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Разработка способа управления гибридными энергосистемами по данным предиктивной аналитики на основе перераспределения генерации мощности для повышения их эффективности и безопасности при эксплуатации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122062100031-0

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов в национальном хозяйстве РФ продолжает оставаться на низком уровне. Расход различных видов энергии на единицу внутреннего валового продукта в 2-3 раза выше среднемирового уровня. Это вызвано замедлением темпов внедрения передовых энергосберегающих технологий, высоким уровнем морального и физически изношенного оборудования и др. Возникающие аварии на источниках и сетях свидетельствуют о снижении уровня надежности систем энергоснабжения. В этих условиях актуальным направлением развития теплоэнергетики РФ является повышение энергетической и экономической эффективности производства, транспорта и использования топлива, электрической и тепловой энергии при обеспечении требуемого уровня надежности и безопасности

энергоснабжения потребителей. Научная и практическая значимость работы заключается в следующем: -исследовании свойств систем энергоснабжения и установление новых взаимосвязей между отдельными подсистемами энергетического комплекса промышленных предприятий и городов, разработка теоретических основ оценки их влияния на показатели надежности, безопасности, энергетической, экономической и экологической эффективности; -разработка научных основ, методов расчета и обоснования средств обеспечения надежности и безопасности структурно сложных многофункциональных систем энергоснабжения городов и промышленных комплексов; -научном обосновании рекомендаций по реконструкции и модернизации энергокомплексов с применением новых высокоэффективных технологий и энергетической техники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

№ 122112100064-0

ПОСТРОЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

В настоящее время для принятия эффективных решений, в том числе и в области энергетики с применением возобновляемых источников энергии, необходимо получать и обрабатывать активно изменяющуюся информацию из множества источников, анализировать поведение сложных систем различной природы, а также привлекать экспертов для получения новых знаний. В связи с этим, требуется реализовать интеллектуальную обработку поступающей информации, которая характеризуется высокой степенью неопределенности, изменчивости и сложности. Необходимыми элементами такой информационно-аналитической системы являются подсистемы мониторинга ситуации, прогнозирования и планирования, а также система поддержки принятия решения. Функционирование таких подсистем требует применения современных СУБД и баз знаний, а также технологий и инфраструктуры Big

Data. Важным этапом в процессе функционирования системы является моделирование поступления энергии от нетрадиционных источников в условиях характерных для макрорегиона или конкретной местности. Этот процесс, а также оптимизация параметров модели, требует большой вычислительной мощности. Для этого целесообразно применять различные методы искусственного интеллекта, например, глубокие нейронные сети, для обучения которых необходима кластерная инфраструктура из графических процессоров (GPU) или тензорных ускорителей (TPU). Учет динамики и закономерностей изменения внешней среды и ВИЭ в рамках информационно-аналитической системы приводит к изменению системы критериев системы, что позволяет системе адаптироваться к меняющимся факторам, что, в свою очередь, позволяет принимать эффективные решения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АДЫГЕЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123021200002-5

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ, ИНТЕГРИРУЕМОЙ С ВИЭ

Целью проекта является разработка и создание прототипа автоматизированной гибридной электроустановки (АГЭУ), интегрируемой с ВИЭ. АГЭУ позволяет обеспечить масштабирование системы энергоснабжения на основе ВЭИ до необходимой мощности за счёт соединения нескольких типовых модулей в единую систему или увеличения мощности отдельных элементов. Таким образом обеспечивается возможность использования АГЭУ не только в составе

той или иной энергосистемы, но и для энергоснабжения хозяйственных и жилых объектов в районах, не подключённых к сетям централизованного энергоснабжения, с дальнейшей перспективой их развития, и как следствие, увеличения мощности потребления энергии. Целью и задачами 1-го этапа проекта является разработка математических моделей АГЭУ, а также проведение исследований на их основе с целью определение оптимального состава АГЭУ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123090100098-5

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО КИСЛОРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ОБРАТИМОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

Обратимый топливный элемент с твердым полимерным электролитом (ОТЭ с ТПЭ) объединяет режимы топливного элемента для генерации энергии и электролизера для генерации водорода в экологически чистом, возобновляемом источнике энергии. Такое технологическое решение позволяет снизить массогабаритные характеристики устройства, понизить его стоимость, однако повышает технологическую сложность такой системы. Значительная роль отводится повышению деградационной устойчивости каталитических слоев и используемых газодиффузионных слоев при циклировании режимов, в большей степени в режиме производства водорода, и эффективности электрокатализаторов, что определяет эффективность и ресурс работы устройства в целом. Стабильный и высокоактивный бифункциональный кислородный катализатор, как известно, является одной из ключевых проблем для реакции восстановления кислорода и реакции выделения кислорода на воздушном электроде ОТЭ. На сегодняшний день исследования и разработки оптимальных бифункциональных электрокатализаторов, которые предполагают одновременную работу как для реакции

выделения, так и для реакции восстановления кислорода, стала основным препятствием в реализации ОТЭ как эффективного электрохимического устройства. Общая эффективность ОТЭ зависит от обратимости реакции электрода, что, в свою очередь, тесно связано с активностью бифункциональных катализаторов. Следует отметить, что коррозии подвергается не только катализатор, но и углеродные газодиффузионные слои (ГДС), что приводит к постепенному разрушению целостности устройства в процессе циклирования режимов работы. Предполагаемый проект будет направлен на решение проблемы коррозии и деградации свойств кислородного/воздушного электрода, связанной с окислением углеродного материала газодиффузионных и каталитических слоев, а также снижением эффективности бифункциональных электрокатализаторов в процессе эксплуатации обратимого топливного элемента (в режимах топливный элемент/электролизер). Будет также решена проблема создания эффективного и долговечного бифункционального катализатора кислородного/воздушного электрода на неуглеродной основе с высокими электрохимическими и кинетическими характеристиками.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 123030300028-6

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ДЛЯ МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

В Краснодарском крае более 14 тыс. малых фермерских хозяйств (МФХ), занимающихся производством мяса, рыбы, меда, молочных продуктов, овощей и фруктов, шерсти, многие из которых удалены от внешней энергетической системы. В качестве источников электроэнергии в МФХ применяются дизельные и бензостанции. На эксплуатацию этих источников требуются значительные затраты, кроме того, они оказывают отрицательное воздействие на экологию. Важный факт: фермерам предоставляются земельные участки при этом решающим фактором для создания МФХ является наличие вблизи линии электропередачи (трансформаторной подстанции). Авторами проведены теоретические исследования по оценке потенциала возобновляемой энергетики Краснодарского края, раскрыты в научных публикациях перспективы ветроэнергетических и солнечных фотоэнергетических установок, особенности их проектирования и эксплуатации. Накопленный опыт работы позволит разрабатывать энергоэффективные и энергосберегающие стационарные и транспортные автономные системы электроснабжения, выполненные на базе ветро-солнечных электростанций, для электроснабжения МФХ. Для реализации проекта будет применяться математический аппарат: основы теории возобновляемой энергетики и электротехники, электрических машин, силовой преобразовательной техники и автоматики, а также основы проектирования и математического моделирования. Научная новизна проекта заключается в разработке: - методики оценки потенциала ветро-солнечной электростанции с учетом уровня солнечной радиации, скорости ветра, рельефа местности, требований потребителей к качеству электроэнергии и надежности

электроснабжения; - методики расчета и выбора основных функциональных элементов стационарных и транспортных автономных систем электроснабжения на ветро-солнечных электростанциях; - математических моделей источников и преобразователей электроэнергии по исследованию их электромагнитной совместимости и разработке рекомендаций по проектированию автономных систем электроснабжения; - методики оценки структурно-схемного решения стационарных и транспортных автономных систем электроснабжения на ветро-солнечных электростанциях на этапе проектирования по основным критериям эффективности (экономические и энергетические показатели, показатели надежности, качества электроэнергии и массогабаритные показатели); - способов оптимизации структурно-схемного решения автономной системы электроснабжения на ветро-солнечной электростанции по основным критериям эффективности; - технологии энергоэффективной эксплуатации стационарных и транспортных автономных систем электроснабжения на возобновляемых источниках энергии. Технической новизна проекта будет подтверждена патентами РФ на новые технические решения источников, преобразователей и стабилизаторов параметров электроэнергии ветроэнергетических и солнечных фотоэнергетических установок, а также на структурно-схемные решения автономных систем электроснабжения, выполненных на базе ветро-солнечных электростанций. Предлагаемый математический аппарат позволит создавать энергоэффективные и энергосберегающие ветро-солнечные электростанции для малых фермерских хозяйств, обеспечивающих электроэнергией технологические процессы и жизнедеятельность обслуживающего персонала.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.Т. ТРУБИЛИНА»

2023

№ 123012700003-5

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЕМ И ПЕРЕРАБОТКОЙ НА ЦЕОЛИТАХ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Одним из стратегических направлений научно-технологического развития Российской Федерации является переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, формирование новых источников энергии. На сегодняшний день наиболее перспективными из альтернативных моторных топлив являются биодизельное топливо (БиоДТ), а также Green-углеводороды (GreenУВ), считающиеся топливом нового поколения, представленные Green-дизельным топливом (GreenДТ) и Green-авиационным керосином (GreenКеро). БиоДТ, представляет собой смесь моноалкильных сложных эфиров жирных кислот (чаще всего метиловых или этиловых), получаемых реакцией переэтерификации возобновляемых биологических ресурсов, таких как растительные масла, животные жиры, водоросли и др., в то время как GreenУВ, GreenДТ и GreenКеро (смесь насыщенных углеводородов с прямой и разветвленной цепью) получают гидрообработкой аналогичных биологических ресурсов, в первую очередь растительных масел. Огромное количество работ исследователей по всему миру, посвящено проблемам производства жидких биотоплив. Однако проведенный обзор литературных источников позволяет обозначить следующие проблемы: – большая часть описанных результатов получена для определенного типа сырья в узком диапазоне варьирования параметров; – параметры реализации процессов переработки растительных масел в экологически чистые компоненты моторных топлив обозначенные в работах как оптимальные значительно разнятся; – результатом описанных в работах изысканий является получение продуктов, являющихся полуфабрикатами, использование которых в качестве даже компонентов моторных топлив, требует дополнительной переработки; – подход к переработке растительных масел не является комплексным, целью зачастую является получение компонента какого-то одного типа моторного топлива. – исследователями, малое внимание уделяется эксплуатационным характеристикам получаемых продуктов с позиции использования их в качестве товарных моторных

топлив. Отдельно бы хотелось сосредоточиться на проблеме особо актуальной для Российской Федерации, имеющей суровый климат, обширные северные и арктические территории – неудовлетворительных низкотемпературных свойствах биотоплив. Наиболее перспективным представляется улучшение низкотемпературных свойств биотоплив переработкой на цеолитах, которые набирают все большую популярность в процессах нефтепереработки, ввиду своей невысокой стоимости, высокой активности и стойкости к каталитическим ядам. Рынок биотоплив в Российской Федерации практически не развит, при этом наша страна обладает огромными территориями для выращивания энергетических культур. Обозначенные выше проблемы и перспективы, позволяют сделать вывод о том, тема работы является крайне актуальной научной задачей. В работе впервые будут комплексно выявлены закономерности влияния технологических параметров на характеристики, состав и выход получаемых продуктов на всех этапах переработки различных растительных масел. Впервые будет реализован процесс переработки GreenДТ на цеолитном катализаторе структурного типа ZSM-5 (марка КН-30), установлены закономерности и определены оптимальные параметры реализации процесса. Разработанная комплексная схема и оптимальные параметры позволят производителям экологически чистых компонентов моторных топлив выбирать наиболее целесообразный путь переработки исходного сырья в зависимости от типа используемого растительного масла, имеющихся технологических мощностей, логистики, климатических особенностей региона, рыночного спроса. Вовлечение экологически чистых биокомпонентов, позволит производителям моторных топлив расширить сырьевой пул для производства товарных бензинов, реактивных и дизельных топлив; производить товарные продукты, готовые к реализации на внутреннем рынке и отправке на экспорт, соответствующие всем требованиям современных стандартов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062100040-1

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ ДЛЯ ФОТОНИКИ, ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ: НАПРАВЛЕННЫЙ СИНТЕЗ И ОБРАБОТКА, КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ

Проект связан с созданием многофункциональных наноструктурированных сред и исследованием закономерностей формирования структурно-морфологических характеристик и уникальных электронно-оптических свойств в низкоразмерных системах различной природы. Проект направлен на развитие фундаментальных основ направленного синтеза новых наноструктурированных функциональных материалов на основе широкозонных твердотельных систем с оптически активными центрами, комплексные исследования особенностей их электронного строения, закономерностей формирования независимых и взаимодействующих дефектных состояний, механизмов протекания радиационно-стимулированных процессов и

роли различных структурно-чувствительных свойств для технологических реализаций в фотонике, опто- и оптоэлектронике. В ходе проведения НИР будут получены результаты, которые имеют важное фундаментальное и практическое значение для развития современных наукоемких технологий, а также для решения различных прикладных задач опто- и наноэлектроники, твердотельной люминесцентной дозиметрии, нанофотоники, фото- и бетавольтаики, альтернативной энергетики и систем преобразования электромагнитного излучения, развития научных основ создания и обработки функциональных материалов для передовых отраслей науки и техники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 123091100082-1

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ДИЗАЙНА СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: НОВЫЕ СПЛАВЫ, КЕРАМИКИ И СТРУКТУРЫ

Целью проекта является разработка научных основ новых способов создания нано- и микроструктурированных неорганических материалов (металлы, сплавы, керамики, тонкопленочные наноструктуры, квантовые точки), получаемых с использованием современных технологий синтеза. Разрабатываемые материалы могут быть использованы в различных отраслях энергетики (ядерная энергетика, электроэнергетика, альтернативная энергетика). Проект реализуется по двум основным направлениям: - новые способы модификации (дизайна) структуры материалов для термоэлектрических источников энергии на базе полупроводниковых наноструктурированных функциональных материалов, получаемых методами МОС-гидридной и молекулярно-лучевой эпитаксии; - объемные конструкционные нано- и микроструктурированные материалы (металлы, сплавы, керамики) для ядерной энергетики и электроэнергетики. В рамках работ по направлению «Новые способы модификации (дизайна) структуры материалов для термоэлектрических источников энергии на базе полупроводниковых наноструктурированных функциональных материалов, получаемых методами МОС-гидридной и молекулярно-лучевой эпитаксии» будут решены следующие задачи: 1. Теоретический анализ термоэлектрического эффекта в вырожденных полупроводниках с высокой плотностью локализованных состояний в запрещенной зоне, обусловленной присутствием массивов квантовых точек. Поиск условий усиления коэффициента Зеебека за счёт термогенерации носителей, локализованных на этих состояниях. 2. Исследование термоэлектрических характеристик сформированных лабораторных образцов, сопоставление результатов с данными теоретического моделирования. Совершенствование лабораторной технологии для получения наилучшей комбинации термоэлектрических характеристик. 3. Разработка лабораторных технологий и формирование лабораторных образцов многослойных массивов самоорганизованных квантовых точек InAs/GaAs и Ge/Si с высоким уровнем легирования для применения в качестве термоэлектрических преобразователей энергии. Решение поставленных в проекте задач позволит получить общие сведения и разработать общую теорию термоэлектрического эффекта в полупроводниковых материалах в присутствии массива самоорганизованных квантовых точек. Указанные объекты представляют собой принципиально иную систему, чем те, что рассматриваются в подавляющем большинстве работ: туннельно-связанные, упорядоченные, однородные по размерам. В рассматриваемой нами системе туннельная связь между отдельными квантовыми точками не является обязательным условием, нанокластеры разных размеров по площади подложки распределены случайно, а закономерности самоорганизации определяют закономерности в статистическом распределении массивов квантовых точек по размерам. Поэтому в предлагаемых к исследованию структурах реализуется принципиально новая физика термоэлектрического эффекта, для изучения

которой требуется применение новых аналитических методик, согласованное со структурными исследованиями и измерениями термоэлектрических характеристик. Благодаря рассмотрению двух принципиально разных систем: на основе полупроводников A3B5 и A4, будут найдены общие закономерности в модуляции эффекта Зеебека за счёт введения квантовых точек с неоднородным распределением по размерам. В качестве практического результата решения поставленной в проекте задачи можно назвать отыскание технологических способов для усиления коэффициента Зеебека и общего повышения коэффициента ZT, подобный результат может быть использован при построении плёночных термоэлектрических батарей повышенной эффективности. В рамках работ по направлению «Объемные конструкционные нано- и микроструктурированные материалы (металлы, сплавы, керамики) для ядерной энергетики и электроэнергетики» будут решены следующие задачи: 1. Разработка новых конструкционных нано- и микроструктурированных керамик для атомного машиностроения и ядерной энергетики с повышенной прочностью, твердостью и износостойкостью. Для получения керамик будет использована технология высокоскоростного электроимпульсного («искрового») плазменного спекания, представляющая собой новый метод высокоскоростного горячего прессования. В рамках проекта будут получены новые научные знания о механизмах высокоскоростного спекания нано- и микроструктурированных оксидов, нитридов и карбидов, а также композитов на их основе. Будут проведены исследования влияния параметров нано- и микроструктуры керамик на их физико-механические и эксплуатационные характеристики. Результаты экспериментальных исследований будут сопоставлены с результатами компьютерного моделирования методом конечных элементов. 2. Создание высокопрочных микролегированных нано- и микроструктурированных медных сплавов для электроэнергетики, обладающих высокой прочностью, электропроводностью и сверхдлительной термической стабильностью. Для получения медных сплавов будут использованы технологии индукционного литья, ротационнойковки и равноканального углового прессования. Для достижения поставленной цели будут проведены исследования влияния легирующих элементов и частиц второй фазы на скорость миграции границ зерен при отжиге, скорость зернограницного проскальзывания и деформационно-стимулированного роста зерен в мелкозернистых сплавах, изучены механизмы деформации и разрушения новых медных сплавов, в том числе - механизмы сверхпластичности, износа и ползучести. Полученные экспериментальные результаты будут сопоставлены с результатами теоретических расчетов и компьютерного моделирования. 3. Разработка лабораторных технологических процессов изготовления высокопрочных нано- и микроструктурированных материалов и изделий из них для перспективных приложений в ядерной энергетике, атомном машиностроении и электроэнергетике.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»

№ 123091800051-0

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ НА МЕТАН ВОДОРОДНОЕ ТОПЛИВО

Водородная энергетика – это одно из основных решений для перехода к устойчивой низкоуглеродной экономике. Водород позволяет осуществить эффективную интеграцию возобновляемых источников энергии в энергосистему, способен обеспечивать распределение энергии между различными отраслями экономики и регионами, выступать в качестве буферного элемента для повышения

устойчивости всей энергетической системы, перспективен в целях декарбонизации. Возможными шагами на пути перехода к водородной энергетике являются: • частичное замещение углеводородов, потребляемых в различных сферах деятельности, метано-водородной смесью (МВС); • использование МВС в качестве топлива; • использование МВС в качестве высокотехнологического энергоносителя

для экспорта. Основное направление исследования: 1) Как меняется расход метана при добавлении водорода в пропорциях 10%/20%/30% по объему для метано-водородной смеси? 2) Насколько снизятся выбросы CO₂ при использовании метано-водородной смеси в соответствующих пропорциях? В настоящее время в мире существует несколько промышленных способов получения водорода. Причем

производство водорода может осуществляться вообще без углеродного следа при соблюдении определенных условий. Также стоит отметить, что относительно метана: • объемная теплота сгорания водорода в 3,4 раза меньше; • плотность водорода в 8,3 раза меньше; • массовая теплота сгорания водорода в 2,4 раза выше.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123111700025-7

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФУРАНОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОМАССЫ

Наблюдаемый в последние десятилетия рост благосостояния населения сопровождался ухудшением здоровья людей, вызванным, в первую очередь, ростом уровня загрязнения окружающей среды из-за экстенсивного использования ископаемого топлива для промышленного и постиндустриального развития. В связи с этим усилия мирового сообщества все сильнее сосредотачиваются на поиске альтернативных путей производства энергии. Одним из таких возобновляемых источников энергии является биомасса, которая обладает огромным потенциалом с точки зрения производства биотоплива для транспорта, электричества и тепла. Растительная биомасса состоит из различных углеводов, всевозможные превращения которых позволяют получать ценные промежуточные химические продукты из ненужных отходов. Одним из главных продуктов каталитической конверсии биомассы являются производные фурана (например, фурфурол или фурфуриловый спирт), часто используемые в тонком органическом синтезе и химии полимеров. Кроме того, замещенные 2,5-дигидрофураны (2,5-ДГФ) широко распространены в природе и являются структурными единицами различных биологически активных веществ, в результате чего они могут применяться и в

производстве лекарственных препаратов. 2,5-ДГФ получают из фурфурола (фурфурилового спирта, 2-метилфурана) с использованием токсичных тетракарбосильных солей свинца или электрохимическим окислением фурана, которое включает электролиз в растворе или ковалентную иммобилизацию реагентов на поверхности вспомогательной твердой фазы. Последние отличаются достаточно низкой стереоспецифичностью реакции, приводящей к образованию смесей стереоизомеров, что существенно снижает привлекательность данной трансформации в синтезе биологически активных соединений. Кроме того, для конверсии ощутимого количества исходных фуранов требуется значительное количество электричества, что в условиях крупнотоннажного промышленного получения 2,5-ДГФ является неоправданно затратным. Предложенный в настоящем проекте способ электрохимического окисления замещенных фуранов, выделенных из биомассы, откроет новые возможности получения дигидрофуранов методами «зеленой химии», что будет способствовать снижению уровня загрязнения окружающей среды благодаря переходу от использования ископаемого топлива к доступной биомассе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н.НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123120600118-9

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ ПОКОЛЕНИЯ IV

В настоящее время человечество стоит на пороге разительных изменений в способах получения энергии. Развитие технологий и рост населения мира, требующие более высоких стандартов жизни, постепенно увеличивают мировые потребности в энергии, в то время как запасы традиционных источников энергии сокращаются. На данный момент существуют два варианта решения этой проблемы: 1. Более эффективное использование существующих источников энергии. Однако запасы ископаемого топлива быстро истощаются и создают серьезные проблемы для окружающей среды: возникают парниковый эффект, озоновые дыры, кислотные дожди и химическое загрязнение. 2. Разработка и внедрение новых источников энергии. Для выхода нового энергоносителя на энергетический рынок необходимо выполнить несколько задач. 1) Новые энергоносители должны удовлетворять растущие производственные потребности и быть экологичными (благодаря их использованию должны сокращаться глобальные выбросы загрязняющих веществ). 2) Они должны быть доступны к закупке и использованию во всем мире, быть экономически рентабельными на всех этапах жизненного цикла. 3) К ним будут предъявляться требования по безопасности – на этапе производства, использования и утилизации. Вероятно, что в будущем водород станет наиболее предпочтительным энергоносителем для выработки электричества. Водород можно полностью сжечь и использовать для производства электроэнергии с помощью топливных элементов. Его использование может резко сократить глобальные выбросы CO₂. Водородная экономика становится все более заметной и получает более сильную политическую поддержку во многих странах.

В настоящее время водород в основном производится путем риформинга ископаемого топлива, а значит, преимущества сокращения выбросов парниковых газов не будут значительными, если не будет разработан способ производства водорода без выбросов углерода; поэтому разрабатываются альтернативные методы по производству водорода без использования ископаемого топлива. Только возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и ядерное производство водорода являются углеродно-нейтральными и их можно использовать вместе. Планы по увеличению его производства с использованием электроэнергии от ВИЭ в основном основаны на низкотемпературном электролизе. В последние годы виды неэлектрического применения ядерной энергии были расширены за счет появления ядерного производства водорода и получение высокотемпературного технологического тепла. Среди прочих именно технологии ядерного производства водорода обладают большим потенциалом и преимуществами. Выбор водородных технологий (для сопряжения с ядерными энергетическими реакторами) во многом зависит от типа самой атомной электростанции (АЭС). Некоторые технологии (обычный электролиз) требуют только подвода электроэнергии, другие (термохимические циклы) – только высокотемпературное технологическое тепло. Также бывают гибридные технологии, такие как высокотемпературный паровой электролиз (HTSE) или гибридные термохимические циклы, для которых требуется как тепло, так и электричество. Ядерные реакторы четвертого поколения (поколение IV) могут обеспечить водородом весь мир, поскольку как термохимические, так и электролизные процессы могут быть интегрированы в атомные

электростанции поколения IV. В данном исследовании будет проведен всесторонний анализ производства ядерного водорода с использованием атомных электростанций IV поколения. Научной новизной данной работы является разработка и анализ различных схем производства ядерного водорода на базе АЭС IV поколения. Моделирование различных циклов АЭС и процессов производства водорода

будет выполняться с помощью программы HYSYS. Кроме того, будет проведена экономическая оценка для выбора наиболее выгодного варианта для РФ. Наконец, на основе полученных результатов технико-экономических оценок, будут представлены наиболее эффективные схемы производства водорода с использованием АЭС IV поколения с учетом экономических и технологических условий в РФ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123101600244-4

ФАЗОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧЕ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ПРОДУКТА РЕАКЦИИ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИХ СРЕД В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ФЛЮИДНОМ СОСТОЯНИИ

Во всем мире осуществляется поиск других (альтернативных) видов топлив, получаемых из возобновляемых источников энергии, способных заменить традиционное нефтяное топливо. К одному из таких топлив можно отнести биодизельное топливо. Одним из путей решения проблем получения биодизельного топлива является осуществление реакции переэтерификации в СБКФ и СКФ условиях для реакционной смеси, ввиду того, что при этих условиях отсутствует многоступенчатая очистка продуктов реакции, достигается высокий выход целевого продукта за короткий промежуток времени, процесс терпим к повышенному содержанию воды в исходном сырье, не прихотлив в выборе исходного сырья, осуществим на

малогабаритных установках, энергоэффективен и экологичен. Помимо прочего технология может быть дополнена рядом модифицирующих факторов, таких как к примеру, как ультразвуковое эмульгирование реакционной смеси, использование соразтворителя среды реакции, гетерогенного катализатора, проточного реактора, оптимального принципа его нагрева и др. Для рентабельной коммерциализации данной технологии необходимо исследование научных основ по способам увеличения реакционной способности, а также интенсификации тепло- и массообменных процессов в рамках реакции переэтерификации, осуществляемой в суб- и СКФ условиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123110800126-3

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЗАТРАТ ГЕНЕРАЦИИ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГИИ

Обоснование соответствия тематики НИР выбранному направлению Стратегии Научно-технологического развития РФ. Последние десятилетия актуальным стало не только эффективное изготовление экономических благ для удовлетворения потребностей общества в целом и для каждого отдельно взятого потребителя. Но вместе с тем техногенное воздействие деятельности человека на окружающую среду сокращает зоны пригодные для его жизнедеятельности. Одним из инструментов позволяющим снизить негативное воздействие человека на окружающую среду является использование нетрадиционных, возобновляемых источников энергии, или другое название этого инструментария «зеленой» энергетики. Формирование «зеленой» энергетики - это не модный тренд, а объективная необходимость, вызванная снижением запасов природно-минеральных ресурсов, влиянием деятельности человека на окружающую среду и т.д. «Зелёная» энергетика - это прежде всего принципиально новые (несущие в себе характеристики радикальных инноваций) технологии, которые способны изменить не только материально-техническую базу, но и социальные процессы в обществе. Для России «зелёная» энергетика имеет свои особенности: высокие затраты на первоначальных этапах и относительно низкая отдача; огромные географические пространства,

географический ландшафт, климатические условия. Необходимость выполнения данной НИР определяется также тем, что ни в учебно-методической, ни в научной литературе нет методик расчёта издержек генерации «зелёной» энергии. Более того, существующие подходы оценки затрат генерации традиционной энергии базируются на методиках, более применимых, например для предприятий машиностроительного комплекса. Планируемые результаты НИР: разработка научно-методических рекомендаций и методических положений по оценке «зелёной» энергетики; разработка научно-методических рекомендаций и методических положений по оценке экономической и социально-экономической эффективности «зелёной» энергетики. Предполагаемое использование научных результатов: разработанная методика оценки затрат генерации «зелёной» энергии может иметь прикладное использование для оценки затрат генерации «зеленой» энергии; полученные результаты могут быть применены для формирования цены на электроэнергию; научно-методические рекомендации и методические положения по оценке экономической и социально-экономической эффективности могут быть применены для обоснования и оценке проектов «зелёной» энергетики. полученные результаты могут использоваться в учебном процессе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА»

№ 123042000049-7

ПЛАЗМОН-ИНДУЦИРУЕМЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ: ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Энергетический кризис, связанный с недостатком энергоресурсов, является одним из глобальных вызовов человечества. Решение проблемы сводится к разработке новых методов генерирования энергии, в том числе и с применением солнечного света. Не менее важным является рациональное ее использование в производственных процессах. Одним

из основных потребителей энергии являются химические производства. Энергоемкость химических производств может быть снижена за счет разработки новых подходов к активации реакций с использованием возобновляемых источников энергии, например, солнечного света. Прогресс в данном направлении был достигнут при использовании редокс-

фотокатализа, требующего относительно коротковолнового освещения. В последние годы появились междисциплинарные исследования, связанные с активацией химических реакций на поверхности наночастиц металлов (Au, Ag, Cu и Al) за счет возбуждения плазмонного резонанса. Плазмон возбуждается при использовании видимого или инфракрасного света, что позволяет проводить процессы в мягких условиях при использовании низкоэнергетических источников света. Знания в области химии плазмона находятся на начальном этапе развития, что не позволяет успешно внедрять их в практику химической технологии даже на лабораторном уровне – так, если физическая природа явления описана в деталях, то фундаментальные аспекты взаимодействия плазмона с молекулами являются вопросом дискуссионным. Проект представляет собой междисциплинарное исследование, призванное получить новые знания о вопросах взаимодействия молекул с плазмой и разработать фундаментальные основы его использования в химической технологии и для экологических применений. В проекте планируется исследование механизмов взаимодействия молекул с плазмой с использованием теоретических и экспериментальных подходов, разработанных, в том числе, и авторским коллективом. Ключевая роль принадлежит ресурсным центрам «Оптические и лазерные методы исследования вещества» и «Нанотехнологии» в составе ЦКП Научный парк СПбГУ, имеющим уникальные установки для оптических методов исследований в фемтосекундных шкалах, необходимые для исследования механизмов процесса с участием возбужденных состояний вещества. Результаты исследований выльются в глубокое понимание процессов плазмонной активации и позволят выявить

ключевые факторы, влияющие на протекание реакций с точки зрения основных параметров плазмон-активных материалов и электронного строения молекул. Найденные закономерности реакций лягут в основу разработки методов трансформации веществ под действием плазмона. Будут разработаны гибридные материалы на основе металл-органических каркасов с внедренными плазмон-активными элементами и мезопористых металлов. Кроме того, будут созданы практически значимые методы деградации экотоксикантов с использованием солнечного света. Мы намерены разработать технологические основы процессов трансформации веществ с использованием энергии плазмона. Для этих целей планируется разработка проточных реакторов с использованием аддитивных технологий 3D-печати, в том числе и специальными полимераами. Проект будет реализовываться на стыке физической и органической химии, химии поверхности, квантовой химии, физики твердого тела и химической технологии. Проект призван по-новому взглянуть на использование инструментария органической и физической химии для достижения глубокого понимания процессов активации реакций на границе между наноматериалами и веществом. Проект будет реализован молодым, но опытным коллективом, имеющим существенный задел в предметной области и опыт междисциплинарных исследований. В качестве партнера для проведения исследований были выбраны ресурсные центры, имеющие инфраструктуру для исследования динамики процессов в фемтосекундном диапазоне, что существенно поднимет уровень исследований. Взаимосвязь опыта научного коллектива проекта с доступом к уникальному оборудованию позволит успешно решить ключевые задачи проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123022100004-7

ИННОВАЦИОННЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Планируется проведение исследований по созданию новых систем аккумулирования тепловой энергии на основе численных и натурных экспериментов по интенсификации теплообменных процессов, вариантов

применения аккумулирования тепла в энергетических системах и комплексах различных масштабов в том числе, с использованием возобновляемых источников энергии и тепловых насосов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123121500040-1

РАЗРАБОТКА И ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ)

Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен проект, заключается в разработке и интеграции новых методов и современных технологий построения цифровых двойников энергетических объектов на основе онтологического моделирования, интеграции математических и семантических моделей, методов машинного обучения, агентных вычислений. Новизна подхода определяется, во-первых, разработкой общей методологии построения цифровых двойников (ЦД), интегрирующей традиционные математические и современные семантические (в частности, онтологические) модели, системы сбора информации и методов машинного обучения; во-вторых, обеспечением гибкости архитектуры ЦД при использовании агентно-сервисного подхода к проектированию и реализации ЦД, построением научных прототипов ЦД энергетических объектов. Актуальность решения обозначенной проблемы, с одной стороны, обусловлена тем, что на данном этапе развития общества, экономики и производства главным направлением является цифровая трансформация, причем одним из современных трендов цифровизации, получивших уже достаточно широкое распространение в мире, являются Цифровые двойники (ЦД) (Digital Twin). В ряде случаев создание и распространение цифровых двойников считают синонимом цифровизации энергетики. Согласно данным

института Гартнера, цифровые двойники в 2018 -2019 гг. находились в верхней точке графика, иллюстрирующего тенденции развития технологий, активное развитие этой технологии прогнозируется в следующие 5-10 лет. С другой стороны, актуальность проекта обусловлена тем, что на территории РФ имеется большое количество изолированных энергетических систем, в первую очередь в отдельных удаленных и труднодоступных поселениях. Сейчас реализуются государственные программы по электрификации таких населенных пунктов, где наряду с традиционными источниками электроэнергии устанавливают возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Все это направлено на снижение себестоимости производства электроэнергии, но их постройка является большим одноразовым вложением средств, требует качественного обслуживания уже построенных объектов, и в связи с отсутствием российских аналогов систем управления зачастую такие системы являются убыточными. В то же время ориентация на нейтрально-углеродную энергетику требует разработки новых методов проектирования, управления функционированием и развитием таких систем, включающих ВИЭ, где могут быть перспективны технологии ЦД. В работе предлагается разработать и интегрировать методы и технологии построения ЦД таких систем, в задачи которых будет входить проектирование, управление их

функционированием и прогнозирование поведения в различных ситуациях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123021500002-2

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ УГЛЕРОД НЕЙТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ CO₂-ЦИКЛОВ

В условиях сохранения в мировом энергетическом балансе высокой доли первичного органического топлива, что характерно и для России, требуется разработка углерод нейтральных технологий его использования при производстве электроэнергии. Предлагается разработка методических основ создания углерод нейтральных технологий производства электроэнергии на основе циклов с нулевыми выбросами. В основе технологических решений лежит применение газообразного топлива, доля которого в энергобалансе России свыше 70%. Газ сжигают в кислороде с получением в качестве продуктов сгорания CO₂ и H₂O. Полученный CO₂ используют в качестве рабочего тела в цикле с нулевыми выбросами, а воду выводят из него в регенераторе в процессе конденсации. Избыток CO₂ направляют на захоронение. Единой теории CO₂ циклов с нулевыми выбросами не выработано, её создание затруднено фактическим отсутствием реализованных технических решений. В проекте предлагается разработка обобщающих методических положений, объединяющих исследования во-первых, в области термодинамики процессов CO₂ циклов разной конфигурации и архитектуры, во-вторых, в области формирования тепловых схем перспективных энергоблоков с оценкой их энергетической эффективности, в третьих, технико-экономические оценки реализации

технологий. Разработанные методические основы позволяют вести сравнение технологий с нулевыми выбросами (zero-технологий) на каждой стадии их изучения по показателям термодинамической, энергетической и экономической эффективности. Рассматривают четыре варианта цикла с нулевыми выбросами: с подъемом давления компрессором; с подъемом давления насосом; с двухступенчатым подъемом давления компрессором и насосом; с конденсацией рабочего тела. Разрабатывают методическое обеспечение и на его основе ведут оптимизационные расчеты по определению наилучших термодинамических параметров циклов по критерию наивысшего термического КПД. Формируют технологические схемы разной архитектуры с определением состава оборудования и их энергетической эффективности с учетом углерод-нейтральности по экологическим показателям. При технико-экономической оценке учитывают вновь создаваемое оборудование при помощи степенной параметрической функции, когда стоимость оборудования зависит от термодинамических параметров цикла. Задачи проекта направлены на создание единого подхода для квалифицированного анализа CO₂ циклов с нулевыми выбросами в окружающую среду для производства электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123062000009-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ, МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Цель НИР — исследование надежности и эффективности функционирования энергетических систем со значительной и постоянно возрастающей долей ВИЭ и ГЭС в условиях масштабных изменений природной среды и климата. Ставятся следующие задачи: должно быть проведено оптимизационное моделирование энергосистем для принятия практических решений по развитию энергосистем, включая обоснование инвестиций и технологическое планирование развития энергосистем (в смысле, конструкционном расчете применительно к энергетике); в свете опережающих темпов развития солнечной энергетики в мире должно быть проведено более детальное исследование зависимости

эксплуатационных характеристик фотоэлектрических преобразователей энергии от метеорологических параметров с целью прогнозирования их работы в условиях природно-климатических изменений; должны быть проведены численные расчеты показателей функционирования энергосистем северной Евразии, включая Россию и некоторые сопредельные страны, для ожидаемых к середине текущего столетия климатических условиях для различных сценариев структуры производства энергии. Результаты НИР предназначены для использования при разработке долгосрочных стратегий развития энергосистем России.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123083000052-0

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНАЦИЙ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ БИОМАССЫ С ВНЕДРЕНИЕМ СТАДИИ АДсорбции

В последнее время все больше внимания уделяется поиску и развитию технологий, основанных на альтернативных и возобновляемых источниках энергии, что позволит снизить негативный эффект от деятельности энергетической отрасли. Помимо экологической составляющей, фактором в поддержку развития альтернативной энергетики является истощение запасов ископаемых топлив. Перспективным возобновляемым источником энергии является биомасса — ее ресурсы широкодоступны, а их энергетическое использование помимо прочего поможет решить проблему утилизации местных биоотходов, что положительно скажется на энергетической безопасности регионов. Использование ресурсов биомассы для нужд энергетики также способствует

решению одной из актуальных на сегодняшний день задач — снижению выбросов парниковых газов и переходу к «углеродной нейтральности» с энергообеспечением населения. В связи с тем, что использование биомассы в исходном состоянии затруднительно по ряду факторов, необходим поиск путей ее эффективного использования. Одним из наиболее эффективных, доступных и развивающихся в последнее время способов энергетического использования ресурсов биомассы является термическая переработка с целью получения обогороженного топлива в твердом, жидком и газообразном состоянии. Однако в процессе термического преобразования, в качестве побочных продуктов образуются смолопродукты, которые загрязняют пиролизный газ, тем

самым снижая его калорийность. Более того, наличие смол приводит к их конденсации на элементах технологического оборудования в процессе переработки биомассы. Решить эту проблему можно за счет применения в качестве сорбента по улавливанию пиролизной смолы углеродистого остатка, являющегося еще одним продуктом процесса термического разложения. Сорбционные свойства углеродистых остатков зависят от многих факторов. Малоизученным направлением является сопиролиз (co-pyrolysis) различных видов биомассы, при котором возможен положительный синергетический эффект с точки зрения улучшения пористости структуры и удельной поверхности углеродистых остатков, а также энергоэффективности процесса в целом. При выполнении

исследований будут проведены прикладные эксперименты, которые позволят определить оптимальные условия получения углеродистых остатков с повышенными сорбционными свойствами из различных видов местных неликвидных отходов относительно широкого набора факторов (фракции, состава биотопливных композиций, температуры сорбента, вида засыпки при переработке, минеральных компонентов); планируется разработать решения, которые позволят получать высококалорийный газ из местных биоресурсов за счёт внедрения в процесс переработки стадии адсорбции с использованием углеродистых остатков в качестве сорбента для очистки от смол.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123090400019-7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦА МЕТАЛЛОГИДРИДНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА

В рамках выполнения работ создается модель металлгидридной системы аккумулирования водорода для экспериментального подтверждения возможностей отечественных металлгидридных технологий. Данная работа является первым этапом полномасштабной разработки металлгидридных систем малой и средней мощности для аккумулирования водорода, произведенного за счет

использования излишков электроэнергии, производимой АЭС и ВИЭ. В результате выполнения работы должен быть создан научно-технический и технологический заделы и разработан проект технического задания на создание экспериментального образца металлгидридной системы аккумулирования водорода на основе интерметаллических сплавов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123051000054-3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ И РЕЖИМОВ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ГИБРИДНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В ходе развития, технологического перехода и трансформации в целом мировой энергетики, стремлением к её децентрализации, диджитализации и декарбонизации, одним из передовых направлений в электроэнергетики является всё более активное и масштабное использование распределенной малой генерации, как на основе топливных углеродных ресурсов с синхронной связью между источниками при их подключении к электрическим сетям, так и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), работающих в электрической сети и питающие нагрузку на переменном или постоянном токе через частотно-преобразовательные устройства. Последнее приводит к неизбежному массовому применению инверторов в существующих электрических сетях переменного тока. Положительный экологический эффект от использования возобновляемых источников энергии сопровождается множеством потенциально негативных технических последствий для электроэнергетических систем, обусловленных принципиальными особенностями работы применяемых инверторов в преобразовании постоянного тока в переменный, а также отсутствием обоснованных технических требований к гибридной малой генерации, работающей в энергосистемах со стороны электрических сетей. Последствия для электрических сетей от недостаточно

проработанного включения в сети большого количества мощных инверторов (гибридной генерации) заключается в значительном снижении качества электроэнергии, надежности электроснабжения, связанном, как с отключениями инверторов, так и потребителей, нарушениями в работе средств релейной защиты и автоматики существующих сетей. При этом основным побуждающим фактором включения инверторов в сети является только повышение эффективности использования генерации на ВИЭ. В связи с развитием электроэнергетических систем и массовым появлением в их структуре новых технических элементов необходимо проведение комплексного исследования влияния гибридной генерации (совместной работы традиционной топливной генерации и электронной генерации) на устойчивость режимов электроэнергетических систем разного уровня (от Micro- до MacroGrid) для обеспечения основы надежности электроснабжения потребителей в широком плане, начиная от моделирования этого влияния и анализа используемых критериев устойчивости, заканчивая рекомендациями по снижению негативного влияния гибридной генерации на качество электроэнергии и надежность электроснабжения потребителей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123120500005-3

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ (ТРАДИЦИОННЫХ) ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ

Цель: - представить научное обоснование и разработать эффективные технические средства стабилизации оптимальной работы инженерных сетей зданий при комбинированном использовании традиционных и возобновляемых источников энергии с применением нейромоделирования. Задачи: - проанализировать

современное состояние возобновляемой энергетики в РФ; определить основные проблемы развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии; обосновать способы и средства решения энергетических проблем на ближайшую перспективу; - выполнить математическое моделирование процессов в системах комплексного

энергоснабжения и их отдельных элементах для выбора оптимальных параметров и характеристик систем энергоснабжения и режимов их функционирования; - повысить энергетическую эффективность эксплуатации объектов недвижимости; - интеллектуализировать процессы управления системами климатизации зданий. Для решения поставленных задач требуется интеграция ГИС и BIM систем,

с целью создания информационной модели и последующей ее верификации. Совместное использование геометрических и атрибутивных данных цифровой информационной модели в сочетании с динамической онлайн информацией подключенных SCADA-систем позволяет создать систему нейроруправления.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123120500067-1

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКОВ РЕМОНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

При обеспечении надёжности электроэнергетических систем (ЭЭС) необходимо решать ряд сложных задач, направленных на регуляризацию технологических процессов. К таковым процессам можно отнести систему планово-предупредительных ремонтов энергетического оборудования, а также ремонтов по техническому состоянию. Ввиду того, что в ЭЭС в непрерывном режиме функционирует значительное количество различного оборудования, которое имеет различный уровень технического состояния и различные требования к объёмам и периодичности проведения плановых ремонтов, необходимо обоснованно, с максимизацией положительных эффектов формировать графики выполнения ремонтов энергетического оборудования. Практикой эксплуатации энергосистем доказано, что своевременное невыполнение ремонтов энергетического оборудования приводит к значительному повышению количества его отказов и повышению экономического ущерба из-за этих отказов. Другая сторона планирования ремонтов заключается в том, что ремонты энергетического оборудования должны быть гармонично и эффективно встроены в режимы работы ЭЭС. Для корректного решения этой задачи необходимо проводить оценку надёжности ЭЭС, учитывая максимальное количество факторов, влияющих на надёжность. Как правило

планирование ремонтов проводится на долгосрочный период планирования работы ЭЭС, который может составлять до 1 года, но в процессе эксплуатации в зависимости от складывающихся условий в энергосистеме планы по выполнению ремонтов могут быть скорректированы. В рамках реализации настоящего проекта будут решены задачи, касающиеся формирования оптимальных графиков ремонтов энергетического оборудования на рассматриваемую перспективу планирования работы ЭЭС. К таким задачам относятся: формирование новой оригинальной постановки оптимизационной задачи планирования ремонтов энергетического оборудования с учетом её комплексного характера; теоретическое обоснование нового вида системной надёжности - плановой надёжности ЭЭС; разработать оригинальную методику оценки плановой надёжности ЭЭС; сформулировать требования для полноты использования исходных данных, характеризующих ЭЭС и энергетическое оборудование; предложить математические модели энергетического оборудования для их использования при оценке плановой надёжности, в том числе возобновляемых источников энергии, систем накопления энергии; применить и адаптировать методы искусственного интеллекта для решения поставленных задач.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

4.8 Интеллектуальные технологии управления электроэнергетическими и теплоснабжающими системами, включая передачу электрической энергии, управление спросом на электрическую и тепловую энергию и мощность, цифровые двойники объектов электроэнергетики, цифровые информационные модели электроэнергетических систем

2021

№ 122041400249-1

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВИСОВ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Проект направлен на преодоление технологических барьеров дорожной карты «Энерджинет» НТИ в части отсутствия комплексных решений для цифровых подстанций и цифровых сетей среднего и низкого напряжения, микросетей, энергетической инфраструктуры зданий, соответствует приоритетному сегменту «Интеллектуальная распределенная энергетика» дорожной карты «Энерджинет» НТИ и актуален для современных и перспективных интеллектуальных электроэнергетических комплексов (ИЭК), работающих в условиях рынка управления спросом на электроэнергию. В основе проекта лежит цифровая платформа Интернета вещей для реализации сервисов по управлению спросом на электроэнергию в ИЭК и новые аналитические модели, включающие в себя методы машинного обучения с подкреплением и технологии аппроксимированного

динамического программирования (ADP). ADP - это метод слабого искусственного интеллекта, который в данном НИОКР будет впервые адаптирован под предметную область управления спросом и позволит разрабатываемой цифровой платформы выбирать наилучшие сценарии управления энергопотребителями, СНЭ или ВИЭ в заданные моменты времени с учетом общей системной динамики и рынка управления спросом. Платформа актуальна для крупных энергопотребителей, агрегаторов спроса, сетевых компаний, а также потребителей в энергодефицитных районах, поскольку позволяет балансировать нагрузку, уходить от энергопотребления в пиковые часы, повышает пропускную способность энергосетей. Проект ориентирован на широкое применение в РФ, странах СНГ, БРИКС и других.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНСАЙТ ГЛОБАЛ»

№ 121111900082-0

ТЕНДЕНЦИИ И СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА, МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ С ГЛУБИННЫМ ПРОМЕРЗАНИЕМ ГРУНТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Научно-исследовательская работа посвящена актуальной проблеме энергосбережения в системах теплоснабжения зданий и сооружений, расположенных в Арктической зоне России. Представлены данные о климатических особенностях территории с многолетнемерзлыми породами. Приведена характеристика экономической деятельности в Арктической зоне. Выполнен анализ схем систем теплоснабжения и технических характеристик существующих

теплоизоляционных материалов. Приведены результаты численного моделирования взаимодействия элементов систем теплоснабжения с многолетнемерзлыми грунтами. Предложены варианты использования теплоизоляционных материалов. Разработаны конструкции фундаментов, обеспечивающих устойчивость и долговечность трубопроводов систем теплоснабжения объектов, расположенных в Арктической зоне.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121111800131-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕВОДА СУЩЕСТВУЮЩИХ КОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПАО «ГАЗПРОМ» НА РАБОТУ БЕЗ ПОСТОЯННОГО ПРИСУТСТВИЯ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

В процессе работы выполнены: сбор сведений, анализ уровня, степени автоматизации и диспетчеризации производственных котельных, анализ отечественного опыта по переводу котельных на «безлюдные» технологии обслуживания, определен перечень котельных объектов ПАО «Газпром» для перевода на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала, разработаны: требования к принципиальным техническим решениям по переводу котельных на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала, требования к уровню и степени автоматизации и диспетчеризации котельных, переводимых на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала, предложения по оснащению котельных современными средствами автоматизации и диспетчеризации, определены приоритетные направления и мероприятия по переходу на «безлюдные» технологии, разработана Комплексная целевая программа перевода существующих котельных объектов ПАО «Газпром» на работу

без постоянного присутствия обслуживающего персонала с оценкой технико-экономических показателей. Результатом работ являются: по этапу 1 - Отчет о НИР «Обоснование необходимости и возможности перевода существующих котельных объектов ПАО «Газпром» на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала», по этапу 2 - «Комплексная целевая программа перевода существующих котельных объектов ПАО «Газпром» на работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала». Результаты работы предназначены для использования Департаментом ПАО «Газпром», ответственным за реализацию корпоративной политики в области транспортировки, подземного хранения и использования газа при планировании мероприятий по оптимизации эксплуатационных затрат, планировании реконструкции и модернизации систем теплоснабжения объектов ПАО «Газпром», разработке технических требований к перспективному энергетическому оборудованию.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ ПРОМГАЗ»

№ 121021600268-3

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Основной целью исследований является развитие теории, создание и исследование математических моделей, методов и технологий построения информационно-измерительных и управляющих систем для повышения эффективности и надежности функционирования сложных технических объектов и технологических процессов в условиях неопределенных и изменяющихся параметров, неконтролируемых внешних воздействий и априорно неизвестной окружающей обстановки. Результаты работы: создание математических моделей спутниково-инерциальных навигационных систем с бортовым пространственно распределенным комплексом источников инерциальной информации о движении, разработка методов планирования схем безопасной навигации мультиагентных систем движения в различных информационных ситуациях; разработка методов и алгоритмов анализа и управления рисками сложных технических систем ответственного назначения, создание методов топологического анализа

транспортных сетей и построения интеллектуальных транспортных систем; разработка методов повышения эффективности массообменных технологических процессов на основе построения систем управления ими с использованием виртуальных анализаторов показателей качества выходного продукта; создание методов синтеза интеллектуальных информационно-управляющих систем для мобильных и манипуляционных роботов, функционирующих в условиях неопределенности; разработка методов диагностики частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования с согласованием данных электромагнитных и акустических измерений, создание методов учета аналитических связей между диагностируемыми параметрами электрических цепей; разработка методов и программных средств информационно-аналитического обеспечения энергоэффективных режимов функционирования систем теплоснабжения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012100475-7

СОЗДАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ТЕПЛОвого ПОТОКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ, А ТАКЖЕ В СИСТЕМАХ «УМНЫЙ ДОМ»

Экономия энергетических ресурсов и эффективное управление тепловыми потоками сегодня один из главных трендов развития экономики. Управление системами

теплоснабжения от тепловых генерирующих систем до конечного потребителя требует применения недорогих, точных, небольших по массогабаритным характеристикам

датчиков теплового потока. Необходимо контролировать тепловой поток от источника до конечного потребителя, на всех этапах теплоснабжения. Тонкопленочный

термоэлектрический датчик позволит контролировать состояние технологического оборудования, обеспечивая предупреждение и защиту от перегрева.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТОРИОН-ППУ»

№ 122022700023-3

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Автономные системы теплоснабжения обеспечивают тепловой энергией в виде отопления и горячего водоснабжения население, проживающее как в небольших населенных пунктах, так и в отдельных районах городов. На территории Российской Федерации, в силу природных и территориальных условий, автономные системы теплоснабжения часто не имеют альтернатив, но при этом внедрение новых технологий в этих системах отстает от научно-технического прогресса. Такое отставание обусловлено, с одной стороны, инерцией мышления и сложившейся традицией внедрять пусть простые, но надежные решения, а с другой стороны отсутствием проработанных решений, гарантирующих повышение энергоэффективности энергетического оборудования. Применяемые в автономных системах теплоснабжения паровые котлы, как правило, в силу своей повышенной опасности при эксплуатации имеют штатные системы автоматического управления, обеспечивающую как энергетическую эффективность, так и надежность эксплуатации. Водогрейные котлы, особенно котлы с ручной подачей топлива, либо управляются полностью вручную, либо системы автоматического управления отвечают только за часть энергетического оборудования (например, за подачу топлива и подачу воздуха). При ручном управлении энергетическим оборудованием на котельных в автономных системах теплоснабжения средства измерений используются максимально простые, предназначенные только для визуального контроля. Поэтому вопрос повышения энергетической эффективности автономных систем теплоснабжения является системным, требующим комплексного научного подхода. На крупных тепловых электростанциях успешно применяются различные автоматизированные системы управления, обеспечивающие надежность и высокую энергетическую эффективность выработки тепловой и электрической энергии. Высокая стоимость и избыточная для автономных систем теплоснабжения функциональность этих систем делает невозможность их внедрения на котельных средней и малой мощности. Для газовых и жидкотопливных котлов средней и малой мощности существуют компактные системы автоматического управления, в том числе позволяющие эксплуатацию таких котлов без непрерывного присутствия обслуживающего персонала. Высокая энергоэффективность таких котлов обусловлена типом сжигаемого топлива, достаточку как жидкое, так и газообразное топливо можно достаточно точно дозировать. Процесс горения топлива в газовых и жидкотопливных котлах в целом равномерен, не подвержен резким изменениям, что позволяет построить систему управления на простых ПИД-регуляторах. В автономных системах теплоснабжения газовые и жидкотопливные котлы не имеют широкого применения по двум причинам: высокая стоимость жидкого топлива и ограниченность возможности подключения к источнику газоснабжения. Поэтому в автономных системах теплоснабжения наибольшее распространение получили твердотопливные котлы, использующие в качестве топлива дрова или уголь. Подача топлива в такие котлы, как правило, осуществляется периодически ручным или автоматизированным способом. Процесса горения топлива в твердотопливных котлах принципиально отличается от процесса горения в газовых и

жидкотопливных котлах: он имеет периодичную зависимость от системы подачи, поэтому характеризуется как не равномерностью тепловыделения, так и не равномерностью требуемого для горения объема воздуха. Это повышает сложность системы управления процессом горения для твердотопливных котлов, а так же невозможность применения существующих алгоритмов и моделей, используемых в системах управления котлов с непрерывной равномерной подачей топлива. Кроме непосредственно источника теплоснабжения, для автономных систем теплоснабжения так же является характерным наличие сильной связи через теплоноситель с системой транспортировки тепловой энергии до потребителей. Автономные сети теплоснабжения имеют меньшую инерционность, по сравнению с сетями централизованного теплоснабжения городов, больше подвержены влиянию потребителей и погодных условий. Поэтому повышение энергетической эффективности автономных систем теплоснабжения только за счет автоматизации управления котлами на котельных нецелесообразно. Повышение энергетической эффективности автономных систем теплоснабжения является комплексной задачей, которая не может быть сведена к сумме частных решений из-за сильного взаимного влияния как источника тепла на сеть теплоснабжения, так и наоборот, а так же сильного влияния внешних факторов. Требуется комплексное решение на основе обобщенной модели автономной системы теплоснабжения. В текущих экономических условиях, возросших требованиях к энергосбережению и экологичности, вопрос разработки автоматизированных систем управления (АСУ) для рассматриваемых систем становится актуальным. Современные измерительные и микропроцессорные устройства позволяют реализовать экономическое целесообразное решение для автономных систем теплоснабжения, но в настоящее время отсутствуют научные основы для разработки эффективных систем управления такими системами. На текущий момент существуют и прошли апробацию частные не системные решения отдельных задач управления, которые могут быть положены в основу решения поставленной задачи. Данный проект направлен на разработку эффективной математической модели и алгоритма управления автономными системами теплоснабжения, как единого комплексного объекта по критерию минимума удельного расхода топлива и электрической энергии на отпуск и транспортировку тепловой энергии. Научная новизна работы заключается в разработке нового метода и алгоритма управления процессом выработки и передачи тепловой энергии в автономных системах теплоснабжения обеспечивающих снижение потребления энергоресурсов и учитывающих особенности процесса сжигания различных видов топлива. Повышение энергетической эффективности автономных систем теплоснабжения позволит повысить экологичность таких автономных систем, снизить потребление топлива на выработку тепловой энергии и, как следствие, уменьшить «углеродный след» автономных систем теплоснабжения. Выполненные в рамках данного проекта методические, алгоритмические и аппаратные разработки будут иметь практическую апробацию с целью подтверждения на практике теоретических научных результатов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121070700037-2

АДАПТИВНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКОВ

В последнее время активизировалось создание интеллектуальных сетей, которые отличаются от классических электрических сетей тем, что они включают в себя собственные источники генерации энергии и в кризисные ситуации способны обеспечить питанием потребители и позволяющей автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду. В качестве источников электроэнергии могут выступать не только крупные электростанции и автономные дизель-электрические агрегаты, но и аккумуляторы высокой ёмкости, ветровые электростанции, солнечные панели, водородные топливные элементы и т.д. Сложностью при использовании различных источников в умных сетях является согласование различных уровней напряжения, которое усугубляется тем фактором, что часть электроэнергии производится или запасается в сетях постоянного тока, а часть – в сетях переменного тока. Помимо этого, с развитием систем хранения электроэнергии, автономные устройства запасают электроэнергию и часто работают на постоянном токе, процесс преобразования из

одного рода тока в другой зачастую однонаправлен или экономически неэффективен, что уменьшает возможность перераспределять мощности внутри сетей, тем самым делая её более надёжной и эффективной. Процесс согласованной и эффективной работы цепей постоянного и переменного тока с их взаимной заменимостью является насущной проблемой для внедрения адаптивных и гибких сетей электроснабжения. Благодаря разработке интеллектуальных сетей существенное повышение эффективности использования генерирующей и сетевой мощности, снижения потерь энергии и стоимости обслуживания и ремонта электрических сетей, существенное снижется аварийность и повысится надёжность и качество электроснабжения конечных потребителей. Целью научного исследования является дальнейшее совершенствования интеллектуальных сетей электроснабжения среднего и низкого напряжения с интеграции цепей постоянного и переменного токов на основе современных силовой полупроводниковой техники и информационных технологий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121070200062-9

РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ 6-35 кВ С ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ ОТ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Проект направлен на создание нового класса измерительного оборудования для интеллектуальной электроэнергетической системы - комбинированных цифровых трансформаторов тока и напряжения 6-35 кВ с встроенной системой питания, не имеющих аналогов в России и за рубежом. Использование нетрадиционных датчиков тока и напряжения совместно с цифровой технологией передачи данных позволит увеличить точность измерения, особенно в переходных режимах (не искажается форма кривой тока), уменьшить массогабаритные показатели,

сделать трансформатор взрыво- и пожаробезопасным, обеспечить его работу в широком диапазоне номинальных токов. Интеграция системы питания от высоковольтной линии электропередачи позволит сделать трансформатор автономным без необходимости подвода цепей питания от внешнего источника к месту установки. Область применения: измерение тока и напряжения на цифровых подстанциях и линиях электропередачи. Потребители: электросетевые и генерирующие компании, предприятия ТЭК, крупные промышленные предприятия.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ»

2022

№ 122020300190-2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И ОБОРУДОВАНИИ СИСТЕМ КЛИМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Управление потреблением энергии зданием на предиктивной основе позволяет существенно снижать как установочную мощность генераторов теплоты, так и эксплуатационный расход тепловой энергии. Одним из путей поиска путей решения по внедрению такого способа управления является выявление характерных особенностей конкретных зданий на основе продолжительных наблюдений с фиксацией большого числа параметров изменения состояния. Наиболее доступным для измерения и эффективным

для анализа параметром при этом является температура наружного и внутреннего воздуха, поверхностей, массива ограждающих конструкций. Такие параметры позволяют охарактеризовать здание, его теплоинерционные свойства, особенности работы гидравлических контуров систем передачи тепловой энергии. Полученная характеристика может быть использована при настройке параметров работы систем теплоснабжения, отопления и охлаждения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК»

№ 122050500037-5

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

Цель работы: Исследование и совершенствование способов управления технологическими процессами теплоэнергетических установок, структуры систем теплоснабжения и технологий обеспечения их базовой и пиковой мощности, повышение энергетической эффективности теплотехнологических процессов и установок, разработка энергетически и экологически эффективных технологий водоподготовки и очистки загрязненного воздуха, применения

тепловых насосов в теплоэнергетических установках и системах теплоснабжения, повышение энергоэффективности установок системы холодоснабжения. Общие положения: Разработка и совершенствование методов исследования термодинамических основ повышения энергоэффективности теплотехнологических процессов и установок. Создание на основе современных материалов и средств автоматизации процессов и установок, функционирующих с учётом

требований энергоэффективности и экологических норм. Совершенствование методов и технических средств систем теплоснабжения и теплоэнергетических установок. Расчетный анализ методов и средств определения технического состояния функционирования теплотехнологического оборудования. Разработка математических моделей для инженерных расчетов. Разработка и исследование новых эколого - энергосберегающих технологий и технологических процессов малой энергетики. Проектирование

теплоэнергетического и теплоиспользующего оборудования, систем и установок искусственного климата. Повышение энергетических показателей холодильных агрегатов и основных элементов оборудования, применение современных средств регулирования и автоматизации. Внедрение энергоэффективных теплотехнологических процессов и установок позволит повысить эффективность использования энергоресурсов и производительность производства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

№ 122092700005-2

«ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН» - ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В результате выполнения работы планируется: разработать эскизный проект конструкторской документации (в соответствии с ГОСТ 2.103-2013) на макет и компоненты газ угольных установок; разработать макет и компоненты газ угольной установки; разработать методику моделирования системы управления объектами электрогенерации различного генезиса; разработать прототип тестовой

платформы для моделирования управления компонентами системы энергогенерации различного генезиса; получить перечень исходных данных для разработки цифровых моделей котлоагрегатов и турбоагрегатов реконструируемой Владивостокской ТЭЦ-2; разработать концепцию цифровой модели реконструируемой Владивостокской ТЭЦ-2.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122112300046-4

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ (ИНЖЕНЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ)

Актуальность данного исследований заключается в решении соответствующих больших (фронтирных) инженерных задач в интересах высокотехнологичной промышленности и обеспечение импортозамещения, технологического суверенитета и национальной безопасности в условиях мобилизационной экономики. Параметры инженерных задач определены в Стратегии ТЭК до 2030 года, утвержденной Министерством энергетики РФ. Актуальность выбранного направления также определяется тем, что одной из характеристик результатов Стратегии ТЭК является реализация цифровых двойников для не менее 80% объектов ТЭК к 2030 году. В частности, в настоящее время проектирование и эксплуатация большинства объектов российского ТЭК осуществляются на основании традиционных подходов путем тиражирования стандартного набора технических решений без моделирования состояния объекта в реальных условиях эксплуатации. Такой подход приводит к тому, что проверенные технические решения при изменении внешних факторов, зависящих от реальных условий эксплуатации объектов, не дают заявленной эффективности, а применяемое оборудование и материалы требуют ремонта и технического обслуживания значительно чаще, чем требуется по техническому состоянию оборудования что приводит к значительным эксплуатационным издержкам, не учитываемым при проектировании объектов. Результаты исследований будут использованы для расчета фактической стоимости всего жизненного цикла проектируемых объектов ТЭК и при эксплуатации существующих объектов для эффективного планирования эксплуатационных расходов, своевременной реализации мероприятий для упреждающего реагирования на возможные отказы оборудования и повышения надежности, а также принятия обоснованных решений на необходимость проведения модернизации оборудования отдельных узлов и конкретных объектов в целом. Тематика проекта «Разработка алгоритмов работы интеллектуальной системы управления инженерными

объектами топливно-энергетического комплекса (ТЭК) путем оптимизации и трансформации бизнес-процессов(моделей) на основе технологии цифровых двойников, модельно-ориентированного системного инжиниринга и информационных технологий в интересах высокотехнологичных компаний» определена в соответствии с Энергетической Стратегией РФ на период до 2035 года, утвержденной правительством РФ распоряжением №1523-р от 9 июня 2020 года – «Ускоренный переход энергетического сектора на новый управленческий и технологический уровень, обеспечивающий условия для развития ТЭК и долгосрочного устойчивого социально-экономического развития РФ путем оптимизации и трансформации бизнес-процессов(моделей) с применением цифровых технологий и платформенных решений в условиях высокой динамики изменений и внешних факторов». Реализации проекта на примере газораспределительной станции (ГРС) и малой ГЭС предполагает последовательное решение следующих задач:

- Построение цифровых паспортов сложных промышленных объектов (инженерных объектов) ТЭК;
- Разработка цифровых моделей процессов эксплуатации с учетом всех специфических особенностей;
- Разработка интеллектуальной системы управления эксплуатацией сложного промышленного объекта, для оптимизации бизнес-процессов. Результатами проекта будут являться: - Методика формирования цифрового паспорта сложного промышленного объекта ТЭК; - Методика построения цифровых моделей процессов эксплуатации на предприятиях ТЭК - Методика интеграции цифрового паспорта и цифровых моделей процессов эксплуатации для создания интеллектуальной системы управления сложными промышленными объектами ТЭК; Разработанные методики лягут в основу разработки отраслевого стандарта по построению цифровых моделей сложных промышленных объектов (инженерных объектов) предприятий ТЭК, таких как газораспределительные станции, малые ГЭС, «цифровое месторождение» и другие.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122122900030-6

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Характеристика основной темы. На текущий момент имеется два действующих способа проведения технико-экономических расчетов и подготовки технической документации теплоснабжающей организации - ручная самостоятельная обработка технико-экономических расчетов и подготовка документации силами сотрудников теплоснабжающей организации или обработка технико-экономических расчетов и подготовка документации силами экспертных организаций. Научно-технические проблемы, на решение которых направлено выполнение НИОКР: 1) Отсутствие системности в подходах к проведению технико-экономических расчетов теплоснабжающих организаций, использование устаревших шаблонов и методик. 2) Высокая продолжительность проведения технико-экономических расчетов теплоснабжающих организаций. 3) Высокая себестоимость проведения технико-экономических расчетов теплоснабжающих организаций. Цель НИОКР: Разработать и провести тестирование прототипа системы автоматизации технико-экономических расчетов и технической документации теплоснабжающей организации. Новизна предлагаемого решения заключается в создании нового метода проведения технико-экономических расчетов и подготовки технической

документации теплоснабжающей организации. Актуальность НИОКР определяется необходимостью повышения энергетической эффективности недофинансированной отрасли энергетики и ЖКХ России, перераспределения финансовых ресурсов в рамках организации. Результат: веб-сервис (система «Норма-ТЭК»). Области применения - бизнес-процессы теплоснабжающей организации (проведение технико-экономических расчетов и подготовка технической документации) Категории потенциальных потребителей - теплоснабжающие организации на территории РФ и СНГ. Внедрение системы «Норма-ТЭК» в процессы теплоснабжающей организации позволит: 1) Сократить продолжительность проведения технико-экономических расчетов и подготовки документации. 2) Снизить себестоимость проведения технико-экономических расчетов и подготовки документации (отказаться от использования экспертных организаций и дорогостоящих компетентных специалистов). 3) Систематизировать информацию о системах теплоснабжения организации. 4) Обеспечить сохранность информации с целью проведения технико-экономических расчетов в будущих периодах.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «Т ЭНЕРГЕТИКА»

№ 122061400001-3

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО АППАРАТА С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

В виде программно-аппаратного комплекса. В собранном виде научно-технический продукт представляет собой интеллектуальную установку, которая монтируется в существующую систему отопления или внедряется на первоначальном этапе строительства помещения в котором будет располагаться система теплоснабжения. Установка комплектуется различными техническими устройствами:

водогрейный котел, насосы, клапаны, запорная арматура, датчики и т.д. Выбор комплектующих осуществляет потребитель, если уже имеющееся оборудование отвечает технологическим требованиям, то его замена не предусматривается. Кроме того, потребитель решает с помощью чего будет осуществляться управление, вручную или автоматически.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

№ 122060600017-5

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО АППАРАТА С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

В виде программно-аппаратного комплекса. В собранном виде научно-технический продукт представляет собой интеллектуальную установку, которая монтируется в существующую систему отопления или внедряется на первоначальном этапе строительства помещения в котором будет располагаться система теплоснабжения. Установка комплектуется различными техническими устройствами:

водогрейный котел, насосы, клапаны, запорная арматура, датчики и т.д. Выбор комплектующих осуществляет потребитель, если уже имеющееся оборудование отвечает технологическим требованиям, то его замена не предусматривается. Кроме того, потребитель решает с помощью чего будет осуществляться управление, вручную или автоматически.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

№ 123032000055-9

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ – КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Цель и задачи работы Целью работ является разработка перспективного программно-аппаратного комплекса мониторинга и обеспечения эксплуатации цифровых измерительных комплексов Цифровой подстанции (далее Комплекс). Задачи работы: - разработка конструкторской документации; - разработка функционального обеспечения; - изготовление опытного образца. Актуальность работ: Разрабатываемый Комплекс предназначена для работы

в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами объектов, оснащенных цифровыми измерительными комплексами Цифровой подстанции. Область применения: Комплекс предназначен для обеспечения эксплуатации цифровых измерительных комплексов Цифровой подстанции, включая, но не ограничиваясь оптическими трансформаторами тока COSI CT F3.

Исполнитель: ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «КОНТИНУУМ»

№ 123011300111-4

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО И СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Практически все существующие методы модального анализа не учитывают динамику взаимодействия собственных мод системы, существенно влияющую на вариации энергии её возмущений. Предложенный участниками проекта оригинальный метод субграмианов позволяет получать спектральные разложения энергетических функционалов и количественно оценивать взаимодействие собственных мод в динамической системе. Под энергетическими функционалами понимаются обобщения функций Ляпунова, которые характеризуют энергию сигнала либо энергию возмущения системы при её отклонении от равновесного состояния. Целью предлагаемого проекта является разработка – на основе метода субграмианов – методов, алгоритмов и общей теории для оценки устойчивости и надёжности распределённых динамических систем посредством анализа спектральных разложений энергии возмущения и явного учёта взаимодействия собственных мод системы, а также топологии распределённой системы. Поскольку в распределённых системах каждая собственная мода ассоциирована с определёнными узлами графа взаимодействий системы, одной из задач проекта является разработка новых критериев оценки состояния системы на основе комбинации метода субграмианов и информации о топологии сети. Полученные критерии позволят эффективно оценивать запасы устойчивости в сечениях сети, проводить её структурный анализ и выявлять её «узкие места». Разрабатываемые методы помогут точнее учесть межмодальные и резонансные взаимодействия в больших мультирезонансных системах и соотнести их со структурой и сечениями сети. На основе развитой теории будут предложены новые технологии адаптивного мониторинга и управления электроэнергетической системой (ЭЭС), в частности, будут рассмотрены следующие задачи: – • Оценка запасов статической устойчивости ЭЭС, выделение опасных межрайонных колебаний и количественная оценка их взаимодействия. – • Выявление доминирующих центров качаний и соответствующих им критических «коридоров» на графе сети, а также предсказание устойчивости этих качаний в режимреального времени. – • Задача технической диагностики электромеханического оборудования ЭЭС на основе выявления нарушений «энергетического» спектрального баланса между отдельными узлами или устройствами в сети. – • Адаптивная настройка системных регуляторов

крупных генераторов – • Выбор оптимального расположения стабилизаторов и элементов системы мониторинга переходных режимов (СМПР) на графе ЭЭС. – • Определение предельных пропускных способностей и оптимального потокораспределения в сети на основе «энергетических» критериев. – • Балансирование генерации и потребления в локальных электросетях (микросети) с распределённым управлением. За счёт более точных предсказательных моделей и автоматизации принятия решений предлагаемые технологии мониторинга и прогноза состояния ЭЭС позволят снизить издержки генерации и передачи электроэнергии, повысить надёжность и устойчивость распределительных электрических сетей, разработать новое поколение систем диспетчерского управления, повысить наблюдаемость сети при снижении расходов на оборудование и каналы связи, обеспечить большую гибкость и оперативность реагирования в критических ситуациях. Разрабатываемые методы не ограничиваются анализом ЭЭС и применимы к широкому классу современных сложных динамических систем различной природы. Примерами могут служить Международная космическая станция, система подавления колебаний в сложных конструкциях, робототехнические комплексы, электрический самолет и электромобиль. Такие приложения предъявляют всё более высокие требования к системам управления в отношении их надёжности, точности и быстродействия, а также необходимости учитывать размер, распределённость, многорежимность и нелинейность. Разрабатываемые в проекте методы будут применимы для адаптивной диагностики и мониторинга состояния таких систем. В частности, в рамках проекта будет продемонстрирована применимость новых методов для настройки системы управления электромобилем и для целей медицинской диагностики. Возможности полученных спектральных и структурных методов будут демонстрироваться при помощи численного моделирования и экспериментов на современных программно-аппаратных комплексах цифрового моделирования энергосистем. В частности, предполагается использование программного обеспечения Matlab, программно-аппаратного комплекса, разработанного в ИСЭМ СО РАН (АНАРЭС), и устройств синхронизированных векторных измерений ЭНИП-WAMS (Россия).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123101700379-2

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ И АНАЛИЗУ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Цель проекта. Комплекс научно-исследовательских работ в рамках проекта направлен на решение задачи разработки программного продукта по прогнозированию и анализу потерь электрической энергии в распределительных сетях. В программном комплексе будет реализован графический редактор для ввода расчетных схем электрических сетей различных классов напряжения с возможностью указания балансовой принадлежности элементов, модуль расчета параметров установившегося режима и анализа балансов мощностей, модуль прогнозирования потребления электрической энергии и анализа потерь электрической энергии. Задачи проекта. Разрабатываемый в ходе НИР программный продукт будет позволять решать следующие практико-ориентированные задачи: 1) Визуальный ввод расчетной схемы электрических сетей в соответствии с требованиями ГОСТ 56303–2014; редактирование параметров

элементов расчетной схемы с возможностью импорта из базы данных параметров основного электротехнического оборудования, применяемого в электрических сетях; возможность указания балансовой принадлежности элементов в системе трехуровневой иерархической структуры электросетевых (электроснабжающих) организаций: организация – филиал – район; многооконный интерфейс с возможностью редактирования одновременно нескольких расчетных схем. 2) Расчет установившегося режима с возможностью анализа параметров режима по всей расчетной схеме электрических сетей и применительно к рассматриваемой электросетевой (электроснабжающей) организации. 3) Составление балансов мощностей на основе параметров установившегося режима применительно к любому уровню иерархической структуры электросетевой (электроснабжающей) организации, в том числе для любой

отдельной подстанции. 4) Прогнозирование потребления электрической энергии на основе данных о зимнем и летнем максимумах нагрузок, или показаний приборов учета расхода электрической энергии различными методами и определение технических потерь электрической энергии при ее передаче в соответствии с требованиями Приказа Минэнерго РФ от 30.12.2008 N 326 (ред. от 01.02.2010); возможность анализа потерь электрической энергии по классам напряжения и элементам электрических сетей. 5) Вывод результатов расчета потерь электрической энергии в графическом и табличном представлении; экспорт результатов в приложение Microsoft Excel для дальнейшей обработки; экспорт результатов в файлы графических форматов и сохранение в форматированные текстовые файлы. Актуальность и научно-практическая значимость проекта. Актуальность проекта определяется Постановлениями Правительства РФ по импортозамещению в сфере информационно-коммуникационных технологий, в том числе в сфере электроэнергетики, и потребностью

региональных электросетевых (электроснабжающих) организаций в подобных разработках (АО ТФ «Ватт», г. Саранск). Научно-практическая значимость проекта заключается в обеспечении региональным электросетевым (электроснабжающим) организациям возможности оценки и обоснования потерь электрической энергии для потребителей в зависимости от места установки приборов учета потребления электрической энергии и границ балансовой принадлежности объектов электроэнергетики (энергопринимающих устройств) смежных субъектов. Применение программного продукта позволит автоматизировать процесс прогнозирования потребления электрической энергии и анализа потерь электрической энергии, сформировать базу схем электрических сетей региональной электросетевой (электроснабжающей) организации для последующей оперативной оценки возможностей технологического присоединения новых потребителей электрической энергии и их влияния на величину потерь электрической энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ 123080800022-4

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДОЛЕВОГО УЧАСТИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И ПЕРЕТОКОВ МОЩНОСТИ

«Научно-исследовательская работа (НИР) по теме «Разработка системы оптимизационного моделирования и аналитических расчётов коэффициентов долевого участия для автоматического регулирования частоты и перетоков мощности» выполняется в рамках научного проекта ПИШ-НИР-2023-007 «Технологии интеллектуального управления перетоками и балансами мощности в электроэнергетических системах». Объектом исследования является автоматизированный способ распределения внеплановой мощности между электростанциями, участвующими во вторичном регулировании частоты и перетоков активной мощности в электроэнергетической системе. В рамках НИР будут разработаны алгоритмы и реализующее их программное обеспечение, обеспечивающие селективность управления перетоками мощности (в данный момент такое свойство отсутствует у существующих систем управления перетоками), наиболее гибкое и эффективное управления перетоками и балансом мощности. Разрабатываемое программное обеспечение, должно интегрироваться с существующими

информационно-управляющими системами, применяемыми в диспетчерских центрах, и обеспечивать повышение эффективности использования резервов мощности генерации, пропускной способности электрических сетей за счёт новых интеллектуальных функций: - оптимального распределения внепланового задания мощности между регулируемыми электростанциями (РЭС); - учёта влияния РЭС на перетоки в смежных связях и исключения их перегрузок (селективное управление); - перераспределения перетоков по связям, с поддержанием постоянного значения суммарного перетока в сечении (селективное управление). Для случаев применения разрабатываемых технологий в энергосистемах, где требуется автоматическое управление выработкой активной мощности генерации с быстро изменяющимся потенциалом первичного ресурса (ветро- и солнечные электростанции) будут предложены решения на основе алгоритмов искусственного интеллекта, обеспечивающие не менее, чем 10 кратное ускорение расчётов, выполняемых для формирования управляющих воздействий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123120600022-9

ОДНОСТОРОННЯЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЯ-СИММЕТРИЧНЫХ ФУНКЦИЙ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ НА КАБЕЛЬНО-ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 6-10 кВ

В настоящее время около 80% воздушных и кабельных линий на напряжение 6-10 кВ не оснащены устройствами селективной защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) и имеют только неселективную сигнализацию ОЗЗ. В сетях 6-10 кВ получил распространение топографический метод определения мест повреждения (ТОМП), основанный на применении устанавливаемых с определенным шагом на провода ВЛ индикаторов короткого замыкания (ИКЗ), передающих информацию о прохождении токов короткого замыкания или об искажении векторной диаграммы токов и напряжений в определенных точках сети. Основной недостаток данного метода заключается в том, что достижение требуемой точности локализации мест повреждения с его помощью требует использования соответствующего количества устройств (значительных инвестиций), а последующая эксплуатация данных устройств связана с дополнительными операционными затратами. Кроме того, следует отметить, что фиксировать ОЗЗ с малыми токами и корректно определять участок, на котором оно произошло, способны только самые дорогие модели. Для

обеспечения беспроводной передачи информации по GSM-связи комплект ИКЗ необходимо дополнять блоком связи и передачи информации, однако ввиду отсутствия базовых станций сотовой связи в некоторых районах прохождения линий могут возникать проблемы при передаче информации. Питание блока связи и передачи информации при этом осуществляется от аккумуляторов либо подзарядкой её от солнечной батареи, что является неэффективным в ряде регионов с малым количеством солнечных дней в году. Таким образом для распределительных сетей 6-10 кВ необходимо и актуально решение, учитывающее особенности конфигурации разветвленных линий с изолированной нейтралью, учитывающее их параметры. Преимуществами внедряемого решения, программно-аппаратного комплекса односторонней системы определения места повреждения (далее ПАК ОМП) на основе анализа время-симметричных функций, станут: • направленность ОМП на распределительные сети с изолированной нейтралью для определения места ОЗЗ; • использование цифровой модели реальной линии для повышения точности ОМП; • применимость решения на

разветвленных линиях различной топологии; • учет влияния переменных параметров линии на точность ОМП.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ИННОПОЛИС»

№ 123081000004-5

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Современный этап развития электроэнергетических комплексов Российской Федерации и зарубежных стран характеризуется изменением фундаментальных основ управления и мониторинга режимами энергосистем. Ввод значительного количества возобновляемых источников энергии приводит к увеличению неопределённости режимов энергосистем и скорости протекания переходных процессов. Данные изменения вызваны стохастической неопределённостью процесса выработки электроэнергии возобновляемыми источниками, а также сниженным значением инерционности по сравнению с традиционными синхронными генераторами. В новых условиях функционирования энергосистем существенно увеличиваются требования к адаптивности и быстродействию комплексов противоаварийного управления, для работы которых традиционным подходом является учёт только заранее выбранного экспертным путём перечня учитываемых аварийных процессов. Данный подход обладает не только недостаточной адаптивностью, особенно в условиях со значительной долей возобновляемых источников электроэнергии, и может приводить к каскадному развитию аварии с массовыми отключениями промышленных и социально значимых потребителей электроэнергии. Предлагаемый проект направлен на решение проблемы недостаточной адаптивности комплексов противоаварийного управления в условиях функционирования в энергосистемах со значительной долей возобновляемых источников электроэнергии. Применение методов глубокого машинного обучения позволит существенно увеличить надёжность противоаварийного управления режимами энергосистем благодаря возможности учёта любого аварийного процесса в связи с возможностью выделения новых признаков, обобщения информации и выделения скрытых закономерностей. Разработка адаптивной системы противоаварийного управления режимами работы электроэнергетических систем на основе

синхронизированных векторных измерений и глубокого машинного обучения является критически важной задачей, обеспечивающей надёжность работы электроэнергетических систем и экономическую эффективность работы конечных потребителей электроэнергии. Использование синхронизированных векторных измерений позволит существенно увеличить точность и скорость процесса оценки послеаварийного режима работы энергосистемы, обеспечит использование значения разности фаз напряжения между узлами защищаемого энергорайона. Проблема разработки адаптивной системы противоаварийного управления режимами работы электроэнергетических систем имеет высокую значимость в условиях изменения фундаментальных принципов функционирования энергосистем, а также тотальной цифровизации электросетевого комплекса Российской Федерации и зарубежных стран. Научная новизна предлагаемого исследования определяется разработкой гибкого подхода адаптивного противоаварийного управления, определяющего минимальный необходимый и достаточный объём управляющих воздействий для обеспечения статической и динамической устойчивости энергосистемы. Данный подход исключает привязку к сформированному экспертным путём списку учитываемых аварийных процессов. Для разработки адаптивной системы планируется сформулировать требования к обучающей выборке, выбрать оптимальный алгоритм глубокого машинного обучения, разработать алгоритм определения типа аварийного процесса, выполнить адаптацию системы к работе в условиях изолированных энергосистем, а также определить требования к информационному обмену и количеству устройств синхронизированных векторных измерений. Таким образом, в результате реализации предлагаемого проекта будет получено принципиально новое комплексное решение задач управления режимами современных энергосистем, обладающее высокой адаптивностью и быстродействием.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 123083000056-8

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА 3D ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Результатом работы будет создание информационной эксплуатационной модели системы теплоснабжения, основанной на результатах фактического обследования и привязки объектов системы по геодезическим координатам. Модель позволяет визуализацию пространственных данных в векторном и растровом виде, анализ их топологии и связи с семантическими базами данных. Модель позволяет также

решение коммутационных задач для штатных и аварийных режимов эксплуатации. На основе данных модели возможно определение пропускной способности системы для подключения новых абонентов, определение характеристик надежности для всех элементов системы. Развитие модели позволит переход к интеллектуальному динамическому управлению энергетической системой.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123051500109-5

МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СОСТАВЕ КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Развитие энергетики в стране, как и во всем мире, направлено на повышение энергетической эффективности и энергосбережения. Климатические, географические, социально-экономические особенности регионов России определяют значимость и важность тепловой энергии, особенно на территориях с резко-континентальным

климатом, к числу которых относится Новосибирская область.

Произошедшие изменения за последние 20 лет в энергетике, привели к котельнизации и, следовательно, увеличению доли раздельного производства тепловой и электрической энергии, что сопровождается повышенными расходами первичных энергоресурсов. Системы теплоснабжения в муниципальных образованиях в России,

в том числе в Новосибирской области, характеризуются наличием тепловых сетей с большим сроком службы и повышенной изношенностью, что приводит к росту потерь и снижению надежности теплоснабжения. Это актуализирует работу, направленную на повышение энергоэффективности и энергосбережения.

Решением указанных задач в сфере теплоснабжения является переход на использование новых энергоэффективных технологий, включая использование когенерационных технологий, низкопотенциальных источников энергии, электродогревных, электробойлерных. В предлагаемом проекте рассматривается создание интегрированных систем энергоснабжения (ИСЭ), отличием которых является преобладающая доля совместного (когенерационного) производства тепловой и электрической энергии на территории, что обеспечивает гибкость, надежность, экономическую и техническую доступность системы теплоснабжения, при обеспечении высокой энергоэффективности и соответствии ESG стандартам.

Создание ИСЭ в составе коммунально-энергетической

инфраструктуры муниципальных образований позволяет говорить о необходимости разработки моделей и методов для обоснования и оценки эффектов в системах теплоснабжения, обладающих не только энергоэффективностью и энергосбережением, но и гибкостью, что необходимо для реализации энергетического перехода к эффективной энергетике на уровне муниципальных образований.

Под гибкостью систем теплоснабжения понимается возможность взаимозаменяемости видов первичного энергоресурса и энергии для производства тепловой энергии.

Достижение цели проекта и решение поставленных задач позволят разработать методологическую основу выполнения проектов создания интегрированных систем энергоснабжения, что может быть использовано при разработке и актуализации схем теплоснабжения муниципальных образований. Апробация результатов на примере муниципальных образований Новосибирской области придаст ускорение социально-экономическому и инновационному развитию региона.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123033100031-9

СОПРЯЖЕНИЕ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С СИСТЕМОЙ ЦИФРОВОЙ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Компания ОАО «РЖД» является одним из крупнейших потребителей электроэнергии в Российской Федерации. В структуре потребления электроэнергии тяга поездов занимает главную роль, на долю которой приходится 85% от общего объема. В настоящее время в системе электроснабжения железнодорожного транспорта в эксплуатации находится большое число силовых трансформаторов, от надежной работы которых зависит обеспечение бесперебойного движения поездов. Для контроля за работоспособным состоянием силовых трансформаторов используется большое количество автоматизированных систем, выдающих диагноз состояния по отдельным параметрам контроля. В связи с этим актуальным является вопрос применения автоматизированных систем диагностирования изоляции силовых трансформаторов на основе нескольких измеряемых параметров, в результате чего повышается достоверность диагноза состояния при эксплуатации. Другим аспектом является интегрирование вновь разрабатываемых систем в структуру «Цифровой подстанции» для принятия эффективных управляющих воздействий. Научная новизна

заключается в обоснованном использовании минимального числа контролируемых параметров в автоматизированных системах диагностирования силовых трансформаторов для обеспечения их надежной и безаварийной работы. В результате выполнения проекта будут получены следующие научные результаты: Проанализированы существующие системы диагностирования силовых трансформаторов системы электроснабжения железнодорожного транспорта; Изучена полнота, внутренняя и межсистемная согласованность данных представляемых на выходе существующих систем для постановки диагноза; Предложены методы повышения достоверности диагноза с применением нескольких параметров контроля; Определены оптимальные конфигурация автоматизированной системы диагностирования и форма представления выходных данных; Определены способы интегрирования автоматизированной системы диагностирования в систему «Цифровая подстанция»; Сформулированы практические рекомендации по подготовке данных, развёртыванию, настройке и эксплуатации системы, а также интерпретации полученных с её помощью результатов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

№ 123121300082-3

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ПОЛИГОНА-ТРЕНАЖЕРА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ 35/10 КВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

глобальный тренд перехода всей электроэнергетики на цифровой формат и на более высокий качественный технологический уровень и универсальный способ управления технологическими процессами подстанций вызывает необходимость в специалистах с новыми компетенциями в области эксплуатации и управления цифровых подстанций. Полигон-тренажер цифровой подстанции 35/10 кВ позволяет

создать учебно-исследовательский полигон технических средств, работающих по стандарту МЭК 61850. Использование всего потенциала полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ позволит осуществлять подготовку специалистов в области проектирования, наладки и эксплуатации цифровых подстанций.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ»

№ 123022800046-0

СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НОВОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКИ В КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ

Современные средства измерения напряжения высоковольтных линий электропередачи основываются на идеологии, когда гальваническая развязка линий электропередач осуществляется за счет измерительного элемента (например, измерительный трансформатор напряжения, емкостной измерительный трансформатор напряжения и т.д.). Существенным недостатком таких систем являются их большие габариты и, как следствие, высокая стоимость и сложность обеспечения требуемого класса точности. В то же время в рамках перехода на цифровизацию энергетики в соответствии со стандартом протоколов передачи информации МЭК 61850-9-2 и стандарта организации ПАО «ФСК ЕЭС» «Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС» происходит переход на цифровую передачу информации в том числе и для измерительных систем, используемых в электроэнергетике. Одним из перспективных средств передачи информации в таких системах является оптоволоконная связь, которая исключает гальваническую связь между источником и приемником информации. Помимо этого, в последние годы активно развиваются системы беспроводной передачи энергии, позволяющие передавать энергию посредством

переменного магнитного поля через воздух на небольшие расстояния (до единиц метров). Таким образом, появились предпосылки создания измерительных датчиков напряжения для высоковольтных линий электропередач, основанных на новых принципах, позволяющие существенно снизить массогабаритных и стоимостных характеристик таких датчиков. При этом научной проблемой является то, что в настоящее время отсутствуют конструктивные решения, математические закономерности и методики расчета, позволяющие получать информацию о величине электрического потенциала на поверхности заряженного проводника относительно земли при отсутствии каких-либо гальванических связей с землей на основании измерений электрических величин в области системы гальванически связанных с измеряемым потенциалом проводников. В связи с этим, предлагаемая работа направлена на создание математических основ и инструментов исследования таких систем для использования полученных результатов в методиках расчета параметров датчиков напряжения для высоковольтных линий электропередач, основанных на новых принципах построения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123082100034-8

ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время электроэнергетическая отрасль России осуществляет цифровой переход, важнейшим элементом которого является внедрение концепции интеллектуальной сети (Smart Grid), базирующейся на сочетании передовых электрических, информационных и телекоммуникационных технологий. В распределительных электрических сетях в рамках внедрения концепции Smart Grid осуществляется их оснащение интеллектуальными системами учета со стороны потребителей и поставщиков энергии, планируется переход к цифровым подстанциям, а также внедрение интегрированных SCADA/AMI/DMS/OEM/FM систем, так называемых ADMS (Advanced Distribution Management System), позволяющих повысить уровень наблюдаемости и управляемости электрическими сетями. Одним из перспективных технологических решений при создании цифровых подстанций и ADMS систем является применение технологии синхронизированных измерений.

Целью настоящей НИОКТР является разработка технических, алгоритмических и программных решений в ADMS системах, направленных на снижение потерь энергии и повышение надежности распределительных сетей на базе применения технологии синхронизированных измерений (включая оптические трансформаторы тока), цифровых двойников, обработки больших данных. Значимость результатов проекта для электроэнергетики России определяется оптимизацией затрат на внедрение Smart Grid и повышением эффективности функционирования распределительных сетей благодаря снижению потерь и улучшению качества электроэнергии, минимизации перерывов в электроснабжении потребителей, а для экономики страны в целом – увеличением конкурентоспособности продукции предприятий за счет сдерживания темпов роста тарифов на электроэнергию, обеспечения требуемого уровня надежности и качества электроснабжения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123121300060-1

АКТУАЛИЗАЦИЯ СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ (С ЭЛЕКТРОННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ) ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА НА 2024 ГОД

Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности и эффективности эксплуатации системы теплоснабжения.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЯНЭНЕРГО»

№ 123111300008-4

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В ходе выполнения научной темы в рамках повышения энергоэффективности рассматриваются три основных элемента системы теплоснабжения: генерация, транспортировка, потребление. каждый элемент исследуется по ряду направлений: обоснование системы критериев

для анализа энергоэффективности участка; разработка системы диагностики работы участка; составление набора практических рекомендаций. С учетом полученных результатов исследования будут предложены мероприятия по повышению уровня энергоэффективности.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

4.9 ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ АККУМУЛЯТОРЫ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ И МОЩНОСТИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ2021

№ 121110900019-9

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОДАХ

Развитие технологий аккумуляторных батарей играет важнейшую роль для разработки возобновляемых источников энергии, автономного электротранспорта, мобильной электроники. Улучшение характеристик систем хранения энергии требует разработки новых материалов электродов, электролитов и мембран аккумуляторов. В данном проекте рассмотрена проблема оптимизации материалов раствора электролита. Основным недостатком растворителей, используемых в современных аккумуляторных батареях является деградация под воздействием напряжения на электродах. Данная проблема является ключевой для ряда перспективных систем. Для Mg/Ca — ионных, литий-воздушных аккумуляторов и литий ионных аккумуляторов с кремниевым анодом эти проблемы могут приводить к полной неработоспособности системы. В случае коммерчески доступных литий-ионных аккумуляторов это приводит к снижению емкости с циклами перезарядки. Экспериментальный поиск новых растворителей, способных решить эту проблему, ограничен высокой сложностью и стоимостью проведения большого числа экспериментов с различными жидкостями. Активно развивается направление применения молекулярного моделирования для поиска новых электрохимически устойчивых растворителей. Для этого используются первопринципные расчеты и методы машинного обучения. Оба эти метода ограничены описанием свойств изолированных молекул. Для первопринципных методов это обусловлено высокой вычислительной сложностью, не позволяющей проводить расчеты для большого числа частиц. Методы машинного обучения

требуют для параметризации достаточно большие массивы данных, доступные только для газовой фазы. Однако для разработки аккумуляторных электролитов необходимо предсказание химической устойчивости в конденсированной фазе с учетом наличия растворенных солей и эффектов сольватации. В рамках проекта планируется разработать и применить метод оценки электрохимической устойчивости растворителей, учитывающий влияние растворенных солей, эффекты сольватации и другие многочастичные эффекты. Предлагаемый метод будет основан на достаточно простых, но физически обоснованных приближениях. Как и для методов машинного обучения, высокая точность в данном методе будет достигаться путем оптимизации параметров для воспроизведения большого массива экспериментальных данных. Однако, в отличие от них он будет обладать высокой переносимостью благодаря физической основе модели. Кроме того, построенный метод будет достаточно вычислительно эффективен для быстрой оценки свойств большого массива растворителей, в отличие от первопринципных методов. На основе разработанного метода будет проведен поиск растворителей, способных работать в широком диапазоне напряжений на электродах. Для полученных растворителей дополнительно будут определены растворимости солей и отобраны наиболее подходящие кандидаты для экспериментальной проверки пригодности для использования в аккумуляторных системах. По завершению проекта планирует поиск экспериментальных групп, заинтересованных в проверке и дальнейшем изучении отобранных теоретически растворителей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 121110900233-9

КОМПОЗИТНЫЕ ТЕРМОАККУМУЛИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МИКРОФИБРИЛЛЯРНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА И ОРГАНИЧЕСКИХ ФАЗОВО-ПЕРЕХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ БИМОДАЛЬНОГО НАГРЕВА

Разработка новых материалов и подходов к эффективному потреблению энергии и использованию возобновляемых источников энергии является одной из актуальных задач современной науки о материалах. Активно ведутся исследования в области создания материалов, позволяющих эффективно запасать, хранить, транспортировать и высвобождать энергию для различных применений. В этой связи особое внимание привлекает класс материалов, способных запасать и высвобождать тепловую энергию в виде скрытой теплоты обратимых фазовых переходов, получивших название «фазово-переходные материалы» (ФПМ). ФПМ рассматриваются в качестве перспективных функциональных добавок к строительным материалам и покрытиям для улучшения их терморегулирующих свойств при возведении гражданских и промышленных объектов. Одной из основных групп ФПМ являются органические фазово-переходные материалы. Однако их практическое применение ограничивается тем фактом, что в чистом виде данные материалы имеют низкую устойчивость формы и подвержены утечкам при переходе в жидкое состояние. В связи с этим, активно ведутся исследования по созданию стабильных композитных терморегулирующих материалов на основе органических ФПМ. В настоящее время ФПМ в основном изучаются в контексте управляемого и более продвинутого использования тепловой энергии, получаемой из возобновляемых источников (например, от Солнца) или более рационального использования тепловой энергии,

получаемой при сжигании ископаемых видов топлива. В тоже время, научный интерес представляет развитие концепции хранения других видов энергии в виде тепла с помощью ФПМ. Например, энергии переменного магнитного поля. Широко известен тот факт, что магнитные наноматериалы могут преобразовывать энергию переменного магнитного поля в тепловую посредством механизмов релаксации колебаний магнитных моментов, что приводит к диссипации энергии магнитного поля в виде тепла. Создание композитных материалов, содержащих магнитные наночастицы и ФМП позволит получить новые мультимодальные структуры, чувствительные как к тепловому нагреву, так и к нагреву с помощью переменного магнитного поля, и способные пролонгировано высвобождать запасенную энергию в виде тепла. Использование таких структур имеет ряд потенциальных преимуществ, по сравнению с обычными ФПМ. Во-первых, нагрев с помощью переменного магнитного поля происходит более быстро и равномерно по сравнению с нагревом посредством теплового потока. Во-вторых, введение магнитных неорганических наночастиц в систему позволит улучшить общую теплопроводность системы, что является одной из главных проблем при использовании ФМП и органических ФМП, в частности. На сегодняшний момент существует несколько работ в данном направлении, но в целом, оно остается мало изученным. В ходе реализации данного проекта планируется изучить возможность получения стабильных термоаккумуляторных материалов

на основе ФМП и магнитных наночастиц. В качестве подхода к получению таких материалов, планируется использовать адсорбцию органических ФМП на волокна микрофибриллярной целлюлозы (МФЦ), модифицированной наночастицами магнетита. Выбор МФЦ в качестве несущей матрицы обусловлен совокупностью ее физико-химических свойств: высокой механической прочностью, большой удельной площадью поверхности и наличием большого количества поверхностных гидроксильных групп, доступных

для химической модификации. Сама по себе МФЦ, как и многие органические материалы, является диамагнетиком, однако с успехом может быть модифицирована магнитными наночастицами. Проект направлен на разработку методов получения описанных систем, изучение их физико-химических свойств и параметров, влияющих на эффективность магнитотепловой конверсии и высвобождение тепловой энергии после нагрева переменным магнитным полем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 121042900045-2

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ К ПРИМЕНЕНИЮ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СОХРАНЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

В последнее время в мире наблюдается значительный рост спроса на электроэнергию, вызванный стремительным экономическим подъемом, увеличением численности населения планеты и повышением уровня жизни людей. При этом основным источником энергии в мире на сегодняшний день является ископаемое топливо: нефть, природный газ, торф и каменный уголь. Истощение запасов природных ресурсов, монополизация отрасли, постоянно возрастающие цены на энергоносители, а также серьезные последствия его использования создали угрозу энергетической и экологической безопасности в мировом масштабе. На этом фоне насущной необходимостью становится освоение альтернативных энергетических ресурсов. В настоящее время наблюдается стремительное развитие индустрии электрохимических источников энергии. При этом достигнутый на сегодняшний день прогресс в данной области с трудом способен удовлетворить экспоненциально растущий спрос на продукты ее производства со стороны глобального рынка (яркий пример – потребность в строительстве Гигафабрики (Невада, США), возникшая у компании Tesla Motor для обеспечения литий-ионными аккумуляторами электротранспорта собственного производства). Одновременно, согласно базовому сценарию энергетического прогноза Института энергетических исследований РАН и Аналитического центра при Правительстве РФ, к 2040 г., в связи с дальнейшим ростом народонаселения планеты (по последнему демографическому прогнозу ООН, к 2040 г. население планеты достигнет 8.9 млрд человек) и ускорением темпов роста мирового валового внутреннего продукта, спрос на энергоносители вырастет приблизительно на 40 % по сравнению с 2010 г. Сегодня огромные усилия научно-исследовательских коллективов по всему миру направлены на совершенствование технологий в области электрохимических источников энергии с целью повысить их удельные характеристики, обеспечить безопасность эксплуатации, снизить себестоимость

производства и т.д. При этом, как известно, современное состояние литий-ионной технологии накопления энергии определяет ее доминирующую роль в энергообеспечении огромного количества высокотехнологичных направлений, как например, портативные устройства, медицинское оборудование, автотранспортные средства с гибридным и электрическим приводом, космические аппараты, подводная робототехника, возобновляемые источники энергии. В то же время ряд проблем, связанных с разработкой литий-ионных аккумуляторов, таких как длительный заряд, небезопасность эксплуатации при отрицательных температурах, недостаточный энергозапас на единицу массы/объема и высокая стоимость еще не преодолены. Настоящая тема исследований направлена на разработку и реализацию новейших подходов создания усовершенствованных функциональных материалов, характеризующихся повышенными энергетическими и эксплуатационными параметрами и перспективных к использованию в литий-ионных и натрий-ионных аккумуляторах. Для этого в рамках исследования предполагается решение следующих задач: 1) выработать способы получения новых материалов на основе модифицированных соединений металлов и полуметаллов (Ti, Fe, Cu, Mo, V, Sn, Pb, Sb и др.), а также органических электроактивных соединений (производные активированного лигнана), перспективных для использования в качестве электродов металл-ионных аккумуляторов; 2) осуществить всестороннее исследование состава, структурных и морфологических особенностей полученных соединений; 3) изучить электрохимическое поведение синтезированных материалов с использованием лабораторных ячеек литий-ионных и натрий-ионных аккумуляторов, оценить их пригодность для использования в качестве электродных материалов; 4) сконструировать лабораторные прототипы аккумуляторов на основе наиболее эффективных материалов, протестировать их энергетические и эксплуатационные характеристики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121092800076-2

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕРМАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Одним из подходов к решению проблем энергосбережения является постепенный переход к возобновляемым источникам энергии. Для их эффективной работы необходимо использование высокочастотных и энергоэффективных систем накопления и хранения энергии, таких как литий-ионные аккумуляторы. Одним из способов повышения их удельной емкости является замена графита (анод) на наноматериалы на основе кремния и германия, емкость которых до 5-10 раз выше. Обычно наночастицы кремния и германия получают из их галогенидов, коррозионных, токсичных, и легко гидролизующихся, а при изготовлении пористых структур используют токсичную HF. В связи с этим актуален поиск простых и экологически безопасных подходов к их получению, что является основной целью данной работы. В рамках проекта

будет получен ряд наноструктурированных материалов на основе германия: сесквиоксиды германия варьируемой морфологии с различными органическими заместителями; композиты наноразмерного германия, покрытого аморфным GeO₂; нанопористый германий. Для этого будут использованы простые и экономически оправданные техники: органический синтез, вакуумная или лиофильная сушка, электрохимическое травление и др. В качестве исходных реагентов выступают безгалогенные германийорганические соединения, ионные жидкости и др. Полученные образцы будут протестированы в качестве анодных материалов в прототипах литий-ионных аккумуляторов, по результатам будут выбраны оптимальные составы исходных реагентов и условия изготовления

материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122031800173-6

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ В PEDOT:PSS ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В настоящее время поли-3,4-этилендиокситиофен:полис тиолсульфонат (PEDOT:PSS) известен, как один из наиболее важных и широко используемых проводящих полимеров. PEDOT:PSS обладает рядом преимуществ, таких как, высокая химическая и термическая стабильность, регулируемая проводимость, практически полная прозрачность в видимой области спектра и легкость получения полимерных пленок из водной дисперсии. Использование водных дисперсий PEDOT:PSS оказалось очень привлекательным для получения пленок различной толщины, как на проводящих, так и на непроводящих подложках, и открыло возможности использования множества распространенных технологий нанесения покрытий и печати. Эти преимущества позволили PEDOT:PSS стать одним из самых коммерчески успешных проводящих полимеров, и в настоящее время он активно используется в солнечных батареях, светодиодах, полевых транзисторах, антистатических покрытиях, термоэлектрических устройствах, электрохромных устройствах и сенсорах. Одной из ключевых особенностей PEDOT:PSS является возможность значительного изменения свойств полимерных пленок при обработке органическими растворителями, ионными жидкостями, поверхностно-активными соединениями, растворами солей или кислот. За счет варьирования состава и количества добавок можно обеспечить управление электростатическими взаимодействиями между полимерными цепями PEDOT и PSS, что как ранее было показано, позволяет варьировать морфологию, структуру, проводимость и оптические свойства полимерных пленок PEDOT:PSS. Разработанные подходы модификации свойств PEDOT:PSS являются весьма эффективными, и способны, например, повысить проводимость PEDOT:PSS на 4 порядка. Однако электрохимические свойства PEDOT:PSS в неводных электролитах и в особенности возможности влияния на них, в настоящее время изучены значительно хуже. В то же время PEDOT:PSS все чаще предлагается исследователями для улучшения свойств электродных материалов энергозапасующих устройств, таких как суперконденсаторы, металл-ионные, литий-серные и литий-воздушные аккумуляторы, где чаще всего используются органические неводные электролиты. Улучшение же энергозапасующих устройств критически важно для развития

портативной электроники, гибридных и электрических транспортных средств, и для обеспечения работы систем электростанций на возобновляемых источниках энергии. Таким образом, лучшее понимание свойств полимеров помимо фундаментальной ценности может помочь сделать энергозапасующие устройства более эффективными. Нужно заметить, что электрохимические свойства пленок нельзя напрямую получить из данных электропроводности, полученных для твердых пленок. Помимо электрической проводимости для электрохимических устройств важными являются концентрация носителей заряда (емкость), свойства границ раздела пленка/подложка и пленка/электролит, а также ионный транспорт противоионов в пленке. Кроме того, в зависимости от цели использования добавки проводящего полимера варьируются необходимые свойства, например, если полимер в первую очередь используется для повышения проводимости, то ключевыми будут процессы транспорта заряда в полимере. Если же полимер используется для повышения емкости, то очень высокая проводимость будет скорее недостатком. Это связано с обратной пропорциональностью между емкостью и проводимостью, поскольку для проводимости требуются делокализация заряда, тогда как для высокой емкости, наоборот требуется локализация заряда. В рамках данного проекта планируется провести систематическое исследование влияния различных способов управления электростатическими взаимодействиями между полимерными цепями PEDOT и PSS на электрохимические свойства пленок PEDOT:PSS в неводных электролитах. Для этого планируется решить следующие задачи: а) характеризовать влияние добавок различного типа (солей, органических растворителей, кислот) на электрохимическую активность, процессы ионного и электронного транспорта в пленках, природу и концентрацию носителей заряда, кинетику процессов заряда/разряда и электрическую проводимость в широком диапазоне потенциалов; б) на основе проведенных исследований отобрать наиболее эффективные подходы по модификации электрохимических свойств пленок PEDOT:PSS; в) апробировать выбранные подходы для модификации материалов суперконденсаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121051100152-7

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Цель НИР: Экспериментально и теоретически проанализировать зависимость высвобождаемой емкости литий-ионных, свинцово-кислотных и щелочных аккумуляторов, как элементов электромобилей и автономных энергетических комплексов при различных токах разряда. Проанализировать применимость классического уравнения Пейкерта для малых и больших токов разряда аккумуляторов электромобилей и автономных энергетических комплексов. Экспериментально и теоретически доказать, что причиной более резкого снижения разрядной емкости батарей аккумуляторов электромобилей и автономных энергетических комплексов при больших токах разряда является нарастание потерь напряжения на внутреннем сопротивлении батареи при росте тока разряда. Задачи НИР: 1. Выполнить обзор и анализ известных методов построения надежных моделей литий-ионных, свинцово-кислотных и

щелочных аккумуляторов для определения их остаточной емкости для бортовых компьютеров электрических транспортных средств и автономных энергетических комплексов. 2. Выполнить анализ условий формирования электрохимических и тепловых процессов в литий-ионных, свинцово-кислотных и щелочных аккумуляторах. 3. Предложить и обосновать целесообразность использования обобщенного уравнения Пейкерта при больших токах разряда в электрохимических аккумуляторах. 4. Выполнить моделирование электрохимических и тепловых процессов в аккумуляторах для определения их остаточной емкости для бортовых компьютеров электрических транспортных средств и автономных энергетических комплексов при различных токах разряда. 5. Сформулировать основные положения методики моделирования электрохимических и тепловых процессов в аккумуляторах различных систем.

Содержание НИР и основные требования к проведению исследований В рамках данной работы необходимо разработать модели литий-ионных, свинцово-кислотных и щелочных аккумуляторов для определения их остаточной емкости для бортовых компьютеров электрических транспортных средств и автономных энергетических комплексов. Содержание научно-исследовательской работы: -Анализ эмпирических моделей зарядно-разрядных кривых аккумуляторов и фундаментальное описание работы аккумуляторов динамическими моделями для определения их остаточной емкости. -Исследование электротехнических

моделей пористого электрода с сосредоточенными параметрами бортовых компьютеров электрических транспортных средств и автономных энергетических комплексов. -Теоретическое описание оптимальных путей моделирования электрохимических и тепловых процессов в бортовых системах электрических транспортных средств и автономных энергетических комплексов. -Разработка научных рекомендаций по применению обобщенного уравнения Пейкерт при больших токах разряда в электрохимических аккумуляторах электрических транспортных средств и автономных энергетических комплексов.

Исполнитель: ИНСТИТУТ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ШАХТЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

№ 122011300259-4

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ И ФУНКЦИОНАЛОМ

В отчете представлены полученные в ходе НИР научные и имеющие прикладной характер результаты этапа «Синтез новых типов гибридных композиций, сочетающих два различных вида углеродных наноструктур. Исследование ключевых компонентов созданных в ходе предыдущих исследований гибридных композиций» работ 2021 года по теме «Исследование углеродных наноструктур для создания гибридных композиций с новыми свойствами и функционалом». В данном исследовании в качестве компонентов гибридных структур изучены углеродные нанотрубки (УНТ) разного генезиса, в том числе полученные методом флот-катализа из газового потока, в котором распределены каталитически активные аэрозольные частицы; углерод-керамические нити, полученные покрытием ПАН-волокна α -Al₂O₃, а также образующиеся при пиролизе газа углеродные наноразмерные объекты луковичной структуры (УЛС), вводимые в состав эпоксинанокомпозигов и полимерные составляющие графитовых паст для медицинского назначения с целью получения биосенсоров. В ходе работы исследованы структуры созданных на предыдущих этапах проекта гибридных композиций методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа, их функциональные (каталитические и сорбционные)

свойства; синтезированы новые типы гибридных композиций, сочетающих два различных вида углеродных наноструктур, в том числе углеродные нанотрубки и графитированный волокнообразующий нефтяной пек, терморасширенный графит и карбонизированные фенол-формальдегидные смолы и т.п. Показано, что введение углеродных материалов (терморасширенный графит, элементный графит, коллоидный графит, канальная сажа, углеродные нанотрубки) в состав композита влияет на физико-химические и каталитические свойства получаемых кобальтсодержащих каталитических систем. Найдено, что образующийся при этом теплопроводящий скелет необходим для поддержания стабильной работы гранул высокопроизводительного катализатора синтеза Фишера-Тропша. Проведенные исследования позволили идентифицировать перспективные свойства созданных гибридных композиций, сочетающих несколько видов углеродных наноструктур, для развёртывания в будущем ряда работ и их применения для металл-ионных электрохимических аккумуляторов, высокоемкостных теплопроводных углеродных волокон, в области малоинвазивных электродов для медико-биологических измерений, защитных радиопоглощающих покрытий и других применений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ И НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

№ 121052600153-6

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ПО СОЗДАНИЮ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ, СОВМЕЩЕННОЙ С КАТАЛИТИЧЕСКИМ РИФОРМЕРОМ И СОЧЕТАЮЩЕЙ КОМПАКТНОСТЬ, ВЫСОКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЫСТРОТУ ЗАПУСКА

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы эффективного преобразования химической энергии органического топлива в электроэнергию с использованием электрохимических генераторов (ЭХГ), которая непосредственно связана приоритетом Стратегии НТР РФ: «переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». В проекте предполагается создание научно-технологического задела для преодоления имеющихся принципиальных технологических барьеров у современных автономных систем электропитания, обусловленных низкой удельной мощностью (в случае ЭХГ с ТОТЭ) и невысокой плотностью энергии (в случае аккумуляторных батарей - АКБ), путем разработки ЭХГ на основе микротрубчатых твердооксидных топливных элементов (МТ ТОТЭ), которые имеют ряд преимуществ перед планарными ТОТЭ: - высокая удельная мощность на единицу массы и объема; - устойчивость к термоциклированию и короткое время выхода на рабочий режим (менее 10 сек для отдельного элемента и до 20 минут для ЭХГ; - способность сохранять работоспособность при больших градиентах температуры; - высокая механическая прочность; -

возможность работы в режимах комбинированного внешнего и внутреннего риформинга. Научными задачами проекта являются: - повышение эффективности электрохимических процессов конверсии энергии топлива в электроэнергию на основе разработки новых электродных материалов для МТ ТОТЭ; - повышение эффективности преобразования топлив в водородсодержащие газовые смеси на основе разработки композитных каталитических материалов и устройств на их основе; В проекте планируется проведение фундаментальных исследований кинетических и термодинамических характеристик новых материалов для эффективных ЭХГ на основе МТ ТОТЭ, сочетающих компактность (за счет создания новых технологий и материалов для изготовления МТ ТОТЭ), высокую эффективность (благодаря исследованию факторов, определяющих эффективность конверсии топлива в электроэнергию в ЭХГ), быстроту запуска (за счет оптимизации геометрии, микроструктуры МТ ТОТЭ и согласования термомеханических параметров новых материалов для батарей МТ ТОТЭ), высокую энергоемкость (за счет эффективного преобразования органического топлива в каталитических риформерах). В основу разработки электродных материалов заложены развиваемые участниками проекта представления о перовскитах как

сегнетоэластиках, в которых допирование сегнетоактивными высокозарядными катионами приводит к формированию наноструктурированного состояния, положительно влияющего на транспортные и термомеханические характеристики электродных материалов. В проекте планируется изучение факторов, определяющих эффективность электрохимической конверсии топлива в электроэнергию, а также сравнительный анализ скорости кислородного обмена и электропроводности новых электродных материалов, анализ термодинамических и транспортных свойств, в том числе, исследование равновесия дефектов и переноса заряда в электродных материалах в широком интервале активности кислорода. При создании лабораторного макета энергоустановки на основе МТ ТОТЭ будут использованы технологические методы фазовой инверсии (phase inversion) и погружения (dip coating) для получения несущих микротрубчатых анодов и нанесения на них различных функциональных слоев. Для конверсии топлив в водородсодержащие смеси во внешнем риформере в проекте предполагается использовать композитные каталитические системы типа «наночастицы металлов/наночастицы активного оксида/структурный оксидный компонент/структурированная металлическая подложка». За счет этого обеспечивается достижение необходимых эксплуатационных свойств: быстрый отвод/подвод тепла для экзо-/эндотермических реакций, хорошие гидродинамические характеристики, различная геометрия и размер катализатора, что облегчает масштабирование для энергоустановок различной мощности; обеспечивается термическая устойчивость, высокая удельная поверхность и механическая прочность для наносимого каталитического покрытия в дополнение к защитной функции для металлической подложки. Активные оксидные наночастицы участвуют в активации молекул воды и кислорода, повышают устойчивость к зауглероживанию, за счет сильного взаимодействия металл-носитель поддерживают высокую дисперсность активатора молекул углеводородов - нанесенного металла (Pt, Rh, Pd). Одно из направлений исследований будет связано с поиском перспективных материалов кислородных мембран для изучения возможности конверсии метана в синтез-газ в микротрубчатом каталитическом мембранном реакторе

(МТ КМР). Топливо, полученное в устройствах данного типа, не содержит азота, поэтому позволит достигать большей удельной мощности ТОТЭ. Для эффективного использования высокоэнергетических топлив в проекте будут проработаны два варианта каталитического риформинга топлив: внешний (в том числе, с помощью каталитического мембранного реактора) и внутренний (непосредственно в МТ ТОТЭ). При выполнении проекта будут достигнуты следующие научно-практические результаты: - разработаны единичные МТ ТОТЭ с катодными и анодными материалами, обеспечивающими компактность, высокую удельную мощность, стабильность, устойчивость к термоциклированию и короткое время выхода на рабочий режим; - разработаны риформеры, позволяющие проводить конверсию природного газа/метана, пропан-бутановой смеси, бензина и метилала в газовые смеси с высоким содержанием водорода и монооксида углерода, пригодные для питания МТ ТОТЭ; - разработаны лабораторные макеты каталитических мембранных реакторов конверсии метана в синтез-газ; - разработаны макеты энергоустановок, как с внешней конверсией, так и с внутренней (непосредственно в МТ ТОТЭ) углеводородного топлива; - разработан лабораторный прототип энергоустановки на основе МТ ТОТЭ; Задачей ООО «НИЦ «ТОПАЗ» как индустриального партнера проекта на период 2022-2027 гг. является вывод на мировой рынок линейки ЭХГ для разных ниш, используя результаты заявляемого проекта. Таким образом, выполнение проекта позволит создать передовой научно-технологический задел для разработки эффективных компактных ЭХГ на основе МТ ТОТЭ, что, в свою очередь, обеспечит создание целой отрасли новых источников электропитания и целевых устройств, предназначенных для широкого спектра стационарных и мобильных применений. Решение научных проблем, заявленных в проекте, имеет важное значение для разработки компактного генератора электроэнергии для мобильных и транспортных устройств, рынок которых уверенно растет. Технология микротрубчатых ТОТЭ систем является опережающей с точки зрения развития отрасли в мире, и ее внедрение в повседневную практику позволит Российской Федерации занять устойчивые позиции на мировых рынках экологически чистых транспортных и стационарных энергоустановок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121060700129-5

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ КОМПОЗИТОВ С ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИМИ ПОЛИМЕРАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГОЗАПАСАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

В связи с растущим потреблением электрической энергии, требования, предъявляемые к устройствам накопления, становятся все более жесткими: меньше масса, больше энергия, высокая стабильность при циклировании, повышенная мощность и т.д. Чтобы соответствовать новым вызовам, разрабатываются новые электродные материалы. На сегодняшний день коммерчески пригодных анодных материалов к применению имеется не так много: графиты и титанат лития (Li₄Ti₅O₁₂). Теоретическая удельная емкость первого составляет 372 мАч/г, которая резко снижается при увеличении токов заряда-разряда в особенности при работе в условиях отрицательных температур. Титанат лития не имеет таких недостатков, но его удельная емкость - меньше (175 мАч/г), а разрядное напряжение - выше (1,55 В). Одними из наиболее перспективных исследуемых анодных материалов являются оксиды переходных металлов, теоретические емкости которых сильно больше графита: CoO - 716 мАч/г, Co₃O₄ - 890 мАч/г, Fe₃O₄ - 924 мАч/г. Реально полученные значения достигают теоретических только на низких скоростях работы и только в сложных композитных электродах, требующих особых условий получения. Наночастицы оксидов синтезируют следующими методами: химическая конденсация, пиролиз, осаждение из коллоидных растворов, гидротермальный способ и т.д.

Результатом являются частицы более 20 нм размером. А чем больше удельная поверхность материала, тем лучшие характеристики он способен продемонстрировать. С другой стороны, для синтеза ультрамалых наноматериалов (до 10 нм) известен плазмохимический синтез и его разновидность - низкотемпературный плазменный электролиз (НТПЭ), обладающий способностью достаточно гибко контролировать состав, размер и морфологию частиц. В результате получают стабильные коллоидные растворы, которые можно непосредственно (без предварительного высушивания) использовать для приготовления электродов, что уменьшит долю агломерированных частиц и улучшит электрохимические характеристики. Метод низкотемпературного плазменного электролиза (НТПЭ) хорошо показал себя для синтеза наноразмерных металлов, сплавов, оксидов, нитридов, карбидов и прочих неорганических соединений и только недавно начал применяться для синтеза органических соединений - полимеризация допамина или металл-органического полимера HKUST-1. В работе предлагается создание композитов оксидов переходных металлов, синтезированных низкотемпературным плазменным электролизом с электропроводящими полимерами для применения в энергозапасющих устройствах - аккумуляторах и суперконденсаторах. В ходе этого будет изучено поведение

плазменного разряда над жидкостью, содержащей мономеры электропроводящих полимеров; осуществлены попытки получения композитов полупроводников с одновременной электрохимической полимеризацией электропроводящих полимеров на их поверхности или в толще раствора в процессе низкотемпературного плазменного электролиза; изготовлены композиты полупроводников с

электропроводящими полимерами, методом полимеризации мономеров в коллоидном растворе после НТПЭ химически или электрохимически (в различных режимах). Будет оптимизирована процедура приготовления композитных материалов, что позволит в дальнейшем масштабировать ее для промышленного применения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121031700314-5

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ, НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ, ГИБРИДНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проект предполагает проведение экспериментальных и теоретических исследований в области методов получения современных неорганических функциональных материалов, включая углеродсодержащие наноматериалы, пленочные и монокристаллические материалы и изучение их физико-химических и электрофизических свойств и поиска возможных применений. Задачи проекта связаны с созданием новых функциональных материалов методами газотранспортного синтеза из органических, металлоорганических и неорганических прекурсоров в условиях повышенных температур и оптимизации методов роста новых лазерных и люминесцентных кристаллов. Термодинамические исследования позволяют определить параметры процесса и наиболее вероятный фазовый состав синтезируемых материалов. В рамках проекта планируется исследование физических и химических свойств полученных соединений, что позволит максимально быстро выходить на возможности их применения в новых материалах. 1) Разработка методов синтеза углеродных наноструктур, методов их химической функционализации, создания композиционных материалов на основе углеродных нанотрубок, графена, пористого углерода; диагностики структуры полученных материалов на основе оптических методов исследования, рентгеновской и электронной спектроскопии и квантово-химического моделирования; исследование возможности применения полученных материалов в электрохимических электродах, электромагнитных поглотителях, химических сенсорах и других современных приложениях. 2) Разработка методов химического и физического осаждения из газовой фазы и исследование закономерностей формирования, структуры, свойств и стабильности покрытий, тонких пленок, многослойных композиций, гибридных и молекулярных структур, в том числе с наноразмерными структурными элементами, на основе металлов, оксидов, карбонитридов, фталоцианинов. Развитие химии комплексных летучих соединений и их физико-химическая характеристика. 3) Проведение исследований термодинамических свойств перспективных функциональных материалов в широком интервале температур методами тензиметрии, реакционной, адиабатической и дифференциальной сканирующей калориметрии, термодинамическое моделирование процессов получения пленок и покрытий из газовой фазы, изучение процессов парообразования прекурсоров для CVD, экспериментальное определение базовых термодинамических характеристик полученных соединений. Разработка перспективных материалов для нового поколения термоэлектрических преобразователей энергии на основе композитов халькогенидов переходных металлов и углеродных нанотрубок, и физико-химических подходов к созданию материалов с высокой ионной проводимостью на основе сложных оксидов переходных металлов. 4) Разработка новых подходов к синтезу, очистке исходных материалов и выращиванию совершенных оксидных монокристаллов, перспективных для применения в качестве сцинтилляторов различного назначения, включая криогенные, лазерных матриц и нелинейно-оптических устройств. 1) Композиционные и гибридные углеродные наноматериалы востребованы для разработки новых элементов электроники,

электрохимических накопителей, химических и биохимических сенсоров и др. Для эффективной реализации функциональных свойств новых материалов необходимо проведение исследований, связанных с разработкой методов синтеза, тщательной диагностикой структуры и изучением свойств. На современном этапе актуальна задача исследования границ раздела углеродных форм с другими неорганическими наноструктурами. Появление новых электронных состояний на границах раздела меняет характер химических взаимодействий и приводит к изменению свойств вещества, в том числе электрических, оптических и магнитных. 2) В настоящее время методы химического и физического осаждения из газовой фазы находят применение в производстве покрытий, порошков, волокон, включающих простые вещества и соединения, такие как металлы, карбиды, нитриды, оксиды и т.д. Технологии CVD и PVD широко используют в микроэлектронике, оптике, оптоэлектронике, для упрочнения и защиты материалов от коррозии и др. Управляемый процесс роста слоев с заданным составом и структурой может быть реализован на основе знаний о химическом строении, физико-химических и термодинамических свойствах прекурсоров, процессах осаждения и свойствах пленочных систем. 3) Изучение термодинамических свойств веществ в широком интервале температур во всех агрегатных состояниях является актуальной и востребованной задачей. Изучение диаграмм состояний методами термодинамического моделирования позволит прогнозировать результаты синтеза и подобрать подходящие прекурсоры и условия процесса. Композиты на основе халькогенидов переходных металлов и углеродных нанотрубок будут исследованы в качестве материала для термоэлектрических преобразователей, использование которых в настоящее время ограничивается химической нестабильностью используемых материалов и низкими значениями их термоэлектрической эффективности. Важной современной проблемой альтернативной энергетики является разработка топливных элементов, позволяющих преобразовывать химическую энергию непосредственно в электричество, минуя промежуточную стадию производства тепла. В рамках проекта планируется разработать подходы к дизайну ион-проводящих материалов с требуемыми свойствами на основе сложных оксидов переходных металлов. 4) На современном этапе развития науки и техники применение оптических кристаллических материалов становится все более массовым, новые задачи ставят все более высокие требования к их характеристикам, что подразумевает необходимость совершенствования методик получения известных функциональных кристаллов и создания новых. Для достижения наивысших характеристик кристаллов жесткие требования предъявляются к исходным материалам. Решение этих задач невозможно без опоры на результаты фундаментальных исследований и новых подходов. 1) Развитие методов синтеза углеродных нанотрубок, мезопористого углерода, графена основано на модернизации имеющихся и создании новых установок газофазного осаждения (CVD). Разработать методы каталитического и плазменно-активированного CVD синтеза массивов УНТ, мезопористых материалов. Нанохорны и многослойные УНТ будут получены методом дугового испарения графита. Новые

реакторы будут созданы для синтеза и исследования графена допированного азотом и фосфором, а также монослоев низкоразмерных дихалькогенидов переходных металлов. Синтез и изучение свойств окисленных и фторированных углеродных наноматериалов является важной особенностью проекта. Создание гибридных материалов на основе разных типов наночастиц и углеродных форм необходимо для улучшения функциональных свойств материала для электрохимических, сенсорных и др. приложений. Диагностика строения полученных материалов будет проводиться методами микроскопии, дифракции, спектроскопии. Будет продолжено развитие методов рентгеновской спектроскопии и фотоэлектронной спектроскопии с привлечением квантово-химических расчетов для изучения электронной структуры полученных материалов. Задачи определения свойств и возможности применения новых углеродных материалов будут решены путем развития исследований диэлектрических и магнитных свойств углеродных наноматериалов, измерения электрохимических, сенсорных, автоэмиссионных и других свойств. 2) Синтез летучих комплексов металлов с органическими лигандами: одно- и разнолигандных комплексов переходных металлов с β -дикетонатными и нейтральными лигандами, гетеробиметаллических соединений на базе комплексов d-металлов с тетрадентатными основаниями Шиффа и β -дикетонатными лигандами; координационных соединений тяжелых щелочных металлов с β -дикетонатными лигандами. Исследовать структуру и термодинамические свойства синтезированных соединений. Разработать различные варианты метода CVD для формирования наночастиц, пленок и многослойных структур на основе смешанных оксидов и биметаллических слоев. Разработать методы формирования пленок галогензамещенных фталоцианинов металлов и фталоцианинов, образующих мезофазы, и гибридных материалов с углеродными нанотрубками или наночастицами металлов. Изучить влияние строения прекурсора, параметров синтеза на кинетические особенности роста слоев и многослойных структур, закономерности изменения физико-химических свойств и функциональных характеристик пленок оксидов VO_2 , $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$, аморфных, нанокристаллических и композитных слоев на основе фаз систем Si-C-N-Fe , Si-C-N-B , Si-C-N-O . Исследовать их состав, микроструктуру и функциональные свойства. 3) Синтезировать новые многофункциональные керамические соединения на основе оксидов переходных и редкоземельных металлов. Экспериментально определить методами реакционной и ДСК калориметрии базовые термодинамические характеристики полученных соединений. Выявить взаимосвязи термодинамических, функциональных, структурных характеристик для предсказания новых перспективных материалов. Синтез кристаллов методом химических транспортных реакций и изучение их физико-химических характеристик. Экспериментальное определение температурных зависимостей давления насыщенного пара соединений – предшественников для процессов химического осаждения пленочных материалов из газовой фазы. Термодинамическое моделирование процессов CVD синтеза пленочных материалов. Измерение теплоемкости перспективных функциональных материалов методами адиабатической и дифференциальной сканирующей калориметрии в широкой области температур; расчёт плотности фононных состояний и разделение общей теплоемкости на компоненты. Разработка эффективных термоэлектрических материалов на основе композитов халькогенидов переходных металлов и модифицированных многослойных углеродных нанотрубок. Определение ключевых структурных параметров кислород-ионной подвижности в сложных оксидах. Выяснение возможности повышения ионной подвижности посредством катионного упорядочения и изменения ионных радиусов в одной из катионных подрешеток, создающих структурные каналы для облегченного движения ионов. 4) Рост кристаллов в условиях

низких градиентов температуры для экспериментов по изучению безнейтринного 2β распада в низкофоновых криогенных болометрах. Решить задачу снижения радиоактивного фона в кристаллах, требования к которому на порядки выше, чем в низкофоновой спектроскопии. Поиск новых методов синтеза и очистки исходных материалов, а также изучение влияния примесей на оптические свойства кристаллов. Разработка полного цикла передела изотопно-обогащенного сырья с минимумом потерь, начиная от глубокой очистки, получения шихты из исходного материала и заканчивая регенерацией кристаллов и отходов. Выращивание крупноразмерных кристаллов методом LTG Cz из раствора в расплаве, особенно при низкой растворимости, требует тщательного изучения не только фазовых диаграмм, но и модификации методик выращивания, например, в условиях переноса и поиска технической реализации таких подходов. 1) На основе проведенных исследований будут разработаны методы синтеза углеродных наноматериалов и их химической модификации, включая окисление, фторирование и др. Будут разработаны методики синтеза гибридных наноматериалов, состоящих из сульфидных, оксидных и других типов наночастиц на углеродных нанотрубках и графене. Полученные материалы будут протестированы в качестве анодов для электрохимических накопителей энергии. Созданные в ИНХ СО РАН электродные материалы на основе восстановленного оксида графена, электропроводящих полимеров и наночастиц переходных металлов демонстрируют высокую удельную электрохимическую емкость в Li и Na – ионных аккумуляторах. Будут разработаны композиционные материалы на основе новых углеродных форм в диэлектрических матрицах и измерены их электромагнитные свойства. Будет изучена возможность применения углеродных наноматериалов в качестве газовых и биохимических сенсоров, автоэмиссионных катодах и в других приложениях. 2) Будут разработаны методики синтеза и изучена структура новых летучих комплексов магния, тяжелых щелочных и благородных металлов, одно- и разнолигандных комплексов Zr, Hf, Sc, лантаноидов, гетеробиметаллических соединений на базе комплексов d-металлов. Новые данные по термической устойчивости и летучести, термодинамическим характеристикам плавления и теплоемкости синтезированных соединений. Методики процессов химического осаждения из газовой фазы, включая термические и фотостимулированные, будут разработаны для получения наночастиц и моно- и мульти- слоев смешанных оксидов, биметаллических пленок. Будут предложены рекомендации по выбору систем, наиболее перспективных для использования в адсорбционно-резистивных газовых сенсорах и для модификации электродов электрохимических сенсоров. Новые методики ALD, CVD и PVD синтеза металлических, оксидных, карбонитридных пленок будут разработаны. Будет продолжено исследование формирования композитов $\text{SiC}_x\text{NyFe}_z$ методом PE CVD. 3) Будет получена информация о влиянии модификации халькогенидов переходных металлов и углеродных нанотрубок на термoeлектрические свойства их композитов. Будет исследовано несколько структурных типов оксидов переходных металлов и определена возможность повышения параметров кислородной подвижности посредством изовалентных замещений в одной из катионных подрешеток и сверхструктурного упорядочения катионов. Полученные соединения с высокими значениями кислородной подвижности найдут применение при разработке оксидных топливных элементов, газовых датчиков, кислород-селективных мембран и аналогичных устройств. Будут получены многофункциональные керамические соединения на основе оксидов переходных и редкоземельных металлов для альтернативных источников энергии, оптоволоконных лазеров, создания материалов для физики высоких энергий и др. Методами реакционной и ДСК калориметрии будут определены базовые термодинамические характеристики полученных оксидов в интервале температур от 160 до 1000 К. Будет развита прогнозирующая термодинамика,

позволяющая обнаружить связь термодинамических, функциональных и структурных характеристик. Будут определены способы оптимизации процессов CVD для получения пленок заданного состава. 4. Будут проведены работы по совершенствованию ростовой аппаратуры и методик роста кристаллов $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$, $\text{KY}(\text{WO}_4)_2$, новых лазерных кристаллов со структурой α - $\text{KEu}(\text{MoO}_4)_2$ из раствора в расплаве. Методики, разработанные для выращивания скнтилляционных кристаллов из расплава, будут использованы для получения изотопно-обогащенных кристаллов с предельно высокими характеристиками. Новые методики очистки исходных материалов, за счет глубокого удаления примесей, позволят понизить собственный радиоактивный фон кристаллов и оптическое поглощение, а также повысить энергетическое разрешение болометров на их основе. Помимо получения новых знаний в области роста кристаллов сохраняется и инновационная направленность работ по выращиванию опытных партий оксидных кристаллов. Исполнители проекта активно сотрудничают с учеными Китая, Тайваня, Индии, Франции, Германии, Белоруссии, Турции, Кореи и других стран. В последние годы были получены и выполняются международные проекты РФФИ: Проект РФФИ-ГФЕН 19-53-53020 «Влияние ориентации слоев в сферических графитовых анодных материалах на электрохимические

свойства ионных аккумуляторов на основе щелочных металлов»; Проект РФФИ-НЦНИ 16-53-150003 «Настройка электронных свойств двухслойных углеродных нанотрубок через поверхностное галогенирование» Проект РФФИ-CNRS №18-83-15005 «Исследование термических превращений летучих элементоорганических и координационных соединений для получения функциональных неорганических плёнок»; Проект РФФИ-BRICS 18-53-80016 «Биомедицинские покрытия из карбида кремния, полученные химическим осаждением из газовой фазы»; Проект РФФИ-DST 19-53-45012 ИНД «Сопряженные гетероструктуры наностенок h-BCN и двумерных нанослоев»; Проект РФФИ-НИФ 18-503-51017 «Разработка слоистых халькогенидов металлов в качестве эффективных термоэлектрических материалов» Проект РФФИ-MNT 18-53-52009 «Рост «high-k» диэлектриков на двумерных материалах и изучение их границы раздела для инновационной наноэлектроники»; Проект РФФИ-Бел 20-52-00020 «Структурированные массивы углеродных нанотрубок для приложений терагерцовой фотоники» Результаты по выращиванию низкофоновых криогенных скнтилляционных кристаллов получили мировое признание и благодаря этому исполнители проекта входят в состав участников коллабораций AMORE и CUPID-Mo.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121080200058-1

ПЕРФТОРИРОВАННЫЕ СУЛЬФОСОДЕРЖАЩИЕ МЕМБРАНЫ С УПРАВЛЯЕМОЙ МОРФОЛОГИЕЙ И УЛУЧШЕННЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ И МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В альтернативной энергетике для получения и хранения энергии широко используются перфторированные сульфосодержащие полимеры, например, с длинной (Nafion®) и короткой (Aquivion®) боковой цепочкой. Их применяют в качестве электролита для разделения катодного и анодного пространства, а также для переноса протонов (в топливном элементе и окислительно-восстановительных проточных батареях), ионов лития или натрия (в металл-ионных аккумуляторах). Перспективным способом получения материалов для этих целей является отливка мембран из дисперсий, поскольку именно такой метод позволяет формировать пленки небольшой толщины (20-50 мкм) и дополнительно модифицировать путем внедрения заданной концентрации допантов, способствующих росту влагосодержания или количества сорбируемых органических растворителей, ионной проводимости, селективности ионного переноса и упрочнению. Кроме того, дисперсии полимера нужны для создания каталитических чернил для мембранно-электродных блоков топливных элементов. Микроструктура и свойства перфторсульфополимерных мембран как в сухом, так и в гидратированном состоянии к настоящему времени достаточно хорошо изучены. За счет процессов самоорганизации в мембранах происходит разделение гидрофобной перфторированной матрицы и гидрофильных функциональных сульфогрупп. Последние объединяются в кластеры или поры, размер которых зависит от влагосодержания мембран и определяет ионный и молекулярный транспорт в них. В дисперсиях перфторсульфополимеров также как и в пленках происходит самоорганизация макромолекул. Известно, что перфторсульфополимеры обладают эффектом «памяти» и их сорбционные, механические и транспортные свойства сильно зависят от предыстории (условий получения, обработки и предподготовки). Это связано необратимым воздействием внешних условий на микроструктуру мембран. Получение материалов с оптимизированными свойствами путем управления их микроструктурой можно рассматривать в качестве перспективного подхода к получению электролитов для устройств альтернативной энергетике. В последние годы наблюдается большой интерес к исследованию микроструктуры перфторсульфополимеров,

поскольку природа растворителей (протонный/апротонный), их диэлектрические проницаемости и сродство к полимеру влияют на агрегацию и морфологию макромолекул. Взаимодействия полимер-полимер и полимер-диспергирующая жидкость влияют на степень разделения и равномерность микроструктуры формируемых методом отливки мембран и определяют их транспортные и механические свойства. В литературе в основном приводятся данные о влиянии состава дисперсии на основе Nafion® на механические свойства получаемых мембран. Вместе с тем, основываясь на уже опубликованных сведениях о влиянии природы диспергирующей жидкости на самоорганизацию полимера, и нашем опыте работы с перфторсульфополимерами, не вызывает сомнений тот факт, что в зависимости от полярности растворителя, размера его молекул и диэлектрической проницаемости, длины боковой цепи полимера, его эквивалентной массы и ионной формы, можно ожидать, что влагосодержание, степень сольватации, сорбционные, транспортные и механические свойства мембран, получаемых методом отливки из дисперсий различного состава, будут существенно отличаться. При этом важно установить взаимосвязь между составом дисперсии, морфологией полимеров в них и микроструктурой формируемых мембран. Это позволит направленно изменять микроструктуру и свойства ионообменных мембран, в том числе без использования модификаторов, и получать материалы с оптимизированными свойствами. Целью данного проекта является получение материалов на основе перфторсульфополимеров с оптимизированными транспортными и механическими свойствами для нужд альтернативной энергетике. Для этого будут получены дисперсии перфторсульфополимеров, отличающихся эквивалентной массой и длиной боковой цепи (Nafion® и Aquivion®) в различных ионных формах в растворителях и их смесях (водно-спиртовые смеси на основе одноатомных спиртов, этиленгликоль, диметилформамид, N-метилпирролидон) и отливка мембран из полученных растворов, в том числе получение гибридных мембран с допантами различной природы. Будут получены дисперсии на основе полимера в различной ионной форме (литий, натрий, двухзарядный катион), исследована их вязкость в зависимости

от концентрации, физических характеристик растворителя и состава полимера. Будут подобраны условия отливки мембран с целью формирования тонких, равномерных и прочных пленок. Полученные мембраны будут охарактеризованы различными методами: будет определено влагосодержание, степень сольватации органическими апротонными растворителями, ионная проводимость, селективность переноса катионов, диффузионная проницаемость и газопроницаемость, механические свойства. Кроме того, будут установлены сорбционные характеристики и значения доннано-разности потенциалов на границе мембран с растворами органических и неорганических электролитов. Свойства мембран будут изучены в различных ионных

формах (в H⁺, Li⁺, Na⁺). В результате выполнения данного проекта планируется выявить взаимосвязь между состоянием перфторсульфополимеров в дисперсиях (в зависимости от типа полимера (длины боковой цепочки, количества ионообменных групп, противоиона), его концентрации и природы диспергирующей жидкости) и сорбционными, механическими и транспортными свойствами получаемых из них методом отливки мембран, в том числе гибридных. Решение данной проблемы позволит получать новые мембранные материалы, в том числе и на основе других типов полимерных электролитов, отвечающие практическим требованиям, для альтернативной энергетики и ряда других приложений, в частности аналитической химии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011200122-2

НОВЫЙ ТИП ПРОТОЧНОЙ БАТАРЕИ С РЕГЕНЕРУЕМЫМ РЕДОКС-МЕДИАТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Проект направлен на создание экономичных стационарных систем временного запаса энергии в (электро)химической форме с ее последующей регенерацией впоследствии, а также на создание дешевых и энергоёмких источников тока для различных приложений. Проблема истощения ископаемых углеводородов и необходимость снижения выброса вредных веществ и парниковых газов обуславливают актуальность замены традиционной силовой установки для мобильных приложений – двигателя внутреннего сгорания – на электродвигатель в комбинации с химическим источником тока (ХИТ). В настоящее время ведущие автостроительные концерны уже вывели на рынок полностью электрические автомобили, источником энергии для которых является либо вторичный ХИТ – литий-ионная аккумуляторная батарея, либо первичный ХИТ – водородно-воздушный топливный элемент. Вторичные (перезаряжаемые) ХИТ в качестве энергоустановки для мобильных приложений, безусловно, имеют свою обширную нишу (автотранспорт для городских условий, относительно небольших пробегах, сравнительно мягкого климата), однако за пределами этой ниши широкое использование перезаряжаемых ХИТ в автотранспорте сталкивается с серьезными препятствиями. Причем, если часть из них преодолима путем совершенствования технологий изготовления вторичных ХИТ (проблема стоимости и срока службы), а также развития инфраструктуры (сеть зарядных станций), то такой параметр как удельная энергоёмкость -

фактический «перевозимый энергозапас» (и связанная с ней длина пробега на одной заправке - обречена на отставание от технологичных первичных ХИТ. Химические источники тока, в частности, проточные редокс-батареи и водородно-воздушные топливные элементы представляют собой самую сильную альтернативу ДВС, однако также имеют ряд ограничений, среди которых наиболее значимыми считаются: ресурсные ограничения (необходимость использования катализатора) и деградация каталитических слоев, высокая стоимость полимерного электролита, вытекающая в том числе, из требований высокой химической стабильности по отношению к агрессивным интермедиатам, а также ряд проблем, связанных с получением и хранением реагентов. В качестве подходов к решению вышеизложенных проблем, так или иначе связанных с фундаментальными ограничениями, предлагаются различные гибридные устройства, в том числе, замена прямого электровосстановления реагентов на опосредованное посредством редокс-медиаторного процесса на электроде, с последующей химической регенерацией редокс-медиатора путем окисления. Такие электроды получили название «химически регенерируемые редокс-электроды». Таким образом, разработка в рамках данного проекта системы, содержащей медиаторный редокс-электрод, является перспективной задачей для создания более дешевых и энергоёмких ИТ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

№ 122022400336-7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

« В настоящее время в России остро стоит вопрос энергообеспечения труднодоступных территорий, расположенных вне зоны централизованного электроснабжения, где проживает порядка 20% общей численности населения страны. Доставка топлива в эти регионы требует больших затрат, что не обеспечивает стабильного энергоснабжения и препятствует их устойчивому социально-экономическому развитию. Поэтому крайне важно использовать имеющиеся местные доступные энергоресурсы. Как правило, такие регионы обладают значительным потенциалом биомассы растительного и животного происхождения, в том числе различными видами органосодержащих отходов, из которых можно получить энергетический ресурс в виде твердого, жидкого и газообразного топлива. Биогазовые технологии получения топлива являются относительно недорогими и эффективными способами получения электрической и тепловой энергии. Для этого традиционно используются различные теплоэнергетические установки, недостатком которых являются высокие требования к составу топлива и сравнительно низкие КПД. В последнее время возрос интерес

к получению из биогазов, образующихся при разложении органосодержащих отходов, энергетически более ценного и экологически чистого водородсодержащего топлива, которое можно использовать в топливных элементах, позволяющих получать электрическую и тепловую энергию. Следует отметить, что выявлена новая важная роль биогазовых установок в местной энергетике, так как они могут также использоваться в качестве дополнительных аккумуляторов нестабильной энергии, производимой ветровыми, солнечными и другими энергоустановками на возобновляемых энергоресурсах путем использования избытков энергии для получения электролизного водорода с последующей его прямой подачей в биореакторы, что может увеличить метановую составляющую биогаза до 98%. Данному вопросу в последнее время уделяется большое внимание за рубежом в следствие относительно высоких показателей энергоэффективности аккумулирования энергии с использованием биогазовых установок. Преобразование дополнительного водорода и содержащегося в биогазе углекислого газа происходит путем организации биохимического процесса с использованием метаногенных

микроорганизмов. С учетом доступности источников биогазов и при условии создания эффективной технологии получения биометана, а также водородсодержащего топлива появляется возможность развития автономной водородной энергетики на базе местных энергетических ресурсов, что требует разработки инновационных технологий по созданию установок с топливными элементами. Это одно из приоритетных направлений в современной мировой энергетике. Актуальность работы заключается в получении из биогазов, образующихся при разложении органических отходов, энергетически более ценного и экологически чистого водородсодержащего топлива. В рамках проекта будет проведено обоснование возможности использования биогазовых установок в качестве дополнительных аккумуляторов нестабильной энергии путем использования избытков энергии для получения электролизного водорода с последующей его прямой подачей в биореакторы. В тоже время выбросы CO₂ являются основным источником кризиса глобального потепления. Среди различных существующих технологий улавливания углерода биологическое улавливание углерода на основе микроводорослей является одной из многообещающих менее энергоемких технологий. Микроводоросли привлекают внимание как средство сокращения выбросов углерода и производства биоэнергии. Биомасса микроводорослей считается нейтральным по отношению к CO₂, заменителем ископаемого топлива, что является результатом чистого переноса атмосферного CO₂ в биомассу. При поглощении CO₂ биомассой микроводорослей будет вырабатываться O₂ в процессе фотосинтеза. Полученная биомасса микроводорослей может использоваться для

интенсификации процессов анаэробного сбраживания и выработки энергетически более емкого биогаза с высокой продуктивностью по водороду. Поэтому технологическое развитие использования биомассы микроводорослей для снижения карбонового следа и преобразование её в биоэнергию (биоводород) весьма актуально.» В рамках проекта будет получен водород из биогазов, образующихся при разложении органических отходов, энергетически более ценного и экологически чистого водородсодержащего топлива. В рамках проекта будет проведено обоснование возможности использования биогазовых установок в качестве дополнительных аккумуляторов нестабильной энергии путем использования избытков энергии для получения электролизного водорода с последующей его прямой подачей в биореакторы. В то же время выбросы CO₂, которые являются основным источником кризиса глобального потепления, будут поглощаться за счет биологического улавливания углерода микроводорослями. Эта технология является одной из многообещающих менее энергоемких, т.к. микроводоросли одновременно являются средством сокращения выбросов углерода и производства биомассы для разных целей, в том числе и биоэнергии. При поглощении CO₂ биомассой микроводорослей будет вырабатываться O₂ в процессе фотосинтеза. Полученная биомасса микроводорослей может использоваться для интенсификации процессов анаэробного сбраживания и выработки энергетически более емкого биогаза с высокой продуктивностью по водороду. Это обеспечивает замкнутый цикл используемой технологии, что соответствует основной идеологии циркулярной экономики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 121031600054-1

ДИЗАЙН ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ (Yb₃-xS₄)_{0.2}(M₃-xS₄)_{0.8} (M=Gd, Dy)

Актуальность проекта обусловлена проблемой рационального использования природного и техногенного тепла. Одним из перспективных решений этой проблемы является широкое использование термоэлектрических устройств для генерации и аккумуляции электроэнергии. С точки зрения основных принципов используемых при создании термоэлектрических преобразователей, для увеличения КПД подобных устройств необходимо ориентироваться на высокие температуры горячей зоны и, следовательно, на использование высокотемпературных материалов. Представленный проект направлен на создание эффективных высокотемпературных термоэлектрических материалов (Yb₃-xS₄)_{0.2}(M₃-xS₄)_{0.8} (M=Gd, Dy; 0.25<x<0.33), и исследование закономерностей изменения термоэлектрических параметров, а также оптимизацию реальной структуры материала. В рамках проекта планируется проведение необходимой и достаточной характеристики синтезированных образцов набором современных физико-химических методов (РФА, РФЭС, РФЛА, микроскопия SEM и HRTEM, энергодисперсионный анализ, магнитная восприимчивость, КРС-, EXAFS- и XANES-спектроскопии) по морфологии, наноструктуре, химическому и фазовому

составам. На полученных керамических поликристаллических образцах будут проведены исследования температурных зависимостей термоэлектрических параметров: коэффициента Зеебека, электропроводности и теплопроводности. Предполагается установление закономерностей изменения термоэлектрических параметров в зависимости от изменений реальной структуры полученных материалов с описанием природы и механизма конверсии тепла в электрическую энергию. На основании результатов исследований будет рекомендован оптимальный химический состав твердого раствора для достижения максимальной термоэлектрической эффективности (Yb₃-xS₄)_{0.2}(M₃-xS₄)_{0.8}. Полученные фундаментальные данные существенно расширят представления о химии твердых растворов сульфидов редкоземельных элементов со структурным типом Th₃P₄, а также обеспечат теоретическую основу для развития новых комплексных химико-технологических подходов формирования материалов с повышенными значениями термоэлектрической добротности ZT (≥2.0-2.5) и высокими коэффициентами полезного действия термоэлектрических устройств (≥15%), эксплуатируемых при высоких температурах до 1000 К и выше.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121122800047-6

СНИЖЕНИЕ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК НА СИСТЕМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

В последнее время наметилась устойчивая тенденция использования накопителей электрической энергии в различных отраслях промышленности и электроэнергетики, особенно в европейских странах. В большинстве случаев использование накопителей энергии позволяет снизить энергопотребление системы и повысить ее энергетическую

эффективность. При этом на промышленных объектах и производственных предприятиях часто возникают проблемы с просадками питающего напряжения, которые как правило вызваны пуском систем электропривода большой мощности. Эта проблема наиболее остро стоит при использовании режимов прямого пуска асинхронных двигателей, поскольку

пусковые токи в этом случае превышают номинальный в 5-7 раз. Однако подобная проблема может возникать также при эксплуатации мощных систем частотно-регулируемого электропривода, работающих в интенсивных пуско-тормозных режимах. Токи в этом случае могут превышать номинальный в 2-3 и более раз, в зависимости от необходимой интенсивности пусковых режимов. Такие пиковые, кратковременные нагрузки могут также приводить к просадкам питающего напряжения. Ситуация осложняется еще и тем, что как правило в системах частотно-регулируемого электропривода используются преобразователи частоты с неуправляемым диодным выпрямителем на входе, что приводит к искажению формы питающего напряжения. И эта ситуация также усугубляется во время пусковых режимов работы электропривода. В проекте предлагается дополнить частотно-регулируемый электропривод системой хранения энергии на базе суперконденсаторов для сглаживания пиковых нагрузок в системе энергоснабжения. Идея заключается в том, что во время пусковых режимов энергии частично или полностью потребляется с устройства хранения энергии и это позволяет разгрузить сеть от пиковых нагрузок

и предотвратить падение сетевого напряжения. Система хранения энергии в этом случае будет включать в себя двунаправленный DC-DC преобразователь со своей системой автоматического управления и блоком суперконденсаторов. Цель фундаментального проекта заключается в разработке алгоритмов управления и исследовании частотно-регулируемого электропривода с устройством хранения энергии для снижения пиковых нагрузок и включает в себя следующие основные задачи: - Разработка схемных решений и алгоритмов цифрового управления для систем частотно-регулируемого электропривода с устройством хранения энергии на базе суперконденсаторов, обеспечивающих снижение пиковых нагрузок на систему энергоснабжения. - Модельные исследования характеристик частотно-регулируемых электроприводов с системой снижения пиковой мощности на базе суперконденсаторов с оценкой технико-экономической эффективности. - Реализация разработанных цифровых алгоритмов управления устройства хранения энергии на базе современной микропроцессорной техники и проведение экспериментальных исследований.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

2022

№ 122082200099-7

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Создание и развитие литий-ионных аккумуляторов стало революционным во всех сферах жизни человека. Благодаря высокой гравиметрической и объемной плотности энергии, высокой удельной мощности, длительному сроку службы и низкому саморазряду литий-ионные аккумуляторы сегодня являются одними из важнейших возобновляемых источников энергии. Однако в связи с растущим спросом возникает необходимость в разработке новых типов аккумуляторов, обладающих большими показателями гравиметрической или объемной плотности энергий или их более доступных аналогов. Перспективным подходом для достижения наибольших плотностей энергии, а также лучшей цикличности и безопасности считается переход к полностью твердотельным аккумуляторам, в которых используется твердый электролит. Главным преимуществом твердых электролитов считается их повышенная термическая стабильность и устойчивость к дендритообразованию, благодаря которым, они демонстрируют большую циклируемость и более безопасны. Традиционно аккумуляторы с металлическим литием в качестве анода или аккумуляторы с анодом с щелочными металлами (Na⁺, K⁺) рассматриваются как наиболее перспективные альтернативы литий-ионным аккумуляторам. В литиевых аккумуляторах наилучшие показатели ионной электропроводности, сравнимые с жидкими органическими

электролитами, достигаются в сложных трех и четырех компонентных системах, содержащих атомы серы и фосфора. Другой перспективный класс твердых электролитов - германий содержащие твердые электролиты. Несмотря на регулярное появление публикаций с новыми электролитами и более детальными исследованиями уже открытых твердых электролитов, в том числе составов M-P-S и M-Ge-S (M = Li, Na, K), информация о электролитах такого состава все еще остается преимущественно не систематизированной и разрозненной. Использование современных и эффективных методов предсказания кристаллических структур таких как генеративно-состязательные сети CrystalGAN и эволюционный алгоритм USEPX позволит найти новые, еще не исследованные соединения составов M-P-S и M-Ge-S, где M = Li, Na, K. Применение методов квантовой химии, машинного обучения (MLIP) и молекулярной динамики позволят достоверно оценить термодинамические, механические и кинетические свойства новых твердых электролитов, в том числе коэффициенты диффузии и значения ионной электропроводности. Важным достоинством этого подхода является способность прогнозировать свойства экспериментально еще не изученных соединений, синтез и анализ которых может представлять задачу, требующую больших материальных и временных затрат.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122103100029-7

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВИДЕ ГИБРИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО НА СПЛАВЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

В данном проекте разрабатывается топливный элемент, работающий на сплаве щелочных металлов (ТЭ). Предлагаемое устройство является хранилищем электроэнергии высокой ёмкости. При этом возможна как зарядка устройства от сети, так и заправка готовым топливом. В качестве топлива используется жидкий сплав щелочных металлов, который образуется при зарядке ТЭ из отработанного топлива. В качестве топлива можно использовать любой жидкий сплав на основе щелочных металлов, что позволит варьировать параметры ТЭ в зависимости от внешних условий.

Разработанный ранее на этапе НИР лабораторный макет имеет энергоёмкость примерно 1200 Втч/кг активного вещества. Для сравнения литий-ионный аккумулятор имеет 250 Втч/кг, а натрий-серные батареи – до 350 Втч/кг. Основное назначение — это использование предлагаемого устройства в качестве источника электроэнергии в электромобилях. Также предлагается использовать его в портативных и стационарных буферных хранилищах электроэнергии в домах и электростанциях для энергетического сдвига.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИСТ-КАПИТАЛ»

№ 123022700017-1

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАРШРУТОВ СИНТЕЗА 2D НАНОКРИСТАЛЛОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ КОМПОЗИТОВ С УГЛЕРОДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ КАК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Проект направлен на решение проблемы разработки маршрутов и методик синтеза нанокристаллических неорганических соединений и их композитов с углеродными материалами, как основы технологии создания новых высокоэффективных электродных материалов для перспективных источников питания с целью повышения их электрохимических характеристик, а также значительного снижения стоимости. Актуальность проблемы, на решение которой направлен проект, определяется все возрастающей потребностью в большем количестве энергии и растущих экологических проблемах, приводящих к переходу производства электроэнергии от ископаемых и ядерных источников к возобновляемым источникам, обеспечивающим безопасное, надежное и устойчивое энергоснабжение. Однако большинство возобновляемых источников энергии, в силу своих особенностей, требуют создания эффективных систем для хранения электроэнергии. В настоящее время среди традиционных источников энергии наиболее широко распространены литий-ионные батареи, которые обеспечивают высокие значения удельной энергии (80-200 Вт·ч/кг) и мощности, что обуславливает их широкое практическое применение. Однако литий-ионные аккумуляторы имеют и ряд недостатков, а именно: высокую стоимость литиевого сырья, вызванную постоянным увеличением роста производства таких источников питания и проблемы его утилизации, относительно большую массу и долгое время заряда (что является критически важным для их применения в электротранспорте и портативных устройствах), а также проблемы перегрева таких устройств и риск взрывоопасности. В последние годы наблюдается рост интереса к созданию других видов металл-ионных батарей, таких как натрий и калий-ионные батареи, из-за широкой распространенности этих элементов и их низкой стоимости, а также повышенной безопасности при эксплуатации по сравнению с литий-ионными батареями. Кроме того, в последнее время привлекают большое внимание металл-ионные батареи, в которых используются двухзарядные катионы (Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} и др.), поскольку они обладают более высокой объемной плотностью энергии,

обусловленной величиной переносимого заряда. Особый интерес вызывают цинк-ионные батареи с полимерными и твердыми электролитами, поскольку на их основе можно создавать компактные, безопасные и недорогие автономные источники питания с большой удельной емкостью. Возможность технологии создания таких устройств в значительной мере определяется решением научных проблем химии материалов, среди которых особенно актуальна проблема разработки новых маршрутов и методик синтеза высокоэффективных электродных материалов. Данный проект направлен на решение проблемы разработки маршрутов и методик синтеза нанокристаллических неорганических соединений и их композитов с углеродными материалами, как основы технологии создания новых высокоэффективных электродных материалов для цинк-ионных батарей с твердым электролитом. Научная новизна исследований, в данном проекте, заключается в разработке и обосновании оригинальных методик и маршрутов послойного синтеза, в частности методики ионного наплавления (ИН), которую предполагается использовать для создания новых высокоэффективных электродных материалов на основе двумерных нанокристаллов неорганических соединений и их композитов с углеродными материалами. Установленные в результате выполнения проекта процессы и условия формирования двумерных нанокристаллов станут научной основой для разработки новых методов и технологических подходов к получению нанокристаллических неорганических соединений, перспективных для создания новых электродных материалов. В результате выполнения проекта предполагается разработать и предложить ряд новых маршрутов и методик по формированию двумерных нанокристаллов неорганических соединений с контролируемой составом, строением и морфологией. Для получения электродных материалов в качестве объектов исследования были выбраны гексацианоферраты и нанокompозиты оксидов переходных металлов с углеродными материалами, представляющиеся перспективными для создания высокоэффективных электродов цинк-ионных батарей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122101000018-8

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА, ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

Целью проекта является создание технологии получения диэлектрических сепараторов для накопителей электрической энергии (конденсаторная и аккумуляторная промышленности). В рамках предварительного НИР была получена технология синтеза особо тонких (до 2.5 мкм) мембраноподобных полимерных материалов в формате тонких спайных и проницаемых слоёв, имеющих высокую относительную механическую прочность. Данная технология базируется на основе изменённого закрыточного (нестационарного) процесса электроформования полимерных материалов. В рамках НИОКР по программе СТАРТ необходимо получить устойчивые режимы синтеза полимерных мембран из материалов, пригодных в использовании в качестве диэлектрических сепараторов для

накопителей энергии. Устойчивые режимы синтеза позволят добиться высокой воспроизводимости свойств сепараторов, необходимой для дальнейшей коммерциализации разработки в режиме опытного производства. В настоящее время в связи с ростом количества электрических потребителей, в т.ч. подвижных, активно ведётся поиск новых технологий, позволяющих улучшить свойства (электрическая ёмкость, высокая цикличность заряда-разряда, удельная электрическая ёмкость на единицу массы и т.д.) и снизить стоимость аккумуляторов и конденсаторных изделий, при этом в настоящее время на рынке (в т.ч. российском) сильно превалирует доля иностранных разработок (США - Celgard и Япония - NKK).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЭЛФОРМА»

№ 122110100077-6

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ СТЕКЛОГЕРМЕТИКОВ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Неоспоримым преимуществом электрохимических устройств на основе твердооксидных электролитов является их высокий КПД, обусловленный прямым преобразованием химической энергии в электрическую. Еще одним преимуществом является значительно меньший объем выбросов загрязняющих веществ по сравнению с работой традиционных источников энергии. Однако подобные устройства эксплуатируются при высоких температурах, как правило, в циклическом режиме, при котором нагрев сменяется охлаждением и новым нагревом. Поскольку твердооксидные топливные элементы и другие твердооксидные электрохимические устройства (электролизеры, датчики, кислородные насосы и т.д.) представляют собой сложные системы, состоящие из множества узлов, выполненных, как правило, с применением различных материалов, возникает проблема согласованного поведения этих материалов при нагреве и охлаждении, а также проблема разделения катодного и анодного пространства. Одним из решений этих проблем является применение стекол в качестве герметиков, соединяющих металлические и керамические элементы твердооксидного электрохимического устройства и разделяющих его катодное и анодное пространство. В настоящее время имеются отдельные удачные случаи такого применения, однако систематические исследования в этом направлении не проводились, что делает задачи

данного проекта крайне актуальными. В проекте основное внимание будет уделено изучению макроструктуры слоя стеклогерметика и влиянию элементов макроструктуры (газовых и твердых включений) на свойства слоя и, прежде всего, на внутренние напряжения в стеклогерметике. Кроме того, для оценки деградационных процессов будет подробно изучена граница стеклогерметика с металлическими и керамическими элементами электрохимического устройства. Для отработки технологии нанесения стеклогерметика будут применяться самые современные методы, включая аддитивные и лазерные технологии, нанесение покрытий в электростатическом поле и т.д. Разработанные составы и технология нанесения стеклогерметиков позволят осуществить серийное производство твердооксидных электрохимических устройств (топливных элементов, электролизеров, кислородных датчиков и насосов и т.д.) с гарантированным сроком службы. Проект соответствует целям СП-4 «Академическое превосходство» КБК 0708. Он ориентирован на развитие в университете исследований мирового уровня, которые ведутся в интересах реальных секторов экономики, направлен на развитие кадрового потенциала науки, поддержке молодых исследователей, увеличению объемов НИОКТР, развитию интеграции УрФУ с Институтом высокотемпературной электрохимии УрО РАН, развитию научного международного партнерства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122122100176-9

МОЛОДЕЖНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Цель проекта заключается в исследовании и разработке научно-технических решений создания и применения перспективных систем накопления электроэнергии, а также разработке и создании экспериментального образца накопителя электроэнергии с наилучшими характеристиками плотности электроэнергии на основе серийно выпускаемых аккумуляторных батарей. Основными задачами проекта являются: 1. Разработка и создание научно-исследовательского (испытательного) стенда и проведение с его помощью исследований характеристик серийно выпускаемых аккумуляторных батарей. 2. Анализ и описание принципов действия накопителей электроэнергии, разработка рекомендаций по их эффективному применению (выявление соответствия вида накопителя решаемой

проблеме). 3. Разработка функциональных и структурных схем, определение оптимальных электрических параметров основных узлов накопителей электроэнергии и исследование их характеристик с помощью имитационного моделирования. 4. Разработка алгоритмов управления работой накопителя электроэнергии, обеспечивающих регулирование процессов заряда/разряда аккумуляторных батарей с учетом режимов работы электроприемников и возможностей передачи электроэнергии от внешней сети. 5. Разработка и создание экспериментального образца накопителя электроэнергии с наилучшими характеристиками плотности электроэнергии на основе серийно выпускаемых аккумуляторных батарей и проведение его исследовательских испытаний.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 122032300255-1

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОПОРНЫМИ СЛОЯМИ И МОНОПОЛЯРНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

Договор № 1316-22 на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по теме «Разработка конструкции и технологических основ твердооксидных топливных элементов с металлическими

опорными слоями и монополярной коммутацией» направлен на разработку базовых конструкций и технологических основ твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с опорными металлическими слоями и монополярной коммутацией.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011200308-0

ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ И МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Предложенный проект направлен на поиск решений фундаментальных проблем создания тонкопленочных гетероструктур (композитных и многослойных)

твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с применением метода электрофоретического осаждения (ЭФО). Новизна предлагаемого проекта заключается в определении

фундаментальных основ формирования пленочных функциональных слоев ТОТЭ из материалов различного состава, спексаемости и термомеханическими свойствами, исследовании создания композитных пленок электролита на несущих подложках ТОТЭ. Развитие технологии формирования ТОТЭ является актуальным и практически значимым как с композитными электролитами, так и с многослойными электролитами. В ходе выполнения проекта будут изучены и выделены эффективные методы создания проводящего слоя для проведения ЭФО на несущей подложке, исследованы кинетические свойства суспензий на основе электролитов различного дисперсного состава, установлены условия

осаждения и спекания многослойных пленок с учетом различий термомеханических свойств материалов. Будут разработаны новые подходы к получению стабильных суспензий для проведения ЭФО из композитных материалов и формированию полуэлемента ТОТЭ, состоящего из пористого анода и тонкопленочного твердого композитного электролита. Проект направлен на поиск оптимального дизайна тонкопленочной структуры ТОТЭ, формируемой методом электрофоретического осаждения. Результаты проекта будут иметь большое фундаментальное значение для развития технологии ЭФО в целом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122070400056-5

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ И ТОКОВОЙ КОММУТАЦИИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕЕ

Цель настоящей НИР – создание отечественной технологии изготовления материалов для герметизации и токовой коммутации ТОТЭ в батарее.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122122100147-9

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Материалы являются функциональной основой технологии, обеспечивая необходимые характеристики конечного изделия. В ходе реализации проекта будут разработаны методики синтеза и получены образцы функциональных материалов для применения в таких областях электронной промышленности как суперконденсаторы, резистивные пасты для изделий электронной компонентной базы и металлизационные пасты для металлокерамических корпусов фотоэлектронных приборов. Основу функциональных материалов для суперконденсаторов составляют углеродные активированные материалы и композитные материалы на их основе. Ранее разработанная методика синтеза активированных углеродных материалов из растительного сырья, позволяет получать материалы с удельной площадью поверхности до 2300 м²/г. С использованием этих материалов в качестве основы для композитных материалов с высокой

объемной удельной емкостью будет предложен прототип суперконденсатора с минимальными геометрическими размерами. Функциональной основой материалов для резистивных и металлизационных паст являются оксидные материалы. Для первых будут разработаны составы и способы получения бездрагметалльных материалов на основе Co-La перовскитов, получена серия образцов, исследованы их функциональные свойства, определены параметры, влияющие на проводимость и температурный коэффициент сопротивления конечного изделия. В области металлизационных паст будут предложены методики синтеза оксидов Mo и Mn с узким распределением частиц с размерами в области нескольких мкм. Проведено исследование металлизационных покрытий на основе синтезированных Mn-Mo оксидов в зависимости от технологических режимов создания покрытия, связующих и модифицирующих добавок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122051700059-2

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРОЦЕССОВ В ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛАХ С ОРГАНИЗОВАННЫМ БЕСПОРЯДКОМ ПРИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Основной задачей проекта является создание фундаментальной основы для разработки новых функциональных диэлектрических материалов на основе антисегнетоэлектриков, релаксоров и твердых растворов этих материалов с нормальными сегнетоэлектриками. В том числе особое внимание будет уделено: (а) разработке подходов для получения регулярных нанодоменных структур и упорядоченных систем полярных доменных стенок и управления ими, что является основой для создания устройств хранения информации сверхвысокой плотности; (б) разработке принципов создания сред для быстрых устройств хранения энергии на основе твердых растворов антисегнетоэлектрик/сегнетоэлектрик (АСЭ/СЭ); (в) большое внимание в последние годы уделяется разработке сред для электрокалорических устройств. В представленном проекте будут изучены тепловые эффекты при фазовых переходах, в частности в твердых растворах антисегнетоэлектрик/сегнетоэлектрик, в которых приложение относительно небольших полей приводит к смещению температуры перехода в АСЭ фазу на десятки градусов. В рамках данного

проекта при помощи разработанных экспериментальных подходов будут исследованы микроскопические механизмы, лежащие в основе функционирования материалов, перспективных в качестве сред для записи информации, микро- и нано-актюаторов и пьезо-устройств, устройств хранения энергии конденсаторного типа. Рассматриваемые в проекте материалы можно отнести к материалам с «организованным беспорядком» на нанометровых масштабах. Это справедливо и для чистых антисегнетоэлектриков, поскольку в них реализуется система полярных антифазных доменных стенок, которые можно рассматривать как основу для создания сред записи информации с высокой плотностью. Необходимым пред условием для создания новых материалов является понимание микроскопической природы отклика на внешние воздействия. Такая информация может быть получена из экспериментов в реальном времени, синхронизированных с внешними воздействиями. Предлагаемый проект предусматривает разработку и совершенствование методов исследования на различных пространственных и временных масштабах. Сюда входят дифракционные методики,

совместное исследование диэлектрических спектров и пьезоотклика на наномасштабах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122020900132-6

Поиск способов обеспечения быстрого, эффективного и безопасного заряда-разряда аккумуляторов с металлическим анодом

Проект направлен на исследование механизма электроосаждения металлического лития в процессе работы литиевых источников тока и поиски подходов к решению проблемы дендритообразования на анодах из металлического лития. В случае успеха это позволит использовать металлический литий в качестве анода

литиевых источников тока вместо применяемых сейчас интеркаляционных материалов, что позволит значительно поднять удельную энергию и мощность таких накопителей электрической энергии и приблизиться к показателям двигателей внутреннего сгорания.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА»

№ 122052000100-5

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ МНОГООБРАЗНОГО СТРУКТУРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРУКТУРНЫХ АККУМУЛЯТОРАХ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Основным содержанием НИОКР является разработка компонентного состава и технологии производства токопроводящего композиционного полимерного материала, обладающего высокой вариабельностью свойств электропроводности, пригодного для изготовления тонкопленочных нагревательных элементов и тонкопленочных электродов структурных накопителей электроэнергии. Актуальность темы проекта определяется необходимостью изготовления означенных выше элементов из современных технологичных материалов. Цель НИОКР – разработать методики изготовления, изготовить и испытать опытные образцы многофункционального структурного композиционного полимерного материала для использования в структурных аккумуляторах и исполнительных элементах систем поддержания заданных климатических условий.

К основным научно-техническим проблемам относятся:

- отсутствие отечественных разработок по компонентному составу токопроводящих композиционных полимерных материалов пригодных для изготовления тонкопленочных нагревательных элементов и тонкопленочных электродов структурных аккумуляторов;
 - отсутствие методики изготовления токопроводящих композиционных полимерных материалов для тонкопленочных нагревательных элементов и тонкопленочных электродов структурных аккумуляторов;
 - отсутствие методики применения изготовленных полимерных материалов для создания тонкопленочных нагревательных элементов и тонкопленочных электродов структурных аккумуляторов.
- Результат НИОКР – опытный образец многофункционального структурного композиционного полимерного материала.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПЕТРОЭЛЕКТРОКОМПОЗИТ»

№ 122040600124-2

ФИЗИКА, ТЕХНОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРИЯ ДЕФЕКТОВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ФОТОВОЛЬТАНИКИ И СЕНСОРИКИ

Целями научного исследования являются: Новые сложные оксиды d-металлов, термомеханические и электрохимические свойства которых позволят использовать их в качестве электродных материалов ТОТЭ и ТОЭЛЭ. Поиск и исследования возможных мемристорных эффектов в многослойных структурах на основе этих материалов. Результаты численного моделирования термодинамических и электрохимических процессов в батареях ТОТЭ на пористом несущем аноде. Результаты моделирования электрохимических анодных, протекающих в батареях высокотемпературных твердооксидных электролизных элементов. - Будут развиваться различные направления «инженерии дефектов» в полупроводниках, диэлектриках и ионных проводниках. Будут целенаправленно модифицированы в широких пределах электронные и другие свойства материалов, что позволит расширить область их практических применений. - Будут изучены возможности улучшения физических и физико-химических свойств nano структурированного графена путем синтеза гибридных структур графен – ультратонкие пленки различных полупроводников. - Будут исследованы возможности приготовления контактов ферромагнитных металлов (Fe, Co) к ультратонким тонким пленкам органических молекулярных матриц с помощью напыления на подложку, охлажденную в диапазоне температур от жидкого азота до комнатной с применением нескольких монослоев буферных слоев конденсированного ксенона. - Будут исследованы морфология и электронная структура

гибридных nano материалов металлические nanoобъекты - сильно фторированный органический полупроводник с широкой запрещенной зоной. Будет изучено взаимодействие на границах раздела между внедренными nanoобъектами и органической матрицей. - Будет исследована взаимосвязь электронного спектра, включая поверхностные состояния, с кристаллической структурой планарных и точечных дефектов вблизи поверхности слоистых систем с топологическими особенностями. Будет исследовано распространения и поглощения электромагнитного излучения в гибридных оптических наноструктурах на основе тонкопленочных сверхпроводящих наноструктур на поверхности нелинейных оптических кристаллов. - Будут практические рекомендации для увеличения дальности передачи ключей в системах волоконной квантовой криптографии. - Будет получена новая информация об атомной и электронной структуре нескольких низкоразмерных слоистых систем, представляющих интерес с фундаментальной и практической точек зрения (слои графена на поверхности карбида кремния, соединения Bi₂XInSe₃ с различным содержанием индия, ультратонкие слои металлов на вицинальных поверхностях Si(111), монокристаллы GeTe). - Будут изучены особенности формирования СТМ-изображений атомного разрешения в слоистых многокомпонентных системах при различных параметрах туннелирования (туннельное напряжение, величина туннельного промежутка). - Будет изучена роль различных электронных состояний поверхности и острия, а также

релаксаций атомов зонда и образца в формирование изображений атомного разрешения с различной симметрией.

- Будут изучены особенности визуализации подрешеток атомов различной химической природы, а также дефектов кристаллической решетки в соединениях $\text{Bi}_2\text{-xInSe}_3$ и GeTe .
- Будут изучены особенности электронной структуры междоменных границ в слоях наноструктурированного графена, синтезированного на карбиде кремния. Актуальность исследований обусловлена необходимостью быстрого развития технологий ТОТЭ, обеспечения высокой надежности и эффективности новых электрохимических генераторов (ТОТЭ) для эффективного и экологически чистого преобразования энергии углеводородов в электрическую энергию. Создание фотонных структур, исследование их структуры и динамики, процессов самоупорядочения в жидкокристаллических наноплёнках актуально для понимания физики систем ограниченной размерности, процессов, происходящих в наноматериалах, биологических системах. Актуальность создания и изучения частиц, обладающих заданной системой пор, специальной структурой и морфологией обусловлена их потенциальным применением в фармакологии и в медицине, в биологических и химических сенсорах и других областях использования. Исследования излучательной рекомбинации на глубоких энергетических состояниях, связанных с дислокациями в кремнии, актуальны в связи с созданием светоизлучающих структур на основе кремния для целей современной оптоэлектроники. Актуальность создания УФ фильтров на основе полученных кристаллов связана с их потенциальным использованием для дистанционной инспекции линий электропередач, экологического мониторинга земных и водных пространств, отслеживание траекторий движения ракет и реактивных снарядов. Получение и исследование новых сложных оксидов d-металлов, термомеханические и электрохимические свойства которых позволяют использовать их в качестве электродного материала для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и высокотемпературных электролизеров (ТОЭЛЭ). Построение модели и численное моделирование термодинамических и электрохимических процессов в батареях из ТОТЭ на пористом несущем аноде и в батареях на основе твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ), с целью создания высокоэффективной батареи ТОТЭ и батареи ТОЭЛЭ.
- Развитие различных направлений «инженерии дефектов» в полупроводниках, диэлектриках и ионных проводниках. Современная «инженерия дефектов» основана на знаниях структуры и электронных свойств различных дефектов кристаллической решетки, включая и примеси, а также знаниях о процессах диффузии и реакций дефектов между собой и явлениях самоорганизации в системе дефектов. Это позволяет целенаправленно модифицировать в широких пределах электронные и другие свойства материалов, что чрезвычайно важно для многих практических применений.
- Нано частицы металлов или графена, распределенные на поверхности и в объеме полупроводниковых или диэлектрических матриц, имеют большой потенциал для разработки новых приборов фотоники и оптоэлектроники. Процессы синтеза таких объектов не являются дорогими и трудоемкими. Мы предполагаем провести серию исследований по синтезу подобных материалов и изучению их фундаментальных характеристик. Исследование влияния планарных и точечных дефектов кристаллической структуры вблизи поверхности на свойства электронной системы в структурах с топологическими особенностями электронного спектра в слоистых системах и халькогенидах переходных металлов.
- Исследование распространения электромагнитного излучения в тонкопленочных сверхпроводящих наноструктурах, сформированных на поверхности оптических нелинейных кристаллов с целью разработки интегральных устройств нелинейной оптики.
- Исследование возможности передачи защищенной информации с использованием квантовых интерференционных эффектов на когерентных состояниях из независимых источников.
- При изучении атомной и

электронной структуры многокомпонентных слоистых систем с уникальными физическими свойствами важная информация может быть получена с использованием методов сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и спектроскопии (СТС) атомарного разрешения. Для выяснения особенностей формирования СТМ-изображений высокого разрешения, а также селективной визуализации подрешеток атомов различной химической природы в многокомпонентных слоистых соединениях планируется проведение экспериментов с атомарным разрешением и изучение зависимостей симметрии СТМ-изображений от параметров туннелирования (туннельного напряжения и расстояния «зонд-поверхность») для нескольких многокомпонентных слоистых систем, представляющих интерес с научной и практической точек зрения. Полученная информация будет способствовать развитию прецизионных методов анализа поверхности, а также поможет объяснить особенности электронной структуры исследуемых материалов. Предполагаемые результаты и их возможная практическая значимость:

- Новые сложные оксиды d-металлов, термомеханические и электрохимические свойства которых позволят использовать их в качестве электродных материалов ТОТЭ и ТОЭЛЭ. Поиск и исследования возможных мемристорных эффектов в многослойных структурах на основе этих материалов. Результаты численного моделирования термодинамических и электрохимических процессов в батареях ТОТЭ на пористом несущем аноде. Результаты моделирования электрохимических процессов, протекающих в батареях высокотемпературных твердооксидных электролизных элементов.
- Будут развиваться различные направления «инженерии дефектов» в полупроводниках, диэлектриках и ионных проводниках. Будут целенаправленно модифицированы в широких пределах электронные и другие свойства материалов, что позволит расширить область их практических применений.
- Будут изучены возможности улучшения физических и физико-химических свойств нано структурированного графена путем синтеза гибридных структур графен – ультратонкие пленки различных полупроводников.
- Будут исследованы возможности приготовления контактов ферромагнитных металлов (Fe, Co) к ультратонким тонким пленкам органических молекулярных матриц с помощью напыления на подложку, охлажденную в диапазоне температур от жидкого азота до комнатной с применением нескольких моноатомных буферных слоев конденсированного ксенона.
- Будут исследованы морфология и электронная структура гибридных нано материалов металлические нанобъекты - сильно фторированный органический полупроводник с широко запрещенной зоной.
- Будет изучено взаимодействие на границах раздела между внедренными нанобъектами и органической матрицей.
- Будет исследована взаимосвязь электронного спектра, включая поверхностные состояния, с кристаллической структурой планарных и точечных дефектов вблизи поверхности слоистых систем с топологическими особенностями. Будет исследовано распространения и поглощения электромагнитного излучения в гибридных оптических наноструктурах на основе тонкопленочных сверхпроводящих наноструктур на поверхности нелинейных оптических кристаллов.
- Будут практические рекомендации для увеличения дальности передачи ключей в системах волоконной квантовой криптографии.
- Будут получены практически важные результаты для учета влияния побочных каналов утечки информации в реальных волоконных системах квантовой криптографии на криптографическую стойкость. Результаты будут использованы в практических разработках с промышленными ИТ партнерами (ОАО ИнфоТекС, Москва, Россия), а также с Российскими научными организациями консорциума (Центр квантовых технологий, МГУ, Москва, Россия, ИФТТ РАН официальный член данного консорциума) а также в разработках (ОКРах) в интересах соответствующих Ведомств.
- Разработка методов генерации случайных чисел квантовыми генераторами случайных чисел для использования в системах квантовой криптографии.

Результаты будут использованы в практических разработках с индустриальными ИТ партнерами (ОАО ИнфоТекС, Москва, Россия), а также с Российскими научными организациями консорциума (Центр квантовых технологий, МГУ, Москва, Россия, ИФТТ РАН официальный член данного консорциума) а также в разработках (ОКРах) в интересах соответствующих Ведомств. - Будет получена новая информация об атомной и электронной структуре нескольких низкоразмерных слоистых систем, представляющих интерес с фундаментальной и практической точек зрения (слои графена на поверхности карбида кремния, соединения $\text{Bi}_2\text{-xInSe}_3$ с различным содержанием индия, ультратонкие слои металлов на вицинальных поверхностях $\text{Si}(111)$, монокристаллы GeTe). - Будут изучены особенности формирования СТМ-изображений

атомного разрешения в слоистых многокомпонентных системах при различных параметрах туннелирования (туннельное напряжение, величина туннельного промежутка). - Будет изучена роль различных электронных состояний поверхности и остря, а также релаксаций атомов зонда и образца в формировании изображений атомного разрешения с различной симметрией. - Будут изучены особенности визуализации подрешеток атомов различной химической природы, а также дефектов кристаллической решетки в соединениях $\text{Bi}_2\text{-xInSe}_3$ и GeTe . - Будут изучены особенности электронной структуры междоменных границ в слоях наноструктурированного графена, синтезированного на карбиде кремния.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122032900069-8

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

Целью проекта является разработка фундаментальных основ создания материалов и аддитивных технологий прямой печати для изготовления функциональных устройств для энергетики и электроники. Проект охватывает современные методы синтеза и кондиционирования порошков металлов, оксидов, композитов и механокомпозитов, исследование свойств, определяющих их функциональное назначение. Проект включает также исследование отдельных стадий цифровой 2D- и 3D-печати и процесса послойного формирования изделий из паст, суспензий и композитов, содержащих нано- и микропорошки металлов, керамики, углеродных материалов, а также их прекурсоров, при различных методах обработки, включая термическую и лазерную, последовательно нанесенных слоев вещества. Отличительной особенностью проекта является использование комбинации химических и механохимических методов синтеза порошковых материалов и прекурсоров для их получения, обладающих существенно повышенной

реакционной способностью и рядом уникальных свойств, которых невозможно добиться другими методами, а также различных аддитивных технологий, использующих данные порошки как в исходном виде, так и в виде композиций — суспензий, чернил, наполненных полимеров, композитов. Данный подход в ряде случаев позволит создать основу разработки аддитивных технологий конкретных материалов и изделий с уникальными свойствами. Выполнение поисковых и фундаментальных исследований в этой области позволит создать новые наукоемкие технологии послойного изготовления методами прямой цифровой 2D- и 3D-печати элементов и устройств для энергетики и электроники на основе наночастиц металлов, керамики, полимеров и композитов, в частности микроэлектродов, сенсоров, гибких печатных плат, селективных кислородпроницаемых мембран для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и конвертеров, электрохимических устройств хранения энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122120100073-7

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНДЕНСАТОРНОЙ КЕРАМИКИ С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ СВЫШЕ 10000 И АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ СВЧ

Проект направлен на усовершенствование имеющихся на АО «НПП «Исток» им. Шокина» технологий изготовления керамики, и на развитие исследований и разработок новых диэлектрических и сегнетоэлектрических керамических материалов. Разрабатываемые керамические материалы обеспечат импортозамещение элементной компонентной базы СВЧ изделий и позволят организовать выпуск на АО «НПП «Исток» им. Шокина» новой конкурентоспособной продукции. Проект имеет комплексный подход к исследованиям и охватывает все технологические переделы от синтеза исходных материалов до постобработки спеченной керамики,

металлизации и сборки СВЧ изделий. Основные проблемы, на решение которых направлены работы лаборатории: 1) повышение производительности и снижение процента брака при производстве керамических изделий за счет оптимизаций операций формовании и металлизации; 2) освоение технологий выпуска новой высокотехнологичной продукции — конденсаторная керамика с диэлектрической проницаемостью свыше 10000; 3) обеспечение импортонезависимости в части исходных порошковых материалов (станат кальция), необходимых для производства конденсаторной керамики с диэлектрической проницаемостью свыше 10000.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123122700005-5

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОГЕРМЕТИКОВ СИСТЕМЫ $\text{BaO-CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Будет исследовано влияние химического состава (соотношения количеств компонентов) стеклогерметиков системы $\text{BaO-CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$ на их ключевые характеристики. Будут изучены особенности поведения линейного коэффициента термического расширения, температуры стеклования и температуры размягчения, то есть температуры, при которой будет происходить заклеяка

ТОТЭ и ТОЭ стеклогерметиком. Детально будет исследована способность герметиков образовывать газонепроницаемые герметичные соединения, для этого мы проведем испытания сборок ТОТЭ с исследуемыми герметиками на натекание газов. В результате проведенных работ мы получим подробные данные о поведении коэффициента термического расширения при разных температурах для новых стеклогерметиков

системы BaO-CaO-SiO₂-Al₂O₃-B₂O₃. Также будут определены их температуры стеклования и размягчения, будет установлен рабочий температурный диапазон. Кроме того, композиции

стеклогерметиков будут испытаны на прочность соединения (испытания на разрыв) при 800-850 °С и на герметичность соединения (испытаниями на натекание газов).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123042700016-2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Целью выполнения работ является разработка программного обеспечения (ПО), состоящего из модулей для расчета режима сети электроснабжения и расчета мощности и числа ступеней управляемого накопителя электроэнергии.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КОНСТ»

№ 123010900019-0

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТВЕРДОКИСНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Разработка новых электродных материалов твердоокисных топливных элементов (ТОТЭ) с улучшенными функциональными характеристиками является разработкой новых катодных материалов ТОТЭ с улучшенными

функциональными характеристиками: величиной коэффициента диффузии кислорода более 10-14 см²/с и величиной константы поверхностного обмена более 10-9 см/с.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123030200043-0

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМАХ K₂O-AO-RO₂-MOO₃(WO₃), А-ДВУХВАЛЕНТНЫЕ КАТИОНЫ, R - Ti, Zr, Hf, Sn, - КАК ОСНОВА ПОИСКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Поиск полифункциональных материалов, обладающих сосуществованием нескольких свойств в одном материале является актуальной задачей материаловедения. Целью и задачей данного проекта являются поиск и получение материалов с особыми физическими свойствами (сегнетоэлектрическими – СЭ и с суперионными проводимостями – СИП, с аномальным коэффициентом термического расширения - КТР). Многофункциональность этих материалов с аномальными физическими свойствами позволяет применять их в электронике (электролиты, подложки), транспортных системах (компоненты двигателей), в энергетике (электролит твердоокисных топливных элементов – ТОТЭ), как матрицы для иммобилизации радиоактивных отходов, в химической технологии

(селективные катализаторы). Было установлено, что перспективными системами для поиска материалов с особыми свойствами являются системы M₂O-AO-RO₂-MoO₃(WO₃) (M – однозарядные катионы; A – двухвалентные элементы; R=Zr,Hf,Ti,Sn), в которых образуются соединения с высокой ионной проводимостью. Особенности структуры образующихся фаз (наличие достаточного количества вакансий и больших протяжённых полостей) обеспечивают свободную миграцию носителей заряда по каналам, тем самым осуществляя ионный транспорт. Будут разработаны новые материалы с высокой электропроводностью и низким коэффициентом термического расширения (КТР) при 600-700°С, с сочетанием сегнетоэлектрических свойств, что и является научной новизной данного проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ БАЙКАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123032400032-6

МИКРОСТРУКТУРА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Усовершенствование электрохимических устройств, таких как суперконденсаторы и металл-ионные аккумуляторы, является актуальным направлением физико-химических исследований. Проект направлен на выявление закономерностей строения электролитов, используемых или имеющих перспективы применения в электрохимических устройствах, с целью прогнозирования их свойств и оптимизации выбора их компонентов. Задачами проекта являются: 1) установление корреляции между объемными физико-химическими свойствами и молекулярной подвижностью компонентов в электролитах на основе комбинаций ионных жидкостей с неорганическими солями и 2) разработка способов поиска новых, более эффективных электролитов для суперконденсаторов и металл-ионных аккумуляторов. Планируемый подход основан на совместном анализе информации, получаемой из данных о молекулярной подвижности, объемных физико-химических свойствах, и результатов моделирования молекулярной

динамики. Основным экспериментальным методом выбран метод ядерный магнитный резонанс (ЯМР), позволяющий получать подробную/детальную информацию о структуре и подвижности на молекулярном уровне. В результате выполнения проекта планируется построение моделей подвижности ионов и молекул растворителя в смесях ионных жидкостей с неорганическими солями и/или молекулярными растворителями. Планируется, что указанные модели позволят предсказывать изменение физико-химических свойств электролита при замене катиона, аниона и/или растворителя и предсказывать наиболее перспективные направления поиска новых, более эффективных электролитов для суперконденсаторов и металл-ионных аккумуляторов. Планируется также предложить несколько новых электролитов, перспективных для использования в литий-ионных батареях и в металл-ионных аккумуляторах с металлами, отличными от лития (в частности, с алюминием).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123022000029-1

ТАКТИКА И СТРАТЕГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГОМОГЕННЫХ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНЫХ ФАЗ НА ОСНОВЕ $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_0.8\text{Co}_0.2\text{O}_3$ -Δ

Проект направлен на решение фундаментальной материаловедческой задачи, связанной с поиском и получением гомогенных составов многокомпонентных оксидных проводников с высоким уровнем электронной и кислород-ионной проводимости. Объектом исследования выбран имеющий структуру перовскита (ABO_3) кобальтит-феррит лантана-стронция $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_0.8\text{Co}_0.2\text{O}_3$ -δ (LSCF), являющийся часто используемым катодным материалом для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), работающих в высокотемпературном диапазоне. Однако следует отметить, что использование высоких рабочих температур (800-1000 °C) приводит к быстрой деградации мощностных характеристик ТОТЭ, что обусловлено, в основном, химическим взаимодействием между оксидными материалами конструктивных частей ТОТЭ. В целях повышения эффективности работы ТОТЭ необходимо разрабатывать действенные алгоритмы понижения рабочих температур, так как снижение рабочих температур ТОТЭ приводит к резкому росту поляризационных потерь на трехфазной границе, основной вклад в которые вносит катодный материал $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_0.8\text{Co}_0.2\text{O}_3$ -δ в силу падения ионной составляющей проводимости при понижении температуры. Решением данной проблемы может стать двойное допирование $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_0.8\text{Co}_0.2\text{O}_3$ -δ по В-позиции. Двойное замещение по В-позиции одновременно марганцем и никелем (или медью) с образованием сложнооксидных (или так называемых среднеэнтропийных оксидов) фаз $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMny(Ni/Cu)zO}_3$ приведет к тому, что полученные сложные оксиды будут отличаться высокой степенью разупорядоченности по кислородной подрешетке и низкой энергией активации проводимости

в низкотемпературном интервале, что является одним из основных требований, предъявляемым к материалам для создания воздушных электродов твердооксидных топливных элементов, работающих в низком и среднем температурных интервалах. При подобном мультидопировании возникает проблема получения гомогенных составов для исследований, так как достаточно сложно предсказать концентрационные лимиты по содержанию 4х металлов в В-позиции (x, y, z), при которых будут получены однофазные образцы $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMny(Ni/Cu)zO}_3$. В настоящей работе планируется провести синтез сложнооксидных фаз $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMnyNizO}_3$ и $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMnyCuzO}_3$, установить границы гомогенности твердых растворов $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMnyNizO}_3$ и $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMnyCuzO}_3$ в широком интервале концентраций x, y, z и при помощи полученных экспериментальных данных по границам гомогенности и путем 3D- моделирования фазовых равновесий впервые построить на воздухе при 25 °C 3D- фазовые диаграммы четырехкомпонентных систем $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{FeO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{CoO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{MnO}_3$ - ' $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{NiO}_3$ ' и $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{FeO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{CoO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{MnO}_3$ - ' $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{CuO}_3$ '. На основании построенных 3D-диаграмм четырехкомпонентных систем $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{FeO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{CoO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{MnO}_3$ - ' $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{NiO}_3$ ' и $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{FeO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{CoO}_3$ - $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{MnO}_3$ - ' $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{CuO}_3$ ' определить границы фазовых полей гомогенных составов $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMnyNizO}_3$ и $\text{La}_0.6\text{Sr}_0.4\text{Fe}_{1-x-y}\text{zCoxMnyCuzO}_3$ и рекомендовать их к дальнейшим исследованиям ученым всего мира, заинтересованным в дизайне новых сложнооксидных материалов для катодов среднетемпературных твердооксидных топливных элементов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 123022200014-5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В СУПЕРКОНДЕНСАТОРАХ

Данный проект направлен на изучение свойств электролитов на основе различных ионных жидкостей, содержащих растворы неорганических солей. В ходе выполнения проекта будут всесторонне изучены сравнительно новые ионные жидкости, являющиеся потенциальными кандидатами для использования в качестве электролитов суперконденсаторов. Целью проекта является нахождение наиболее подходящих сочетаний: ионная жидкость – раствор неорганической соли, имеющих высокие электрохимические и эксплуатационные характеристики. Ключевой особенностью проекта является совокупное использование различных методов исследования, сочетающих в себе как традиционные физико- химические методы исследования, такие как измерение вязкости, электропроводности, теплопроводности, и т.д, так и использование методов исследования вещества на основе ядерного магнитного резонанса (ЯМР), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и метода молекулярной динамики (МД), а так же потенциометрии. Данная задача является актуальной, поскольку в настоящее

время остро стоит вопрос поиска наиболее эффективных, безопасных и недорогих элементов для временного хранения электроэнергии. Подобные устройства имеют широкий спектр использования от автономных портативных электронных устройств до транспортных средств. На текущий момент существует масса устройств такого типа (батареи, аккумуляторы, суперконденсаторы), но все они в той или иной степени, обладают некоторыми недостатками, порой весьма существенными. И именно поиск, и обоснованный отбор новых материалов, могущих выступать в качестве электролитов, сможет решить частично или полностью некоторые текущие проблемы. Кроме того, подавляющая часть элементов для хранения электроэнергии приобретает в настоящее время за рубежом, что негативно сказывается на их стоимости. Развитие исследований в данном направлении может служить шагом к развитию производства подобных элементов в нашей стране, и постепенному переходу к импортозамещению.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123091100041-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ БЛОКОВ ТВЕРДОКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы: Разработка установки совместного испытания ТОТЭ с автотермическим топливным процессором (ТП), изготовление блоков ТОТЭ, предназначенных для испытаний в составе установки, а также маломасштабных блоков

ТОТЭ, предназначенных для циклических и длительных испытаний. Задачи НИР: 1. Разработка технического облика установки совместного испытания модуля из блоков ТОТЭ с автотермическим ТП, 2. Разработка конструкции систем

и агрегатов установки совместного испытания модуля из блоков ТОТЭ планарной геометрии с автотермическим ТП, 3. Изготовление блоков ТОТЭ для использования в составе

установки, 4. Изготовление маломасштабных блоков ТОТЭ для использования при проведении длительных и циклических испытаний.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123120100090-3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ И ТОКОВОЙ КОММУТАЦИИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕЕ

Цель работы - создание отечественной технологии изготовления материалов для герметизации и токовой коммутации ТОТЭ в батарее и мембранно-электродных

блоков батарей ТОТЭ планарной и трубчатой геометрии, предназначенных для работы на синтез-газе, полученном из биотоплива.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123082400045-1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ И БЛОКОВ ДЛЯ БАТАРЕЙ ТОТЭ, СОЗДАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ МАКЕТА БАТАРЕЙ ТОТЭ

Целью выполнения НИР является создание отечественной технологии изготовления высокотемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) планарной геометрии, разработка конструкции и создание технологии сборки высокотемпературных батарей ТОТЭ, а также разработка энергоустановок на основе ТОТЭ. Основной целью работ настоящего Договора является разработка конструкции батареи ТОТЭ с разработкой комплекта эскизной конструкторской документации (ЭКД), пояснительной

записки и чертежа общего вида, изготовлением и испытанием макета батареи ТОТЭ. Область применения результатов: 1. Создание технологических основ производства электродных материалов для батарей ТОТЭ. 2. Создание технологических основ производства мембранно-электродных блоков батарей ТОТЭ планарной геометрии, оптимизированных под работу на синтез-газе, полученном из биотоплива. 3. Разработка, изготовление и испытание батарей ТОТЭ планарной геометрии мощностью более 400 Вт.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123072700035-0

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УПРАВЛЯЕМОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

В рамках проекта разрабатывается опытный образец управляемого твердотельного трансформатора низкого напряжения (УТТ НН) номинальной мощностью 3 кВт. Опытный образец УТТ НН выполняет функции преобразования постоянного и переменного напряжений от различных источников и накопителей электроэнергии к напряжению с

номинальными параметрами электрической сети. Опытный образец имеет два входа: для подключения источника переменного напряжения и для источника переменного напряжения. УТТ НН будет содержать систему управления, которая позволяет адаптивно подстраивать под параметры подключаемого источника питания.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 123060700019-7

МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ПОЛИАНИЛИНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ НАКОПИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Проект направлен на решение фундаментальных задач моделирования и синтеза композитных материалов на основе функционализированных углеродных нанотрубок (УНТ) и полианилина с повышенными электрохимическими характеристиками для производства электродов накопителей электроэnergии (суперконденсаторов). Для производства электродов суперконденсаторов в промышленных масштабах применяются определенные марки мелкодисперсного графита или глобулярного технического углерода, которые обеспечивают запасание энергии за счёт формирования двойного электрического слоя (ДЭС) на границе «электрод-электролит». Удельная ёмкость таких материалов, как правило, не превышает 150 Ф/г. Перспективой таким материалам являются электропроводящие полимеры, в которых запасание энергии обеспечивается не только формированием ДЭС, но и протеканием окислительно-восстановительных (Фарадеевских) реакций. Полианилин (ПАНИ) является наиболее широко исследуемым проводящим полимером в данном направлении вследствие простоты синтеза, низкой стоимости и высокой электро- и теплопроводности, высокой электрохимической активности. Однако использование его в «чистом виде» ограничивается низкими механическими

свойствами. Введения в матрицу полимера УНТ позволяет получать композиты с повышенными механическими и электрофизическими характеристиками. Синергетический эффект достигается за счёт близкой химической структуры УНТ и ПАНИ. В дополнении к этому нанотрубки значительно повышают удельную площадь поверхности материала и выступают в качестве дополнительных каналов проводимости (улучшает мощностные характеристики суперконденсаторов). Оксиды переходных металлов являются перспективными материалами для использования в качестве электродов в накопителях энергии. Среди них оксид рутения (RuO₂) обладает высокой удельной теоретической ёмкостью (2000 Ф/г), хорошей электропроводностью, высокой скоростью переноса заряда и высокой химической и термической стабильностью. Однако его редкость, стоимость и токсичность ограничивают его применение. Оксид марганца (MnO₂) является наиболее конкурентным оксидом металла благодаря его высоким значениям теоретической ёмкости (1380 Ф/г), низкой стоимости и нетоксичности. Однако его применению в суперконденсаторах препятствует его плохая проводимость и низкая скорость переноса заряда. Данные ограничения можно преодолеть путём создания композитных материалов,

как с УНТ, так и с ПАНИ. Одной из фундаментальных проблем создания композитов является адгезия компонентов на межфазной границе. Оксиды металлов обладают низкой адгезией к поверхности бездефектных МУНТ. Создание дефектов на поверхности МУНТ возможно путём их обработки в агрессивных средах, либо с применением направленных потоков заряженных частиц. При этом в зависимости от вида обработки могут формироваться функциональные группы различного типа, наличие которых может повысить адгезию оксидов металлов к поверхности МУНТ. При этом на интерфейсах «оксид металла–МУНТ» и «оксид металла–ПАНИ» может формироваться энергетический барьер для носителей

заряда, который негативно скажется на электрохимических характеристиках композита. Применение современных методов компьютерного моделирования, основанного на теории функционала плотности (density functional theory, DFT), взаимодействия поверхности УНТ, содержащей дефекты различной природы, ПАНИ и оксида марганца в различных зарядовых состояниях позволит определить их оптимальные сочетания для достижения высокой адгезии и транспорта зарядов. Результаты таких расчётов могут значительно сократить объём поисковых работ по получению материалов с оптимальными характеристиками.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123062600025-3

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ СТРУКТУР И БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАСШТАБИРУЕМЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р, предусматривает необходимость структурной диверсификации электроэнергетического комплекса, включающей дополнение централизованного электроснабжения децентрализованным, а так же повышение эффективности транспортировки, распределения и использования энергии. В связи с этим надежное и экономически эффективное обеспечение качественной электроэнергией локальных, нагруженных, автономных потребителей, удаленных от централизованной электроэнергетической системы России, является важной и актуальной задачей. Одним из путей модернизации электроэнергетического комплекса является использование сетевых накопителей электроэнергии, а также модернизация и выводение на новый технологический уровень базовых элементов сетевой инфраструктуры, таких как инверторы, выпрямители и трансформаторы и пр. Для этого возможно использовать новую, современную, компонентную базу и перевести все коммутационные процессы на более высокие частоты для уменьшения массогабаритных показателей электротехнических устройств. Работа носит прикладной характер и нацелена на формирование научно-

технического задела для проектирования интеллектуальных энергоэффективных систем накопления электроэнергии, соответствующим приоритетным направлениям развития Российской Федерации. В работе проектируются и исследуются базовые элементы инфраструктуры преобразователей электрической энергии для создания эффективных систем накопления электроэнергии. А также в работе разрабатываются цифровые структуры энергосистемы на основе математических моделей базовых элементов. Исследуются коммутационные процессы в высокочастотных гальванически-развязанных двунаправленных преобразователях электрической энергии, проектируются системы управления состоянием батареи и моделируются процессы, протекающие на всех этапах жизненного цикла преобразователей электрической энергии. Для верификации и отработки разрабатываемых математических моделей элементов систем накопления электрической энергии, алгоритмов и систем управления ими, а также подходов к оценке фактического технического состояния по электрическим измерениям в работе проектируется физический макет преобразователя электрической энергии, построенного на базовых элементах энергетической инфраструктуры.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)»

№ 123032700056-9

РАЗРАБОТКА, СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СУПЕРКОНДЕНСАТОРА

Провести синтез многослойных форм графена (с достижением оптимальной структуры, обеспечивающей высокие электрохимические показатели), получить лабораторные электродные материалы, сформировать электроды и собрать на их основе прототип

суперконденсатора, провести тестирование прототипа суперконденсатора, определить его характеристики. Данной разработкой решается проблема низкой энергоёмкости коммерческих суперконденсаторов, ограничивающей область их применения.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЭНЕРГОЗАРЯД»

№ 123041700002-8

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ, МЕМБРАН ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ИЛИ ВОДОРОДА И ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОГО СПЕКАНИЯ НАНЕСЕННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ

В настоящий момент интенсивно разрабатываются технологии обработки функциональных материалов с уникальными характеристиками. Для получения прочной газоплотной керамики, применяемой в энергетике, помимо традиционного спекания в печи, используются такие современные методы спекания, как микроволновое, лазером, горячее прессование и т.д. Основной проблемой изготовления такой керамики с использованием традиционного спекания в печи является необходимость длительного спекания при высокой температуре. Альтернативным методом является радиационно-термическое спекание, позволяющее

существенно сократить температуру и время обработки по причине особенностей взаимодействия электронных пучков и твердых материалов, таких как диссипация энергии и эффект радиационно-стимулированной диффузии. При массе покоя электрона 0,51 МэВ, электронные пучки с энергией 1 МэВ и выше являются релятивистскими, и в результате взаимодействия электронов пучка с атомом происходит передача энергии от 10 эВ до 1 МэВ, позволяющая выбивать атом из узла кристаллической решетки с ее разупорядочением. Благодаря этому эффекту скорость спекания увеличивается при более низкой температуре, чем при термическом или

микроволновом нагреве. Электроны пучка проникают в объем любого вещества и тепловыделение идет изнутри, поэтому нагрев происходит в объеме образца, что уменьшает градиенты температур и приводит к исчезновению остаточных механических напряжений, способствующих образованию трещин. Другим неоспоримым преимуществом радиационно-термического спекания является высокая воспроизводимость метода. Использование спекания электронными пучками материалов для структурированных катализаторов конверсии биотоплив, твердооксидных топливных элементов и мембран с селективной проницаемостью, а также интегрированных устройств (ТОТЭ с генератором синтез-газа, каталитические мембранные реакторы) представляет отдельный интерес. На сегодняшний день практически не существует разработанных технологий нанесения функциональных керамических слоев с помощью нагрева электронными пучками, что является актуальной задачей современного материаловедения. Важнейшим направлением развития исследований является разработка дешевых способов получения таких функциональных слоев для данных устройств. При радиационно-термическом спекании с использованием электронных пучков энергозатраты на получение плотной

керамики и нанесенных функциональных слоев уменьшаются в несколько раз по сравнению с традиционными методами спекания. Исходя из накопленного опыта по синтезу и спеканию материалов, выбраны объекты исследования (вольфраматы/молибдаты лантаноидов и их нанокompозитов со сплавами ванадия и никеля, скандаты лантаноидов, титанаты и цераты висмута, слоистые никелаты лантаноидов, твердые электролиты на основе допированного церия и циркония), которые будут использоваться для получения функциональных слоев. Новизна настоящего проекта включает в себя разработку оптимальной технологии обработки электронными пучками различных материалов с варьированием среды и условий (скорости и длительности нагрева, температур обработки). Впервые полученные результаты по радиационно-термическому спеканию таких материалов, данные характеристики их структурных, морфологических, транспортных и каталитических свойств с использованием современных физико-химических методов исследования, а также испытанию таких устройств, позволят расширить круг их использования и значительно снизить затраты на их производство.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

5. Водородная энергетика

5.1 ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ДРУГИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВКЛЮЧАЯ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ РИФОРМИНГ, ПАРЦИАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ, ПИРОЛИЗ

2021

№ 121100500095-8

СИНТЕЗ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА С УЛЬТРАМАЛЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Тенденция к сокращению легкодоступных запасов высококачественного ископаемого углеродсодержащего сырья определяет острую необходимость освоения доступных альтернативных и, прежде всего, возобновляемых источников энергии. При этом одним из наиболее перспективных направлений развития энергетики будущего может стать развитие солнечной энергетики. Особо привлекательным в этой области считается процесс фотокаталитического

получения водорода под действием видимого света, поскольку в данном случае осуществляется трансформация солнечной энергии в энергию химических связей. В связи с вышеперечисленным, целью работы является создание фотокатализаторов разложения воды на водород и кислород на основе графитоподобного нитрида углерода с ультрамалым содержанием благородных металлов (Pt, Pd, Rh, Ir).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121031000207-7

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОРОДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МИКРОТРУБЧАТЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ФАЗОВОЙ ИНВЕРСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ

Материалы на основе сложных оксидов со смешанной кислород-электронной проводимостью (СКЭП оксиды) привлекают внимание возможностью их применения в химической, газовой и энергетической областях промышленности.

Они могут быть использованы в качестве мембранных материалов или сорбентов для получения чистого кислорода из воздуха и последующего эффективного сжигания топлива или каталитической конверсии метана в синтез газ, а также датчиков кислорода, в качестве электродов для твердотельных топливных элементов.

Кислородный транспорт в подобных материалах осуществляется за счет градиента химического потенциала кислорода, а электрический баланс обеспечивается собственной электронной проводимостью оксидов.

Мембраны на основе СКЭП оксидов позволяют сепарировать кислород из воздуха со 100% селективностью, а интеграция мембран в каталитические реакторы позволит совместить стадии сепарации и парциального окисления метана с образованием синтез газа, что позволит сократить капитальные расходы, по оценкам экономистов, на ~30%.

Мембранными материалами, обладающими необходимыми свойствами, как правило, являются перовскитоподобные нестехиометрические оксиды.

Для успешного использования СКЭП материалов в процессах окисления углеводородов, необходимо разработать технологии получения газоплотных мембран на их основе. Наиболее перспективным направлением считается получение мембран в виде микротрубок, которые позволяют значительно увеличить эффективность кислородной проницаемости. Как правило, для управления

функциональными характеристиками мембраны необходимо знать механизм переноса кислорода, его зависимость от геометрических параметров мембраны (толщина газоплотного слоя, вид и размер пор).

На данный момент подобная задача решена для мембран планарного типа, но не для микротрубчатого, ввиду отсутствия единого стандарта синтеза, который приводит к невоспроизводимой микроструктуре конечного изделия.

В данной работе предлагается использование методов 3D печати для изготовления пористой мембранной подложки с контролируемой микроструктурой. Газоплотный слой будет получен методом dip-coating с точностью 1 мкм. Образцы с единой основой, но разной толщиной газоплотного слоя будут изучены на предмет кислородной проницаемости.

Дальнейший анализ позволит построить математическую модель кислородного транспорта на микротрубчатой мембране с известной структурой, что будет являться оригинальным результатом. Реализация данного подхода будет являться первым шагом к дальнейшему масштабированию технологии создания каталитических мембранных реакторов (КМР).

Мелкомасштабное использование КМР очень важно именно для России из-за недостаточной развитой сетевой инфраструктуры и низкой плотности населения. Крупномасштабное внедрение данной технологии важно с точки зрения диверсификации Российской экономики; превращение природного газа, в основном состоящего из метана, а также биогаза в ценные продукты, включая синтез-газ и водород, имеет большой социально-экономический эффект не только для региона, но и России в целом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012000174-0

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

С целью разработки безэталонного метода анализа образцов микроэлектроники с помощью вторично-ионной масс-спектрометрии будут проводиться исследования по применению физической эмиссионной теории распыления для объяснения экспериментальных результатов. Будет исследован процесс низкотемпературного парциального

окисления этанола с целью получения водорода и проведено сравнение низкотемпературных процессов реформинга этанола на ранее разработанном никелевом катализаторе, нанесённом на оксид цинка. С целью уменьшения активационных потерь и увеличения эффективности метанольного топливного элемента будет исследована

возможность уменьшить проницаемость протонообменной мембраны Nafion по топливу и снизить влияние кроссовера

на производительность топливного элемента путём модифицирования мембраны.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122102000071-0

ИСПЫТАНИЯ БАТАРЕИ ПЛАНАРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НОМИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 кВт

Твердоокисленные топливные элементы (ТОТЭ) представляют собой устройства прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию. Благодаря исключению стадии сжигания топлива, коэффициент полезного действия таких устройств составляет не менее 45%, а в случае использования выделяющегося тепла – не менее 80%. Установки на базе ТОТЭ имеют важное значение для распределенной энергетики. Они могут применяться для снабжения электрической и тепловой энергией потребителей, находящихся в удалении от инфраструктуры централизованного энергоснабжения, а также в условиях

крайнего севера. В качестве исходного топлива для ТОТЭ может использоваться чистый водород, а также синтез-газ, получаемый из углеводородов методами частичного окисления, паровой конверсии и др. Это расширяет области возможного применения топливных элементов, например, в качестве замены традиционным дизель-генераторам, обладающим коэффициентом полезного действия не более 10-15% и требующим периодического обслуживания. В связи с изложенным работы, направленные на исследование эксплуатационных характеристик ТОТЭ являются актуальными.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121090800048-5

АКТИВНЫЕ ЦЕНТРЫ «МЕТАЛЛ-КИСЛОРОДНАЯ ВАКАНСИЯ» В ОБЛАСТИ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ ГЕТЕРОГЕННЫХ $M/Ce1-xZrxO2$ ($M=Ni, Ru, Rh, Pt$) КАТАЛИЗАТОРОВ: ОТ СТРУКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ К ДИЗАЙНУ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

последние годы наблюдается рост интереса к исследованию каталитических систем, содержащих металлические центры и кислородные вакансии в непосредственной близости. Были показаны уникальные свойства Ni -, Ru -, Pt - и Rh -содержащих катализаторов, нанесенных на церий-содержащие оксиды в ряде промышленно важных реакций. Смешанные оксиды на основе CeO_2 характеризуются лёгкостью окислительно-восстановительных переходов. Данный проект направлен на установление корреляций между структурой и каталитическими свойствами $M/Ce1-xZrxO2$ катализаторов в трех реакциях, в которых большую роль играет организация межфазных границ: метанирования CO ($M = Ni, Ru$), паровой конверсии CO ($M = Pt$), метоксикарбонилирования этилена ($M = Rh, Ru$). Для катализа всех трех реакций активными центрами, по-видимому, являются пары «металл-кислородная вакансия» в области межфазной границы металл/оксид. Для экспериментальной проверки этого предположения каталитические свойства будут сопоставлены с данными о развитости (длине) межфазных границ металл/носитель и степени восстановления кристаллитов носителя. Также будут исследованы механизмы реакций путем совместного анализа результатов макрокинетических измерений (влияния температуры, концентраций реагентов), *in situ* ИК спектроскопии и квантово-химического моделирования. Для выполнения предлагаемой работы необходимо обеспечить однородность состава, структуры и морфологии как наночастиц носителя $Ce1-xZrxO2$, так и нанесенных наночастиц металлов. Для этого в ходе выполнения проекта будут предложены новые или адаптированы существующие методы синтеза. Для определения структуры катализаторов и особенно межфазных границ металл/оксид будут применены современные методы рентгеновской дифракции, спектроскопии и электронной микроскопии. Особое внимание будет уделяться исследованию структуры образцов в условиях каталитических реакций в режиме *in situ* или образцов после каталитических экспериментов в режиме *ex situ*. Рассматриваемые реакции являются практически важными для получения водорода для питания топливных элементов (паровая конверсия CO), хранения водорода, получения синтетических топлив и запасаения энергии от возобновляемых источников (метанирование CO) и новых процессов газохимии для синтеза ценных продуктов из природного газа (метоксикарбонилирование этилена). Участники последней реакции относительно легко получают из природного

газа путем пиролиза (этилен) или через получение синтез-газа (CO , метанол). Реакция метоксикарбонилирования олефинов, протекающая в относительно мягких условиях, открывает пути к синтезу более сложных соединений химии C_3 и C_4 из природного газа. Паровая конверсия CO является одной из стадий получения водорода из широкого спектра ископаемых, возобновляемых и синтетических топлив. Метанирование CO рассматривается в качестве одного из перспективных методов хранения водорода в виде синтетического природного газа. Разработка эффективных катализаторов данных процессов будет способствовать повышению эффективности переработки углеводородного сырья и переходу к альтернативным источникам энергии и безуглеродной энергетике. Особенностью проекта является акцент на изучение структурной организации катализаторов с комплексным анализом взаимосвязи «состав-структура-свойство». При большом количестве публикаций, касающихся функциональных свойств нанесенных катализаторов на основе металлов Ni , Ru , Rh , Pt , открытыми остаются вопросы о влиянии параметров структуры компонентов катализаторов, а также структурных аспектов формирования и закрепления наночастиц активного компонента на поверхности носителей на основные критерии эффективности протекания каталитических процессов. Вместе с тем, анализ особенностей структуры катализаторов, в связи с конкретными условиями приготовления и итоговыми функциональными характеристиками является крайне важным этапом при разработке катализаторов. Проблем в исследованиях структурной организации катализаторов и выявлении взаимосвязей «структура - свойство» обусловлен прежде всего большой трудностью изучения структуры ультрадисперсных и структурно-разупорядоченных материалов прямыми методами структурной диагностики, в частности дифракционными. Как правило, научные работы в области катализа по разработке катализаторов не включают детальный анализ их структуры. В тоже время ведутся активные работы по развитию методов диагностики структуры наноматериалов, но апробируются и применяются они чаще к «модельным» одноконтурным системам. Представляется крайне важным использование разработанных современных методов анализа структуры нанокристаллов в приложении к реальным каталитическим системам. В проекте предполагается новый уровень исследований структурной организации нанесенных металл-оксидных катализаторов

M/Ce1-xZrxO2 (M=Ni, Ru, Rh, Pt) с привлечением самых современных возможностей анализа структуры нанокристаллов. Для извлечения информации о структуре ультрадисперсных частиц активного компонента и специфики реальной структуры носителей - смешанных оксидов на основе CeO2 будут использованы рентгенографические методы структурной диагностики, учитывающие специфику рассеяния рентгеновских лучей на ультрамалых кристаллитах и локальных дефектах кристаллической структуры, а также просвечивающая электронная микроскопия с коррекцией

сферических аберраций в различных режимах. Основное внимание будет уделено таким факторам, как дисперсность, химическое состояние, кристаллическая структура и дефекты кристаллической структуры частиц активного компонента и оксидного носителя, а также структурным аспектам закрепления частиц активного компонента на поверхности носителя, организации межфазных границ металл/оксид. Будут изучены функциональные факторы, определяющие активность, селективность и стабильность металл-оксидных катализаторов в каталитических процессах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121121300072-6

НОВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И БИОМАССЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка новых и совершенствование существующих каталитических технологий глубокой квалифицированной переработки тяжелого углеводородного сырья, природного и попутного газов, а также биомассы с получением востребованных химических продуктов является фундаментальной научной проблемой и одновременно имеет большую практическую значимость для решения задач экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики. Целью настоящего проекта является формирование научных и технологических заделов по следующим направлениям фундаментальных исследований: Направление 1 - Поиск возможностей глубокой безводородной переработки тяжелых углеводородных нефтяных остатков с использованием каталитических процессов и разработка научных основ процесса пиролиза тяжелых продуктов вторичной нефтепереработки с высоким содержанием парафинов в условиях селективного СВЧ нагрева катализаторов. Направление 2 - Разработка научных основ каталитических технологий синтеза муравьиной кислоты из возобновляемого сырья и компонентов попутных

нефтяных газов и ее последующей переработки в водород. Направление 3 - Разработка подходов к получению биомассы микроводорослей, применимой для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью; Направление 4 - Развитие научно-технологических основ экологически чистого сжигания различных органических отходов, в том числе сырой биомассы микробиологического происхождения, в каталитических генераторах тепла с получением тепловой энергии. Достижимость решения всех поставленных задач и возможность получения запланированных результатов основываются на детальной разработке стратегии и тактики выполнения проекта, использовании комплексного подхода к получению возобновляемого сырья, исследованию каталитических и физико-химических характеристик каталитических систем, предназначенных для переработки различного сырья, систематическом варьировании параметров синтеза и состава катализаторов, привлечении промышленных партнеров, успешном многолетнем научном опыте сотрудников лаборатории в данных областях, научном заделе коллектива и глубоком знании литературы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122110900009-9

МОНЕТИЗАЦИЯ БИОЧАРА

В ПАО «Татнефть» функционирует блочно-модульная установка быстрого пиролиза биомассы, продуктами являются бионефть и биочар (высоко экологичный мелкодисперсный древесный уголь, биоуголь). Биочар – это твердый материал, содержащий углерод с большим количеством труднотоминерализуемых ароматических структур, полученный путем карбонизации возобновляемой органической биомассы при высоких температурах и без доступа кислорода (при пиролизе). Исходный биочар может быть использован в качестве сорбента, однако имеет ряд недостатков по сравнению с промышленными марками углей: низкую адсорбционную емкость по отношению к тяжелым металлам

и органическим токсикантам, ограниченное количество раскрытых пор и высокую дисперсность. Применение биочара в качестве сорбента или активированного угля возможно после его активации. Проблемой использования биочара является его самопроизвольное возгорание и детонация мелкодисперсной пыли, не смотря на проведенные мероприятия по его стабилизации как водой, так и в потоке воздуха. В работе проведены работы по увеличению стабильности биочара, получения сорбентов на его основе с применением современных подходов и достижений для применения в различных отраслях производства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122062400002-7

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВКИ

В последние 5 лет можно констатировать, что внедрение технологий водородной энергетики в повседневную жизнь действительно началось: появились доступные к покупке серийные автомобили, беспилотные летательные аппараты и стационарные системы электроснабжения. Суммарная установленная мощность поставленных потребителям топливных элементов (ТЭ) за последний год превысила 1 ГВт. Европейский союз и ряд других государств составляют планы перехода к так называемой безуглеродной экономике, в которых водородная энергетика занимает одно из

центральных мест. В России в 2020 году открылась первая водородная заправка в подмосковной Черноголовке, и были завезены первые водородные автомобили Toyota Mirai. Более быстрому развитию водородной энергетики в РФ среди прочего препятствует отсутствие инфраструктуры получения, транспортировки и хранения водорода, в частности водородных заправок. Фактически, имеет место проблема «курицы и яйца» - пока нет инфраструктуры, нет потребителей, пока нет потребителей, не появляется инфраструктура. Водородные заправки можно разделить на 3 типа: 1)

имеют резервуары с чистым водородом, поставляемым с заводов; 2) водород получают непосредственно на заправке электролизом воды; 3) водород получают из природного газа непосредственно на заправке. По нашему мнению, в случае России, где имеются большие запасы природного газа (ПГ) и достаточно развитая сеть газопроводов, именно последний вариант является наиболее привлекательным. Кроме того, существующая газотранспортная инфраструктура в будущем может быть использована для транспорта синтетического ПГ, получаемого с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также способна обеспечить плавный переход от ископаемых к возобновляемым топливам. Традиционная схема получения чистого водорода в масштабах водородной заправки включает стадии паровой конверсии метана, паровой конверсии СО и короткоциклового адсорбции СО₂ (КЦА). Применение КЦА вынуждает проводить процесс при повышенном давлении, хотя бы 1 МПа и выше, что негативно сказывается на равновесном превращении метана. Кроме существующие катализаторы реакций паровой конверсии метана и СО предназначены для крупнотоннажных аппаратов и плохо подходят для применения в рамках компактной водородной заправки. Поэтому разработка новых каталитических материалов и технологий для российской водородной заправки является весьма актуальной задачей. Настоящий проект направлен на решение проблемы получения чистого водорода из природного газа (ПГ) в рамках водородной заправки. Новизна данного проекта заключается в разработке каталитических материалов и процессов для интенсификации реакций получения и очистки водорода непосредственно в рамках инфраструктуры водородной заправки. В частности, в качестве одного из этапов получения чистого водорода предлагается процесс сорбционно-каталитической паровой конверсии СО, который позволит существенно улучшить термодинамику реакции паровой конверсии СО и исключить стадию КЦА. Новизна также заключается в разработке сорбционно-каталитического материала с возможностью регенерации в циклах повышения/

понижения температуры с применением воздуха, дымовых газов или паров воды для удаления адсорбированного СО₂. Для интенсификации эндотермической реакции паровой конверсии метана предполагается использовать реактор-теплообменник со структурированным катализатором паровой конверсии природного газа внутри трубок и структурированным катализатором полного окисления для беспламенного сжигания природного газа на внешней поверхности трубок. Предполагается применение композитных катализаторов типа «наночастицы металлов/наночастицы активного оксида/структурный оксидный компонент/структурированная металлическая подложка». Структурированная металлическая подложка обеспечивает эффективный отвод/подвод тепла для экзо-/эндотермических реакций, обладает хорошими гидродинамическими характеристиками и облегчает масштабный переход. Структурный оксидный компонент (оксид алюминия) обеспечивает термическую и коррозионную устойчивость и высокую удельную поверхность каталитического покрытия, выполняя защитную функцию для металлической подложки. Активный оксидный компонент (преимущественно оксиды церия-циркония) повышает устойчивость к зауглероживанию за счет кислородной подвижности и поддерживает высокую дисперсность активного компонента за счет сильного взаимодействия металл-носитель. Наночастицы металлов (Pt, Rh, Ru, Ni) размером 1–2 нм участвуют в активации молекул-субстратов. Сочетание паровой конверсии метана и сорбционно-каталитической паровой конверсии СО позволит: 1) радикально увеличить равновесную конверсию СО и снизить требования к низкотемпературной активности катализаторов; 2) исключить дорогостоящую КЦА из схемы процесса; 3) снизить давление до 1–3 атм., что увеличивает равновесную конверсию метана при его паровом реформинге; 4) увеличить тепловую эффективность процесса за счет использования остаточного тепла домовых газов после паровой конверсии метана для регенерации адсорбента СО₂.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А21-121011390007-7

КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ, ВКЛЮЧАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗУ И ДРУГИЕ БИОПОЛИМЕРЫ

Для полноценного использования возобновляемой сырьевой базы необходима разработка технологически эффективных, экологически благоприятных и экономически целесообразных процессов получения востребованных химических продуктов и компонентов топливного назначения. Это является общей целью проекта. Разработка подобных процессов неразрывно связана с развитием новых фундаментальных знаний по катализаторам и реакций с их участием, которые бы отвечали требованиям «зеленой» химии. Для повышения конкурентоспособности каталитических процессов переработки растительного сырья необходим комплексный подход его переработки, включающий совокупность различных по типу реакций. В связи с этим, для достижения поставленной цели формулируются фундаментальные и прикладные задачи в рамках настоящего проекта: 1. Определение ключевых факторов и корреляций, влияющих на процессы окисления возобновляемого сырья и сопутствующих химических реакций. 2. Разработка гетерогенных катализаторов, содержащих необходимый функционал для эффективного проведения процессов гидроконверсии различных типов растительного сырья (липидного и лигноцеллюлозного происхождения) в направлении получения ценных производных, включая компоненты топлив (высокооктановые добавки, изомеризованные алканы и др.). 3. Исследование

и разработка селективных экологически благоприятных способов получения практически значимых соединений на основе каталитических превращений компонентов возобновляемой биомассы (жирных кислот, непивцевых растительных масел, дитерпенов, целлюлозы и продуктов ее первичной переработки). 4. Разработка научных основ создания устойчивых к зауглероживанию структурированных нанокомпозитных катализаторов трансформации биотоплив в синтез-газ и водород и оптимизация рабочих параметров соответствующих процессов на основе детальных кинетических исследований и математического моделирования. 5. Развитие фундаментальных основ гетерогенного биокатализа, включая разработку методов иммобилизации ферментативно-активных субстанций, кинетические исследования практически значимых реакций, а также изучение влияния носителя на биокаталитические свойства иммобилизованных ферментов, таких как активность, хемо- и регио- специфичность, а также стабильность в условиях реакции. 6. Проведение ориентированных фундаментальных исследований для создания технологий получения малотоннажных импортозамещающих химических продуктов, в том числе из возобновляемого сырья. 7. Разработка фундаментальных основ способов получения ценных химических веществ из компонентов микробиальной биомассы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А21-121011390006-0

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ЗАПАСАНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Цель работы – расширение фундаментальных знаний об аккумулировании и преобразовании энергии в каталитических и адсорбционных процессах с участием альтернативных источников энергии, направленных на разработку научных основ для создания технологий низкоуглеродной экономики. Основные исследования сосредоточены на вовлечении в цикл запасаения энергии CO₂, гидридных соединений, воды, метанола, органических загрязнителей, а также углеродных материалов, полученных из биомассы. Для повышения эффективности процессов преобразования энергии с участием выбранных объектов исследования необходимо: 1. определить основные закономерности гидрирования углекислого газа, в том числе в условиях адсорбционно-каталитического цикла с использованием катализаторов на основе сложных оксидов, получаемых из энергоёмких органометаллических соединений; 2. разработать новые материалы для перспективных технологий электрохимического преобразования энергии с целью экономичного производства промышленно значимых соединений и снижения уровня загрязнения окружающей среды, а также выработки электричества. 3. установить факторы, определяющие низкотемпературную генерацию водорода из материалов различных составов на основе борсодержащих гидридных соединений; 4. разработать новые перспективные углеродные материалы на основе нанопористых углеродных носителей с высокоразвитой удельной поверхностью, полученных из растительной биомассы, для процессов запасаения энергии в суперконденсаторах и для

концентрирования ионов в процессе ёмкостной деионизации воды; развить методы фотоэлектрокатализа для диагностики полупроводниковых фотокатализаторов и применения их в процессах преобразования энергии химических связей с целью экономичного производства промышленно значимых соединений и снижения уровня загрязнения окружающей среды, а также выработки электричества; 5. исследовать равновесие и динамику адсорбции воды и метанола на новых и классических адсорбентах, эффективных для систем адсорбционного преобразования/запасаения теплоты (АПЗТ) в условиях, максимально близких к реальным условиям АПЗТ (температура, давление, конфигурация слоя адсорбента, способ инициирования адсорбции и пр.); 6. развить методы дизайна новых нанокompозитных фотокатализаторов, полученных путём комбинирования различных полупроводниковых материалов и модифицированных дополнительными соединениями металлов и неметаллов, для эффективного использования энергии солнечного света за счёт обеспечения возможности активации в широком спектральном диапазоне, пространственного разделения фотогенерированных зарядов и их использования в окислительно-восстановительных реакциях, направленных на получение ценных химических продуктов и проведение полезных химических превращений, а именно, фотовосстановления CO₂, фотофиксации азота и фотокаталитической деструкции органических загрязнителей под действием видимого света, для получения синергетического эффекта от разных компонентов и значительного повышения эффективности этих процессов

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121090900044-6

ПИНЦЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ 8-10 ГРУПП В ПРОЦЕССАХ ТРАНСФОРМАЦИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ - CO₂/H₂ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА

Данный проект направлен на решение фундаментальной проблемы элементоорганической химии – создание эффективных каталитических систем для реализации процессов, связанных с химическим хранением и выделением молекулярного водорода, с целью использования в водородной энергетике. С точки зрения альтернативной энергетики особое значение имеет каталитическое гидрирование углекислого газа с образованием муравьиной кислоты, которая является ёмким хранилищем молекулярного водорода и выделяет его в результате каталитического дегидрирования на комплексах переходных (обычно благородных) металлов. Несмотря на огромный научный интерес к процессам гидрирования углекислого газа и дегидрирования муравьиной кислоты, проблема создания высокоэффективных каталитических систем для этих реакций и минимизации использования вспомогательных веществ (органические растворители, органические и неорганические основания и другие сокатализаторы) остается открытой. В научной литературе крайне мало работ, посвященных дегидрированию чистой муравьиной кислоты. Так же актуальным и недостаточно изученным остается вопрос о том, какие именно функциональные и электронные свойства катализатора и как могут воздействовать на механизм всего цикла, элементарными стадиями которого являются такие процессы, как координация/элиминирование участвующих малых молекул, протонирование/депротонирование и гидрирование/дегидрирование комплексов переходных металлов, катализирующих процесс, направляя его в одну или другую сторону в зависимости от поставленных целей. Комплексы металлов 8-10 группы являются перспективными объектами для активации малых молекул, таких как водород, углекислый газ, муравьиная кислота, азот и другие. Пинцетные тридентатные лиганды имеют несколько центров,

модификация которых позволяет кардинально менять свойства пинцетного металлокомплекса. Изменение природы атомов, связанных с атомом металла, введение в структуру заместителей различных электронных и стерических свойств, а также модификация самого углеродного каркаса пинцетного лиганда позволяет регулировать химические свойства комплекса металла в соответствии с текущими задачами. Так же замена комплексобразующего металла в рамках 8-10 групп позволяет кардинально изменить свойства комплекса в том или ином процессе. Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена современным запросом общества на развитие альтернативной энергетики и научным интересом к выявлению возможности воздействия на процессы дегидрирования муравьиной кислоты/ гидрирования CO₂ (как в целом, так и на отдельные стадии) путем варьирования природы атомов переходного металла и связанных с ним гетероатомов катализатора, равно как и структурных и функциональных свойств лигандного окружения. В рамках данного проекта планируется синтез и проведение исследования свойств комплексов переходных металлов 8-10 групп с тридентатными пинцетными лигандами RHP-типа (где X = N, C) – потенциальными катализаторами дегидрирования муравьиной кислоты и гидрирования углекислого газа, установление условий и механизмов активации молекулярного водорода, углекислого газа, муравьиной кислоты, выявление влияния свойств переходного металла и его лигандного окружения на изучаемые процессы. Выбранные лиганды обладают большим потенциалом для модификации (несколько точек введения в структуру лиганда функциональных групп различных свойств, сродство к различным переходным металлам), а их комплексы с переходными металлами обладают каталитической бифункциональностью и, в зависимости от условий, могут

менять конфигурацию (например, *fac-mer*-изомеризация) с образованием более каталитически активного в исследуемом процессе изомера. Исследования предлагается проводить по оригинальным разработанным нами методикам, включающим в себя комбинацию спектральных методов в широком диапазоне температур с квантово химическими расчетами. В результате проведения исследования будут получены и охарактеризованы новые металлокомплексы

– потенциальные катализаторы различных превращений, получены новые данные о взаимосвязи реакционной способности пинцетных комплексов металлов 8-10 группы и структуры и свойств пинцетного лиганда, которые позволяют сформулировать направления для изменения эффективности металлокомплексов для решения широкого круга задач как в области разработки альтернативных энергоёмких более экологичных источников энергии, так и за её пределами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н.НЕСМЕЯНОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121111000064-5

БЕЗМЕТАЛЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗ-ГАЗА: КИНЕТИКА, МЕХАНИЗМ И СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН КАТАЛИЗАТОРОВ

Цель научного исследования: создание и исследование электрокаталитической активности у нового класса молекулярных безметалльных катализаторов на основе гетероциклических органических соединений в реакциях электрохимического получения водорода и сопряжённых процессах электрокаталитического восстановления диоксида углерода и воды, для получения синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) и различных ценных продуктов на его основе: метанола, диэтилового эфира, синтетических масел. Основной задачей проекта является создание на основе «молекулярных платформ», содержащих органические соединения различной природы и функциональности, нового класса электрокаталитических систем, способных в зависимости от условий процесса к генерированию водорода, а также к сопряжённому процессу образования водорода и управляемому селективному мультieleктронному восстановлению диоксида углерода до CO для получения смеси CO и H_2 (исходных компонентов в процессе Фишера-Тропша - реакции получения ценных органических соединений) из насыщенных водных растворов CO_2 в воде. В качестве катализаторов будут использованы «молекулярные платформы» на основе гетероциклических органических соединений - акридина, пиридина, 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2''-терпиридинов. Объединение в одной молекуле двух и более каталитических центров на основе пиридина, приведет к увеличению эффективности и селективности процесса (синергетический эффект). Кроме этого, использование моноалкилированных производных 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2''-терпиридинов, позволит реализовать электрокаталитические реакции селективного получения CO и H_2 на «раздельных» центрах: на незамещённом центре - образование CO , на замещённом - образование молекулярного водорода. В рамках данной задачи будут решены следующие подзадачи: - Создать бифункциональные электрокаталитические системы на основе производных 2,2'-бипиридина и 2,2':6',2''-терпиридинов, способных к одновременной реализации на разных каталитических центрах, двух различных процессов - образования молекулярного водорода и восстановления CO_2 до CO :

выявление условий проявления синергетического эффекта при объединении в одной молекуле катализатора двух или трех пиридин-содержащих фрагментов. - С использованием различных электрохимических методов определить влияние природы заместителя у атома азота, а также влияние природы кислоты (pK) на эффективность, селективность и механизм синхронного электрокаталитического процесса образования молекулярного водорода и восстановление углекислого газа до CO . - С использованием различных электрохимических методов и подходов определить основные кинетические и термодинамические параметры электрокаталитического процесса в присутствии различных органических и неорганических кислот. - С использованием квантово-химических расчетов изучить механизм протекающих процессов. - Выявить ключевые особенности в механизме электрокаталитического процесса влияющие на проявление синергетического эффекта. В результате выполнения проекта будут получены новые, безметалльные электрокатализаторы для получения «зеленого» водорода, а также разработана технология сопряжённого электрохимического процесса получения «зеленого» синтез-газа из насыщенных водных растворов CO_2 в воде, с высокими фарадеевскими выходами и минимальными значениями перенапряжения потенциала. Будет подробно изучена возможность дальнейшего использования получаемого синтез-газа, для получения метанола, диэтилового эфира, синтетических масел и других углеводородов по реакции Фишера-Тропша. Практическая значимость: Полученные результаты будут востребованы в топливно-энергетической отрасли, где водород используется как экологически чистое топливо, в химической отрасли, где синтез-газ широко используется как сырьё. Создание на основе органических соединений эффективных каталитических систем позволит еще ближе подойти к проблеме переработки диоксида углерода, что приведет к уменьшению экологической нагрузки за счет «переработки» парниковых газов и получению экологически чистых («зеленых») ценных продуктов (метанол, эфиры и синтетические масла).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

№ 121071400043-3

КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ (IV) С НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ОКСО-ЛИГАНДАМИ: ОБРАЗОВАНИЕ, СТРОЕНИЕ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КАТАЛИЗА

Присущая платине уникальная каталитическая активность по отношению к самым разнообразным классам реакций, а также высокая коррозионная стойкость обуславливают неугасаемый интерес к разработке на базе этого металла различных функциональных материалов – катализаторов, покрытий, сенсоров и др. Как показывает множество исследований, функциональные свойства таких материалов зачастую (а иногда и в преобладающей мере) определяются соединением предшественником. Так, активность гетерогенных катализаторов задаётся морфологией и дисперсностью частиц платины, которые в свою очередь во многом зависят от соединения, которое было использовано

на стадии нанесения и условиями, в которых оно находится; качество гальванических покрытий определяется химической формой платины, доминирующей в электролите и из которой фактически происходит процесс образования атомов металла. Таким образом, исследование химических форм в которых платина находится в растворах, представляющих интерес для создания разного рода материалов, является необходимым этапом с точки зрения обдуманного их применения и получения предсказуемых результатов. Основная цель настоящего проекта заключается в получении комплексной информации о формах существования платины(IV) в растворах серной кислоты и карбонатов щелочных металлов

для создания научных основ использования таких растворов в качестве предшественников для приготовления катализаторов различных процессов. В обзоре литературы показано, что в настоящее время, как сульфатные, так и карбонатные комплексы с полностью кислородным окружением {PtO₆} являются «белым пятном» на карте химии соединений четырехвалентной платины, и были обнаружены нами в ходе предшествующей работы, посвященной нитратокомплексам платины (РНФ 18-73-00054). Практический же интерес к таким системам закономерно вытекает из возможности их применения для создания и модернизации гетерогенных катализаторов PtO_x/носитель, уже зарекомендовавших себя как высокоактивные катализаторы для процессов гидрирования (10.1021/acsami.8b06815), окисления CO (10.1038/s41467-019-11856-9), электро- (10.1039/C7TA09990H) и фотокаталитического (10.1021/acsami.0c14361) получения водорода. Как показывают наши предварительные результаты, контролируемый гидролиз карбонатных и сульфатных комплексов платины(IV), может служить удобным методом осаждения на поверхности различных носителей платины в форме высокодисперсного гидратированного диоксида

(PtO₂·xH₂O) в мягких условиях. В настоящей работе, на основе полученных данных о составе и поведении карбонатных и сернокислых растворов гидроксида платины(IV), планируется разработать методы приготовления ряда новых катализаторов PtO₂/носитель для процессов фотогенерации водорода, селективного разложения гидразин-гидрата с образованием водорода и окисления CO. На ряду с решением этой задачи, получение сведений о строении и реакционной способности карбонатных и сульфатных комплексов платины(IV) имеет особую актуальность в свете того, что они могут выступать в качестве ключевых активных частиц в практически востребованных процессах: окисление угарного газа (Pt-CO₃; 10.1038/ncomms9675) и селективная активация метана (Pt-SO₄; 10.1021/jacs.6b05167). В связи с этим, второй, не менее важной задачей проекта является получение индивидуальных сульфато- и карбонатокомплексов платины, исследование их структуры (в твердой фазе и растворах) и свойств. Такая комбинированная направленность проекта - от исследования химических форм в растворе, к получению новых материалов, также составляет новизну и особенность проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042600047-8

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ПУТЁМ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА НА КАТАЛИЗАТОРАХ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ

Проект направлен на решение проблемы создания высокоэффективных и стабильных к зауглероживанию катализаторов реакции углекислотной конверсии этанола, являющейся одной из самых перспективных реакций зеленой химии, позволяющей превратить парниковый газ и возобновляемое биотопливо в ценное химическое сырье, а также эффективные технологии широкомасштабного производства водорода. Одной из задач проекта является создание высокоэффективного и производительного метода синтеза простых и сложных оксидов металлов заданного фазового состава с использованием растворителей (вода, этанол, изопропанол) в сверхкритическом состоянии. В ходе выполнения проекта планируется систематически изучать свойства простых и сложных оксидов, синтезируемых из различных солей в сверхкритических флюидах в проточной установке высокого давления. Будет исследовано влияние времени контакта, концентрации и соотношения прекурсоров, вида сверхкритического флюида, добавки комплексообразователя, температуры и давления на степень кристаллизации, размер кристаллитов, удельную поверхность и морфологию частиц. Полученные оксиды будут модифицированы введением добавок никеля, после чего полученные катализаторы будут исследованы в реакции углекислотной конверсии модельного биотоплива – этанола, а также в реакции углекислотной конверсии метана как промежуточного продукта превращения этанола. Реакция углекислотной конверсии этанола в синтез-газ и водород на катализаторах такого типа будет исследована впервые. Актуальность проблемы. Получение синтез-газа и водорода в настоящее время относится к важнейшим прикладным исследованиям в области экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики. В ходе проведения реакции углекислотной конверсии этанола получение синтез-газа происходит с потреблением крупнотоннажного отхода химической промышленности – парникового газа CO₂. Кроме того, процесс углекислотной конверсии этанола представляется перспективным в экономическом плане и может быть с легкостью масштабирован. Оба упомянутых аспекта составляют абсолютно достаточное основание, чтобы рассматривать данный проект с точки зрения как экологических, так и социальных задач, которые в настоящее время привлекают повышенное внимание, как в Европе, так и в других развитых странах, особенно в Азии. Глобальная проблема снижения эмиссии CO₂ не требует

особых комментариев или дополнительных разъяснений. Каталитическое восстановление является одним из наиболее эффективных методов удаления CO₂, который должен быть широко исследован для разработки оптимального технологического решения. В свою очередь, получение синтез-газа и его производных имеет крайне важное значение в производстве ценных химических веществ, химических интермедиатов, растворителей, топлива и удобрений, а также имеет важнейшее значение в электроэнергетическом секторе. С другой стороны, метод синтеза, дизайн стабильных катализаторов, не содержащих драгоценные металлы, является актуальной задачей. Синтез каталитических наноматериалов с контролируемыми свойствами с использованием непрерывного синтеза в сверхкритических условиях приведет к увеличению стабильности катализатора к зауглероживанию и спеканию, что внесет непосредственный вклад в разработку процесса углекислотной конверсии этанола. Относительно недавно предложенный метод синтеза наноматериалов в сверхкритических флюидах (вода, спирты, CO₂ и др.), вследствие их уникальных свойств, таких как низкая вязкость, отсутствие поверхностного натяжения, высокое пересыщение раствора, обеспечивает возможность проводить высокопроизводительный синтез материалов с требуемыми свойствами. Более того, вследствие высокой скорости образования частиц в сверхкритических флюидах (от нескольких секунд до нескольких минут), этот метод позволяет проводить синтез в непрерывном режиме. Метод лишен практически всех недостатков традиционных методов и является наиболее перспективным для синтеза простых и сложных оксидов металлов с заданными свойствами в непрерывном режиме в проточной установке. Научная новизна и значимость решения проблемы. Исследования дадут возможность разработать уникальные методики синтеза оксидов металлов (флюориты и шпинели различного состава) в сверхкритических флюидах, изучить механизм синтеза оксидов металлов в сверхкритической воде и низших спиртах, синтезировать нанодисперсные оксиды металлов с заданным фазовым составом и свойствами в непрерывном проточном режиме. Никель и кобальт (медь) содержащие сплавные катализаторы будут синтезированы в том числе уникальным разработанным коллективом исполнителей способом – путем одностадийного синтеза в сверхкритической среде. Впервые будет изучено влияние природы солей предшественников оксидов, и комплексообразователя на свойства получаемых

оксидов металлов. Созданные новые катализаторы будут впервые использованы для проведения перспективного процесса углекислотной конверсии этанола в синтез-газ и

водород. Кроме того, будут созданы научные основы синтеза структурированных материалов на основе перспективных катализаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ АААА-А21-121011490138-7

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ПЛАЗМЫ В ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ (ВКЛЮЧАЯ ТЯЖЕЛЫЕ НЕФТИ) В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Актуальность проекта обусловлена решением важной задачи поиска новых путей получения энергоносителей, а именно, водорода. Анализ литературы показал, что такая задача может решаться с помощью плазмохимических процессов протекающих в микроволновых разрядах, в том числе и в разрядах, создаваемых в объеме жидких органических соединений. В проекте предполагается исследовать получение водорода в растворах спиртов и жидких тяжелых углеводородах, в качестве модели нефти. При выполнении проекта предполагается провести совместное российско-китайское исследование процессов получения водорода в растворах спиртов и нефтях. Китайская сторона будет проводить экспериментальное исследование процесса, российская сторона будет проводить моделирование разряда. Стратегия проведения экспериментов и моделирования будет определяться в результате обмена текущей информацией.

Моделирование будет заключаться в создании нульмерной самосогласованной модели разряда, описывающей детальную кинетику реакций в плазме, кинетику заряженных и нейтральных частиц. Она будет включать уравнение теплопроводности, уравнение Больцмана для электронов плазмы и уравнение для напряженности электрического поля. Это позволит рассчитывать внутренние параметры плазмы по известным внешним параметрам (мощность, давление, состав жидкости). Авторский коллектив российской стороны имеет большой опыт в моделировании таких систем. Результатом исследования будет определение механизма образования водорода в разряде и получение информации по оптимизации процесса получения водорода. Таким образом, будут решены важные фундаментальные задачи, которые могут использоваться при решении прикладных задач.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121101800110-2

НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ НАНОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫХ «ЗЕЛЕННЫХ» РЕАКЦИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА: КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН, ЛАБОРАТОРНЫЕ И СИНХРОТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Прогресс в области нанотехнологий и наноматериалов открыл путь к синтезу полупроводниковых наночастиц с четко определенной формой и размером с использованием подходящих реагентов и ПАВ. Такие методы в частности были разработаны для наночастиц анатаза TiO₂ для получения нанокристаллов с заданными гранями поверхности. Этот подход позволяет точно настроить физико-химические свойства наночастиц для оптимизации их реакционной способности и селективности. Значительное улучшение активности в реакции фотокаталитического расщепления воды достигается при использовании металлических наночастиц, нанесенных на наночастицы оксидов с заданной формой. Однако сведения о влиянии различных открытых поверхностей и состоянии поверхности наночастиц металлов на подложке в каталитических процессах все еще противоречивы, что препятствует дальнейшему развитию. Более того, хотя были приложены большие усилия для разработки новых материалов с высокой фотоактивностью, наиболее активные катализаторы по-прежнему в основном основаны на благородных металлах (особенно Pt). Таким образом, разработка стратегии минимизации содержания благородных металлов станет решающим шагом для того, чтобы сделать процесс получения водорода в реакции фоторасщепления воды более энергоэффективным и экономичным. Установление фундаментальных закономерностей «структура-активность» будет иметь решающее значение для синтеза новых активных фотокатализаторов на основе распространенных 3d металлов. Эту задачу сложно решить, поскольку большинство традиционных методов исследования поверхности трудно применять in situ при облучении образца ультрафиолетом, которое требуется для определения характеристик систем в рабочих условиях. Более того, для правильной интерпретации экспериментальных результатов требуется суперкомпьютерное моделирование высокого уровня. Машинное обучение (ML), широко применяемое в различных областях материаловедения, в том числе для анализа спектроскопических данных,

включая ИК, УФ-видимый и рентгеновский диапазоны. В частности, Lansford и Vlachos разработали подход на основе машинного обучения для характеристики микроструктуры образца на основе особенностей ИК-спектра, возникающих из-за колебаний молекул проб, адсорбированных на разных участках поверхности. Несколько работ продемонстрировали потенциал ML по отношению к данным рентгеновской абсорбционной спектроскопии. Группа Френкеля (Сони Брук, США) натренировала нейросеть предсказывать функции радиального распределения для моно- и биметаллических НЧ. В рамках проекта Materials Project была разработана обширная теоретическая библиотека спектров кристаллических соединений, способная предсказывать тип локального окружения металла на основе его спектра XANES. Carbone и др. применили нейронные сети и дескрипторы главных компонент, чтобы различать тип локального окружения для серии 3d-переходных металлов. Коллектив настоящего проекта разрабатывает код pyFitIt для подбора и прогнозирования структурных параметров (степень окисления, расстояния и углы связи) на основе ML-анализа данных XANES. С развитием источников синхротронного излучения последнего поколения открываются новые возможности по operando исследованию фотокатализаторов рентгеновскими методами. Имеются примеры использования специальных газовых ячеек, в которых материал может быть одновременно подвергнут рентгеновскому и УФ излучению (doi: 10.1039/D0CP00654N, doi.org/10.1002/anie.201709552). Результаты проекта являются значимыми для достижения показателей подпрограммы 4 государственной программы и приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации. Коллективом будут получены патенты на практические изобретения и полезные модели в области фотокатализа, разработанные в ходе реализации проекта. Будут опубликованы статьи в соавторстве с иностранными учеными, индексируемые в международных системах научного цитирования. Благодаря поддержке будет развиваться и успешно функционировать научный центр мирового уровня на базе института Интеллектуальных материалов ЮФУ (napo.

sfedu.ru). Полученные фундаментальные знания уже в ходе реализации проекта лягут в основу новых технологий синтеза фотокаталитических материалов с улучшенными свойствами

и методов operando диагностики при реалистичных технологических условиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121102500153-9

РАЗРАБОТКА НАУЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОДНОСТАДИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ДОСТУПНЫХ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ И УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ: СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проект направлен на проведение фундаментальных исследований для целенаправленного конструирования новых каталитических систем, исследования влияния активных центров катализатора на их каталитические свойства в одностадийных процессах гидролиза-окисления картофельного крахмала и низкотемпературного окисления метана в муравьиную кислоту – перспективный источник водорода (восстановитель в производстве биотоплив) и ценное соединение для сельского хозяйства Новосибирской области. По окончании проекта будут получены следующие фундаментальные результаты. 1. Развитие способов приготовления твердых бифункциональных катализаторов гидролиза-окисления крахмала на основе цефиевых и органических солей Mo-V-P гетерополикислот (Cs-ГПК и [C_xH_yMIM]-ГПК) и низкотемпературного окисления

метана на основе Pd(Cu)-содержащих цеолитов типа ZSM-5. 2. Получены экспериментальные кинетические данные одностадийных процессов гидролиза-окисления крахмала и окисления метана и их отдельных стадий. 3. Выявлены основные и побочные маршруты исследуемых процессов, предложены их кинетические модели и механизмы. 4. Исследовано влияние структуры и состава катализаторов на их каталитические свойства комплексом физико-химических методов, а также проведен поиск путей управления процессами, направленными на повышение их эффективности. Результаты, полученные в ходе выполнения проекта, станут фундаментальной основой для создания эффективных экологически безопасных методов переработки доступных в Новосибирской области альтернативных видов сырья в муравьиную кислоту.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122011200182-6

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОРОТКОЦИКЛОВОЙ БЕЗНАГРЕВНОЙ АДсорбЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОЧНЫХ ЦЕОЛИТОВЫХ АДсорБЕНТОВ: КИНЕТИКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ

Проект направлен на исследование кинетики и закономерностей адсорбции-десорбции компонентов синтез-газа (CO₂, CO, CH₄, N₂, H₂, H₂O) на блочных цеолитовых адсорбентах, математическое моделирование и оптимизацию короткоцикловых адсорбционных процессов и установок концентрирования чистого водорода. Одним из путей решения энергетических и экологических проблем является эффективная переработка газообразных отходов и побочных продуктов угле- и нефтеперерабатывающих производств. Для получения чистого водорода (более 99,99%) синтез-газ должен дополнительно очищаться от газообразных примесей в установках короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА). Интенсификация процесса концентрирования водорода связана с использованием новых блочных цеолитовых адсорбентов, обладающих разветвленной системой каналов с высокой удельной поверхностью, обеспечивающих повышенную кинетику процесса и низкое аэродинамическое сопротивление. В ходе выполнения проекта будут изучены механизмы адсорбции-десорбции из смесей, соответствующих синтез-газу, микропористыми блочными цеолитовыми адсорбентами типов А и Х и экспериментально изучены их адсорбционные свойства. Будут получены изотермы сорбции CO₂, CO, CH₄, N₂, H₂, H₂O. Исследованы на специализированном стенде КБА зависимости выходных концентраций CO₂, CO, CH₄, N₂, H₂O и H₂ от технологических условий осуществления

процесса, идентифицированы кинетические коэффициенты. С использованием разработанных двухмерной и трехмерной математических моделей адсорбционного процесса концентрирования водорода будет осуществлено проектирование перспективных блочных цеолитовых адсорбентов и адсорбера установки КБА. Будут проведены численные исследования динамики циклических адсорбционно-десорбционных процессов при различных значениях режимных и конструктивных переменных. По результатам проекта будут скорректированы представления о механизмах и кинетике адсорбции-десорбции в циклических адсорбционно-десорбционных процессах газоразделения синтез-газа на блочных цеолитах типов А и Х. Сформулированы и решены задачи оптимального проектирования промышленных КБА установок концентрирования водорода в условиях интервальной неопределенности части исходных данных; выработаны практические рекомендации по расчету процессов очистки и разделения синтез-газа методом КБА, которые могут быть использованы при проектировании промышленных установок концентрирования чистого водорода производительностью до 50000 нм³/час. Полученные результаты создадут основу для создания научно-обоснованной методики расчета и проектирования промышленных установок КБА газоразделения и очистки многокомпонентных газовых смесей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121121300126-6

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОКСИАПАТИТА С РАЗЛИЧНЫМИ ДЕФЕКТАМИ: ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Гидроксиапатит (ГАП) является хорошо известным материалом активно применяемым в разных областях медицины (костные и зубные импланты) и нанотехнологий (очистка вод от вредных примесей и антибактериальная

обработка, фотокатализ). В то же время, далеко не все его потенциальные возможности исчерпаны и достаточно изучены. Так, последнее время резко вырос интерес к применению ГАП в экологии и фото-каталитических процессах

(для очистки водных сред и биодеградация, для удаления тяжелых металлов из водных сред), в борьбе с раковыми заболеваниями (как средство адресной доставки лекарств и локальной гипертермии) и даже при получении водорода для энергетики. Однако не все особенности структуры и свойств ГАП еще до конца понятны и это сдерживает его более широкое применение как в традиционных, так и в новых областях. Поэтому тут необходимы фундаментальные исследования. Проведенные ранее исследования, моделирование и расчеты структуры и свойств ГАП показало, что многие из его свойств определяются наличием различных структурных дефектов (вакансий кислорода и гидроксильных групп, внедрений и замещений ионов различных атомов и атомных групп в структуре ГАП). Полученные недавно данные показали также, что именно вакансии кислорода играют важную роль и в фото-каталитических процессах. Вместе с тем, только недавно, с привлечением более развитых физических методов теории функционала плотности (ТФП) и соответствующих новых программных средств, удалось показать, что в идеальном стехиометрическом кристаллическом ГАП его оптические характеристики оказываются иными, чем во многих синтезируемых и практически применяемых ГАП материалах, и ширина запрещенной зоны E_g идеальной решетки ГАП оказывается $E_g \sim 7 - 8$ эВ, что значительно превышает экспериментально наблюдаемые значения для синтезируемых и используемых образцов ГАП ($E_g \sim 4 - 5$ эВ). Результаты наших недавних работ в этом направлении убедительно показали, что в этом случае именно наличие ряда различных дефектов как раз и создает эти «неидеальные» оптические и другие характеристики в ГАП, приводя к изменению ширины запрещенной зоны E_g до некоторого иного эффективного ее значения, наблюдаемого в эксперименте. При этом экспериментальные данные также подтверждают наличие в образцах всех обычно применяемых и синтезируемых ГАП многочисленных и различных дефектов. Поэтому возникает важная и практически необходимая задача по более детальному исследованию и структуры и свойств ряда различных дефектов в ГАП, их роли и влиянию на физические свойства реальных образцов ГАП. Недавно нами была установлена роль и влияние ряда таких дефектов, как вакансии кислорода (причем различных их типов, в зависимости от групп PO_4 и OH , и их симметрии) и вакансии всей группы гидроксидов OH , с привлечением мощных современных теоретических подходов и расчетов из первых принципов. Здесь в этих расчетах нами были развиты и применены новые типы гибридных функционалов теории функционала плотности (ТФП) и т. п., и новые компьютерные программные средства. Несколько ранее нами была установлена также роль и влияние дефектов типа внедренных атомов и замещенных атомов в структуре ГАП (с применением других методов ТФП и программных средств). В настоящее время имеются все нужные средства и инструменты, а также, и задел для дальнейшего развития новых методов ТФП и решения этих задач, более точных расчетов особенностей и свойств для разных дефектов в структуре ГАП. Необходимо только провести эти детальные исследования и новые расчеты, все проанализировать и классифицировать (по типам и роли различных дефектов в разных физических процессах) и по соответствующим областям их последующего

различного применения в практике нанонаук, нанотехнологий и наномедицины. Особый интерес представляют тут (кроме дефектов типа различных вакансий) дефекты типа внедрения и замещения ионов железа (Fe^{2+} , Fe^{3+}), стронция и т.п. В данной работе по данному проекту будут разрабатываться, развиваться и применяться новые подходы ТФП с развитием как гибридных функционалов, так и других новых схем расчетов из первых принципов на базе персональных компьютеров, рабочих станций и многопроцессорных Linux-кластеров с современными программными средствами (типа VASP, AIMPRO, HyperChem и другими), а также с разработкой, развитием и применением ряда собственных программных средств. Полученные результаты позволят исследовать, выяснить, а затем и предсказать какие именно дефекты вызывают и определяют те или иные физические свойства ГАП, а также и их изменения в структуре ГАП, позволят определить условия их эффективного создания и формирования для практических применений. На основе этих новых знаний, их развития и применения новых высокоточных квантово-химических расчетов из первых принципов, возможно будет разработать способы целенаправленного формирования необходимых и практически важных физических свойств для различных применений – то есть это позволит управлять созданием и синтезом таких наноматериалов на основе ГАП с нужными нам свойствами. В итоге, на основе проведенных работ, мы получаем новый инструмент компьютерного моделирования и исследования, а также и возможного проектирования новых наноматериалов с заранее заданными свойствами: в данном случае — на основе управления созданием нужных дефектов в ГАП. Это необходимо, в частности, для создания более эффективных покрытий для биоматериалов, новых фото-каталитических наноматериалов, материалов для очистки сред, новых средств доставки ГАП-капсул и локальной гипертермии в борьбе с раком. При этом мы сформируем и новый комбинированный комплекс компьютерных методов и программных средств на основе ТФП с гибридными функционалами в сочетании с различными полужемпирическими квантово-механическими методами кластерных расчетов и также собственными программными приложениями. Важной особенностью данного проекта является прямая связь теоретических работ с экспериментальными исследованиями: в проекте запланирована экспериментальная часть, состоящая в изготовлении образцов ГАП, как стехиометрических, так и содержащих дефекты типа вакансий кислорода и гидроксильной группы, и также легированных различными элементами (включая ионы железа Fe^{2+} , Fe^{3+} , стронция Sr^{2+} и др.) и измерение их характеристик (на базе аппаратуры и методов Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, Новосибирск). Будет проведено сравнение и анализ результатов прямых экспериментов с результатами наших расчетов, что позволит нам наиболее адекватно оценить все результаты наших исследований и их практических применений. Поставленные задачи имеют большое фундаментальное и практическое значение и безусловно актуальны, имеют высокую степень научной новизны и важный международный приоритет. Имеющийся опыт групп и имеющийся научный задел обеспечат достижение желаемых результатов данного проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2022

№ 122031400258-4

СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОСЫРЬЯ

Проект направлен на создание новых высокоэффективных катализаторов получения водорода из спиртов биогенного происхождения. Водород является перспективным видом топлива, применение которого позволяет значительно снизить углеродный след ряда отраслей экономики, или даже перейти

к полностью безуглеродной экономике. Конкретной задачей проекта является создание не содержащих благородных металлов катализаторов паровой конверсии изобутанола на основе переходных металлов и углеродного носителя, полученного карбонизацией биомассы. Данный подход

отвечает принципам зеленой химии, поскольку для синтеза носителя катализаторов будет использовано возобновляемое сырье, а получение водорода будет осуществляться паровой конверсией изобутанола, производство которого из возобновляемого сырья освоено в промышленном масштабе. В совокупности это позволит реализовать процесс получения водорода с нейтральным углеродным балансом. Одной из задач проекта является создание эффективного метода формирования стабильных катализаторов на основе карбонизированной биомассы для паровой конверсии изобутанола. Применение гидротермальной карбонизации позволяет, с одной стороны, решить проблему утилизации древесных отходов, которые в настоящее время утилизируют преимущественно путём сжигания и захоронения. С другой стороны, дает возможность получить перспективный углеродсодержащий носитель для катализаторов получения водорода из продуктов переработки биосырья. В ходе выполнения проекта будут систематически изучены физико-химические свойства получаемых углеродсодержащих

катализаторов превращения изобутанола. Будет исследовано влияние времени контакта, температуры, соотношения спирт/вода на селективность образования водорода. В рамках проекта предполагается осуществление качественного и количественного анализа возможных промежуточных кислородсодержащих соединений, формирующихся в ходе паровой конверсии изобутанола на разработанных катализаторах. На основе полученных данных предполагается построение схемы протекания процесса. Будет проведено сравнение экспериментально полученных результатов с расчетами термодинамического равновесия парового риформинга изобутанола (равновесные степени конверсии и селективности) для температур и соотношений реагентов, охватывающих рабочий диапазон превращения изобутанола на разрабатываемых катализаторах. Впервые будет предложен дизайн каталитических систем на основе карбонизированной биомассы, с использованием которых впервые будет исследована паровая конверсия биоизобутанола.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122112400090-6

ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью решения больших (фронтирных) инженерных задач по разработке и ускорению масштабирования технологий получения и использования водорода, в том числе за счет проведения глубокого и полного цифрового инжиниринга, в интересах высокотехнологичных энергетических отраслей промышленности и обеспечения импортозамещения, технологического суверенитета и национальной безопасности в условиях мобилизационной экономики. В решении таких задач заинтересованы лидеры российского энергетического комплекса: Госкорпорация «Росатом» (г. Москва), ПАО «Газпром нефть» (г. С.-Петербург), ПАО «Татнефть» (г. Альметьевск), НК «Роснефть» (г. Москва), ПАО «Лукойл» (г. Москва), АО «Силовые машины» (г. С.-Петербург), ПАО «Северсталь» (г. Череповец). Также эти предприятия заинтересованы в специалистах, способных осуществлять инжиниринг водородных энергетических систем. Водород – признанный наиболее перспективный энергоноситель самого широкого спектра использования: от питания бытовых приборов до обеспечения крупных энергосистем. Это единственный источник энергии, не создающий экологических последствий, один из наиболее эффективных химических аккумуляторов энергии. В рамках проекта, в первую очередь, предусмотрена разработка именно низкоуглеродного способа получения водорода с использованием оригинальной технологической схемы сочетания возможностей АС и промышленного химического синтеза, позволяющей наиболее квалифицированно использовать все имеющиеся ресурсы энергии, включая трудноутилизируемые с максимальным коэффициентом передачи всех видов энергии. Получение водорода другими способами не позволяет достичь сравнимых результатов по суммарному углеродному следу. Решение фронтирной задачи по созданию и построению водородной энергетики РФ позволит осуществить полномасштабное и глобальное лидерство российских энергетических компаний на водородном рынке, а также стать передовой страной в области энергоперехода и расширить спектр экспортируемой продукции. Технологическое совмещение ВТГР с химико-технологическим комплексом получения водорода обеспечит прорывные недостижимые ранее показатели и преимущества энергетической продукции, обеспечит лидирующие позиции как машиностроительной продукции, так и поставляемым энергоресурсам. Идеология построения цифровых двойников позволит разработать кратчайшую траекторию достижения требуемых технических параметров всех компонентов основного и вспомогательного оборудования с бесшовной

технологией постановки агрегатов и аппаратов в производство. В проекте впервые в мировой практике будет реализована химико-технологическая система использования тепловых ресурсов нового высокотемпературного газоохлаждаемого реактора (ВТГР) для производства водорода по оригинальной технологической схеме на отечественных катализаторах. Разработка ведется на основе технологии цифрового двойника с целью масштабирования решений и оптимизации всего жизненного цикла компонентов и технических решений, включая не только производство и эксплуатацию, но и дальнейшее техническое развитие. В рамках проекта будут восстановлены технологические компетенции по разработке и проектированию передовых химических технологий, практически полностью утраченные в РФ за последние десятилетия. Проект можно разделить на несколько этапов: Этап 1. Разработка технологического оборудования существующих методов получения водорода пилотного масштаба с использованием отечественных материалов, в том числе катализаторов, что позволит исследовать проблемные зоны процессов и сформировать отечественную базу знаний. Реализация экспериментальных установок перспективных технологий. Этап 2. Подбор и обоснование наиболее эффективных параметров и сопутствующих материалов для исследуемого процесса получения водорода. Создание элементов отечественной базы знаний. Этап 3. На основе сформированной базы знаний создание уникальных цифровых мультимедийных моделей процессов получения водорода, что позволит повысить скорость проведения тестовых испытаний, обнаружить наиболее стрессовые технологические места и пр. Создание базовой версии отечественного программного комплекса для решения технологических задач водородной энергетики. Этап 4. Имплементация инновационных отечественных промышленных технологий получения водорода в машиностроительные проекты промышленных партнёров. Полученные результаты способствуют импортозамещению в части отечественных технологий водородной энергетики. Так, на глобальном уровне, большинство методов получения и использования водорода находится на научно-исследовательской стадии. Прорыв в этой области позволит стать мировым лидером и диверсифицировать продуктовую экспортную линейку РФ. Совместно с промышленным партнером будет выполнено поэтапное масштабирование установок получения водорода с полным спектром инжиниринговых задач, включая создание и обеспечение синергии математических моделей: гидродинамических, тепловых, термодинамических, диффузионных, прочностных,

вибрационных и прочих процессов в рамках водородных энергетики, а также создание уникальных новых материалов для применения в нестандартных и зачастую агрессивных технологических условиях получения и использования водорода.

Результатами проекта должны стать: 1. Энергоэффективная инновационная технология получения водорода с использованием отечественного оборудования и катализаторов; 2. Компетенции в цифровом инжиниринге технологий получения водорода и родственных процессах:

математическое и компьютерное моделирование сложного оборудования, конструирование оборудования; оптимизация технологических процессов, моделирование каталитических процессов; 3. Компетенции в проектировании технологических процессов получения водорода и родственных процессов и основного технологического оборудования; 4. Технологическая независимость от иностранных лицензиаров и национальная безопасность РФ в области водородных технологий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122120200009-5

Создание технологического экспериментально-демонстрационного комплекса для развития технологий производства водорода из природного газа

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка принципиальной технологической схемы технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, схемы автоматизации технологических процессов, принципиальные технологические схемы вспомогательных систем технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, требований к аппаратам и оборудованию производства технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, расчет аппаратов и оборудования, исходных требований на основные покупные комплектующие изделия с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков, разработка монтажных схем и схем систем безопасности, программы и методики проведения экспериментальных работ по развитию технологий производства водорода из природного газа до уровня готовности к опытным работам, стендового технологического регламента на проведение экспериментальных работ по развитию технологий

производства водорода из природного газа до уровня технологий готовых к опытным работам и рабочих инструкций для персонала.

Результаты работы – Технологическая документация технологического экспериментально-демонстрационного комплекса для развития технологий производства водорода из природного газа; Технологический экспериментально-демонстрационный комплекс для развития технологий производства водорода из природного газа.

Результаты работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122080200056-6

Получение высокочистого водорода с помощью мембранного модуля на основе никелевых мембран

Данный проект направлен на решение проблемы получения высокочистого водорода, который затем может быть использован как топливо для топливных элементов с протонообменной мембраной.

Выбросы от транспортных средств вносят наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха, особенно в крупных городах.

Для снижения количества выбросов предлагается перевести хотя бы часть транспортных средств на топливные элементы, в частности, элементы с протонообменной мембраной.

Наряду с очевидными преимуществами существенным ограничением этого типа устройств является необходимость использования в качестве топлива водорода высокой степени чистоты (не менее 99.5 об. %).

Современные методы получения и сепарирования водорода преимущественно ориентированы на крупнотоннажное непрерывное производство, в то время как потребность в водородном топливе для транспортных средств меняется в зависимости от сезона, обстоятельств владельцев транспорта и других факторов, а долговременное хранение водорода сопряжено с его серьезными потерями из-за высокой летучести и проникающей способности.

Поэтому существует потребность в компактных установках для получения водорода высокой степени чистоты, способных с высокой эффективностью и быстрым выходом на рабочий режим производить относительно небольшие количества водорода (порядка нескольких Нм3 в сутки), который затем будет либо незамедлительно утилизироваться в топливном элементе на борту транспортного средства, либо храниться в

сжатом виде относительно недолгое время.

Такие установки должны включать в себя реактор для получения богатых водородом газовых смесей, например, в результате каталитического риформинга углеводородсодержащего сырья, а также устройства для селективного сепарирования водорода.

Мы предлагаем использовать в качестве такого устройства мембранные модули, состоящие из водород-селективных мембран на основе капилляров из металлического никеля.

Геометрические размеры производимых промышленно никелевых капилляров позволяют достичь высокой плотности их упаковки в устройстве и тем самым уменьшить его размеры.

Никель как мембранный материал обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными материалами мембран: относительно низкой стоимостью, высокой коррозионной устойчивостью и стабильностью характеристик в температурном диапазоне работы каталитических риформеров, практическим отсутствием явления водородного охрупчивания и т.д.

В ходе реализации проекта планируется создание модифицированных мембран на основе никелевых капилляров, исследование механизма транспорта водорода и поиск путей повышения потока водорода через них.

Предлагаются подходы по созданию надежной и долговечной герметизации мембран. По итогам подробного исследования единичных мембран и способов их коммутации будет собран и испытан прототип мембранного модуля, сочетающий в себе компактность, надежность, эффективность и низкую стоимость материалов.

Также будут сформулированы рекомендации по сборке

модулей большей производительности. Реализация проекта поможет в решении проблемы производства

водорода высокой степени чистоты и снижении загрязнения атмосферного воздуха выбросами транспорта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122122900042-9

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В рамках создаваемой лаборатории предлагается проведение работ по трем направлениям: I. Создание технологии глубокой очистки водорода с помощью микротрубчатых водород-проницаемых мембран на основе палладийсодержащих и никелевых сплавов. II. Разработка лабораторных прототипов каталитических мембранных реакторов (КМР) конверсии углеводородов для получения водорода с использованием микротрубчатых и мультиканальных мембран. III. Разработка лабораторных образцов высокотемпературных твердооксидных электролизеров (микротрубчатых и мультиканальных) для получения водорода.

Тематика работ Лаборатории материалов и технологий водородной энергетики соответствует направлению стратегии научно-технологического развития РФ – «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии».

Предлагаемые работы являются актуальными в свете реализации принятой в России концепции развития водородной энергетики (распоряжение Правительства Российской Федерации № 2162-р от 5 августа 2021 г.). Водород высокой степени чистоты востребован в целом ряде приложений: в топливных элементах с протонообменной мембраной, устанавливаемых на экологически чистый транспорт; в микроэлектронике и производстве полупроводников; в металлургии для выплавки стали и снижения выбросов углекислого газа; в химической промышленности для получения ценных химических продуктов и т.д.

Предлагаемые к разработке технологии и устройства получения водорода имеют ряд преимуществ перед традиционными: I. Разработка (при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером – ОАО «Красцветмет») мембранных модулей для сепарации водорода из газовых смесей на основе газоплотных мембран из сплавов палладия позволит: - создать в рамках импортонезависимости конкурентоспособный российский мембранный модуль для глубокой очистки водорода; - с помощью мембранной технологии глубокой очистки водорода, в отличие от других методов (КЦА, криогенный, полимерные мембраны), получить водород чистотой более 99.99 об.%, пригодный для использования в низкотемпературных топливных элементах, устанавливаемых на транспорте, в мобильных и портативных энергоустановках,

в том числе, не требующих обслуживания, что востребовано при работе в условиях Сибири и Арктики; - создать дополнительную рыночную нишу потребления палладия в РФ и мире за счет разработки конкурентоспособной технологии глубокой очистки водорода, востребованного современной водородной энергетикой, основанной на использовании топливных элементов (распределенная энергетика, водородная заправка, транспорт, производства полупроводников и т.д.).

Следует отметить, что при сравнимых капитальных затратах (CAPEX), даже при использовании дорогостоящего палладия, мембранные установки требуют более низких операционных затрат (OPEX). Компания АО «Красцветмет» разработала эффективные маркетинговые мероприятия для решения проблемы конкурентоспособности палладиевых мембранных блоков. II. Разработка каталитических мембранных реакторов (КМР) парциального окисления метана и конверсии других углеводородов на базе керамических кислородпроницаемых мембран (при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером ООО «Инэнерджи») позволяет на 30-40% снизить затраты при получении синтез-газа и водорода по сравнению с традиционной паровой конверсией метана.

Использование КМР приводит к снижению расходов за счет отсутствия азота и его оксидов в продуктах конверсии, а также за счет «ухода» от криогенного кислорода. При этом в КМР происходит повышение селективности процесса конверсии углеводорода в синтез газ ($\text{CO} + \text{H}_2$) за счет формирования активных форм кислорода на поверхности кислородпроницаемой мембраны. Повышение производительности можно добиться смещением равновесия процесса конверсии за счет селективного удаления водорода из реакционной зоны с помощью водородпроницаемых мембран. III. Применение высокотемпературных твердооксидных электролизеров (ТОЭ) водяного пара (разрабатываемых при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером ООО «Инэнерджи») позволяет использовать отработанное тепло (например, после паровых турбин на электростанциях) и снизить затраты на получение водорода до 3 кВт·ч/нм³ H₂ против 5-6 кВт·ч /нм³ H₂ для традиционных методов электролиза воды. Использование микротрубчатых и мультиканальных электролизеров позволяет увеличить производительность и степень конверсии, обеспечить быстрый запуск и отключение по требованию потребителя, что необходимо для портативных и мобильных устройств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122121200002-3

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ И ВОДОРОД В РЕАКТОРАХ С ЭФФЕКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ

Будет проведено исследование возможности проведения конверсии горючих газов и легкокипящих жидкостей в синтез-газ и водород посредством парциального окисления в режиме горения со сверхadiaбатическим разогревом с использованием нового типа реактора с высокой степенью рекуперации тепла продуктов - реакторе типа вложенных спиралей (Swiss roll). Отличительной чертой реактора, который предлагается исследовать, является раздельный ввод реагентов. В отличие от конверсии заранее перемешанных реакционных смесей, раздельный ввод реагентов позволяет достичь более высокого предварительного

разогрева реагентов и таким образом, достичь более высокого сверхadiaбатического разогрева. Будет построена качественная модель процесса в указанном типе реактора в зависимости от геометрических параметров реактора, состава (и, следовательно, заданных термодинамических и кинетических характеристик) и расходов реагента. Будет разработана конструкция экспериментального лабораторного реактора и экспериментально проверены выводы теоретической модели. В частности, будет исследовано влияние инертного пористого материала, помещенного в канал течения газов на скорость теплообмена

в системе. Непосредственным практическим результатом выполнения проекта может стать создание практического маломасштабного конвертора, позволяющего получать

синтез-газ и водород посредством парциального окисления органических топлив.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122051800001-0

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на решение двух взаимосвязанных задач. Первая задача: разработка лазерно-плазменного метода, позволяющего, при использовании относительно компактного оборудования, разлагать природный газ на водород и твердый углерод без образования парниковых газов. Это не только позволит продолжить использование природного газа в качестве ископаемого источника энергии при соблюдении экологической нейтральности, но и продолжить эксплуатацию существующих газотранспортных сетей без необходимости их модернизации для транспортировки водорода. Последнее обусловлено компактностью оборудования и, соответственно, возможностью его расположения в конце газотранспортной сети, в непосредственной близости от потребителя. Благодаря этому одновременно будут минимизированы расходы на разработку и создание системы доставки водорода до потребителя и связанные с этим экологические, экономические риски и риски в области

обеспечения безопасности. Вторая задача – исследование механизмов и скоростей химических процессов при фотолизе/пиролизе метана посредством изучения поведения когерентных ансамблей молекул методом фемтосекундной спектроскопии с временным разрешением. Результаты этого исследования будут полезны не только для решения первой задачи, но и целого ряда других проблем. Так, например, в последнее десятилетие возобновился интерес, связанный с возможностью использования метана в качестве реактивного топлива для гиперзвуковых аппаратов. В этом контексте необходимо установить механизм и кинетические параметры химического поведения топлива во время его пиролиза, чтобы использовались их в моделировании гидродинамических процессов. Учитывая, что скорость подобных реакций, как правило, лежит в субпикосекундном диапазоне, методы фемтосекундной спектроскопии становятся безальтернативными для решения подобных задач.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122082600015-3

ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель НИР - разработка конвертера метана в водород для использования на автомобильной газонаполнительной станции. В ходе выполнения НИР должны быть выполнены следующие работы: 1. Моделирование неравновесного цепного пиролиза метана в микропузырьках барботажного реактора, в том числе в присутствии катализатора (Ni, Fe и др.) при иницировании газовым разрядом, оптимизация конструкции блока плазмохимической конверсии и температурного режима реактора, выбор катализатора. 2. Моделирование распределения температуры и электрического поля в объеме реактора с диэлектрическим расплавом при барботировании метана. Моделирование развития самостоятельного газового разряда в объеме пузырька с метаном. Режим работы высоковольтного источника - постоянное напряжение и импульсное напряжение с частотой следования импульсов до 0.1 МГц. При моделировании определить условия развития

пробоя по газу в объеме пузырька и подавления пробоя по границе раздела метан-расплав на поверхности пузырька. 3. Разработка метода утилизации мелкодисперсного углерода, в том числе с получением пластографита. Моделирование формирования высокомолекулярных углеводородов (алканы и др.) на поверхности частиц мелкодисперсного углерода и выбор дополнительных катализаторов полимеризации, оптимизация температурного режима и скорости газового потока в зоне полимеризации. 4. Разработка системы автоматизации нагрева и стабилизации температуры в барботажном реакторе с регулировкой распределения температуры в реакционной зоне и зоне полимеризации. 5. Подготовка заявки на изобретение/полезную модель, права на которую будут принадлежать Томскому политехническому университету. 6. Подготовка обоснования технической и экономической возможности и целесообразности выполнения НИОКР.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122092900004-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА И РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА МЕТАНА

Разработка научных основ технологии – варианта каталитического пиролиза природного газа (КППГ) с применением наноструктурированных маталл-углеродных катализаторов. Разработка лабораторной установки для испытания процесса. Каталитическое разложение метана является неокислительным одностадийным процессом, протекающим по реакции: $\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$. Отсутствие оксидов углерода в продуктах реакции при целевом получении водорода исключает необходимость улавливания CO_2 , а в случае производства метано-водородных смесей возможно использовать продукт реакции без дополнительной очистки, что является преимуществом для выбора данного одностадийного процесса. В отсутствии катализатора значительная конверсия достигается при температуре не менее 1200°C ввиду кинетических ограничений и высокой

энергии активации разрыва связи C–H молекул метана. Энергия активации некаталитического процесса составляет от 350 до 450 кДж/моль . Существенная интенсификация процесса при пониженной температуре может быть обеспечена применением катализаторов различного типа, наиболее широко протестированы катализаторы на основе углерода и переходных металлов. Так, использование углеродных катализаторов: активированные угли, технический углерод, - позволяет понизить энергию активации до $200\text{--}240 \text{ кДж/моль}$ и, соответственно, обеспечивает проведение процесса при температуре $800\text{--}900^\circ\text{C}$. Более эффективны катализаторы на основе переходных металлов: главным образом никеля, а также железа и кобальта. В случае энергии активации снижается до приблизительно 100 кДж/моль (для никеля), а разложение может быть проведено при приемлемой

температуре порядка 650-750°C. Результаты НИОКР будут использованы при разработке аппаратного оформления для лабораторных испытаний процесса каталитического пиролиза

природного газа, включая испытания различных вариантов катализатора и испытания режимных параметров процесса. Результаты могут быть использованы при разработке УГТ 3.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122092900005-0

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА

Получение водорода паровым риформингом метана с применением катализаторов повышенной устойчивости к примесям сырья. Для перехода к низкоуглеродной экономике на основе крупнотоннажного производства водорода необходимо улучшение имеющихся технологий получения водорода (парового риформинга), которое может быть реализовано за счет разработки и применением усовершенствованных каталитических систем. Традиционно для получения водорода из природного газа применяются следующие технологии: риформинг, пиролиз и газификация углеродсодержащего сырья, а также электролиз воды. Паровой риформинг отличается жесткостью условий

реализации, что накладывает дополнительные требования на структуру и свойства используемых катализаторов. Дополнительное пагубное влияние на каталитические центры системы оказывают присутствующие в сырье серосодержащие соединения. Катализаторы, имеющие устойчивость к подобному классу соединений, выгодно отличаются от аналогов. В работе предлагается разработка и изготовление лабораторной установки парового риформинга метана, а также разработка каталитических систем, имеющих повышенную устойчивость к примесям сырья. Полученные каталитические системы позволят обеспечить продолжительную непрерывную работу установки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122122600006-4

РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СЖАТИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПУТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА

Химический динамический реактор сжатия (ХДРС) представляет собой установку с подвижными цилиндрами и поршнями, предназначенную для получения водорода термическим пиролизом метана. В камере реактора за счет адиабатического сжатия до 150 атм. происходит нагрев до 1500 °C, благодаря чему происходит разложение метана. При этом водород и углерод образуются в газообразной форме и выпускаются в верхней мертвой точке цикла реактора, что подавляет протекание обратной реакции. Далее, при охлаждении углерод переходит в твердую фазу. Благодаря разработанной нами технологии термоэлектрохимического

окислительного трения трущихся поверхностей поршней и цилиндров работают без смазки, процесс протекает в адиабатическом режиме за счет теплоизоляционных свойств покрытия, тем самым достигаются высокие давления и температуры в камере реактора. Компрессионный нагрев и отсутствие смазки поршневой группы дают как минимум 90% конверсию. Одним из наиболее перспективных путей применения предлагаемой к созданию технологии получения водорода путем пиролиза метана с использованием ХДРС является ее использование на объектах существующей газотранспортной системы, например, на метановых городских заправках.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТЭХО ТЕХНОЛОГИИ»

№ 122022800227-4

НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ОКИСЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПЕКТИНОВЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ЕС провозгласил в конце 2019 года программу Green Deal («Зеленый пакт для Европы»), предполагающую превращение Европы к 2050 году в первый климатически нейтральный континент планеты, что, может привести «к сокращению доходов России». Вхождение России «в число мировых лидеров по производству и экспорту» водорода определено в качестве главной цели принятой «дорожной карты» по «Развитию водородной энергетики в РФ до 2024 года». Об этом говорится в одноименном распоряжении (№ 2634-р от 12.10.2020) российского правительства. Таким образом, власти признали мировой тренд на развитие этого вида топлива и признали необходимость подключиться к водородной энергетике. В преамбуле Распоряжения написано: «В связи с мировым трендом на декарбонизацию экономики, формируемым Парижским соглашением, принятым 12 декабря 2015 г. 21-й сессией Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, зарубежные страны развивают собственные программы по развитию водородной энергетики, направленные на увеличение производства водорода, расширение использования топливных элементов и автомобилей на водородном топливе» В «Плане мероприятий» распоряжения российского правительства предусмотрена «разработка мер поддержки, стимулирующих внутренний спрос на водород и технологические решения

на основе его использования в сфере промышленного производства, энергетики и транспорта». Топливные элементы (ТЭ) с протонными полимерными мембранами являются средством эффективного использования водорода в автономной энергетике, транспорте и других портативных применениях. Ядром протоннообменного мембранного топливного элемента (ПОМТЭ) является мембранно-электродный блок (МЭБ): полимерный электролит с газодиффузионными и каталитическими слоями с обеих сторон. В ходе эксплуатации ПОМТЭ именно МЭБ является сменной частью. Водород является перспективным носителем энергии возобновляемых источников: полученный из расщепления воды, в электролизерах или фотоэлектрохимических ячейках, он может быть по необходимости превращен обратно в электричество в ТЭ. ПОМТЭ с низким внутренним сопротивлением, высокой компактностью и стабильностью – это привлекательная технология, оптимизированная в течение десятилетий, предоставляющая высокий коэффициент полезного действия, быстрое время запуска и низкие рабочие температуры. Между тем, в ПОМТЭ для выработки электроэнергии происходят электрохимическое окисление топлива, например, реакция окисления водорода (РОВ), и реакция восстановления кислорода (РВК). Благородные металлы высокоэффективны для РОВ и РВК. Однако для широкомасштабного

развертывания этих технологий преобразования энергии остро востребованы недорогие и доступные катализаторы, не содержащие благородных металлов. Металлоорганические координационные полимеры (МОКП) можно рассматривать как полимеризованные формы молекулярных катализаторов.

Они имеют несколько преимуществ в качестве электрокатализаторов – обладают значительной гибкостью дизайна, сверхбольшим отношением поверхности к объему и позволяют функционализацию мультивалентными лигандами и металлическими центрами. Оппоненты использования катализаторов на органической основе в работе ТЭ в качестве аргумента указывают на губительность кислородсодержащих радикалов для органики в процессе редокс процессов, особенно на катоде. Известно [M.K. Kadirov, A. Bosnjakovic, Sh. Schlick. J. Phys.Chem. B. 2005,109, 7664-7670], что эти радикалы портят не только каталитический слой, но деградируют и перфторированную полимерную мембрану по боковой цепи. Поэтому важен поиск и синтез катализаторов, работающих через четырехэлектронный механизм восстановления кислорода, максимально исключая образование перекиси водорода. А если какая-то часть исследуемых катализаторов упорно будет работать через двухэлектронный механизм, их можно рекомендовать к использованию для очистки воды от органических примесей. Комплексы природных пектиновых полисахаридов с ионами переходных металлов Ni(II), Co(II), Fe(II) и др. и их карбонизованные аналоги являются перспективными МОКП в качестве катализаторов для ПОМТЭ. Металлоорганические координационные пектиновые биополимеры (МОКПБП) обладают дополнительными достоинствами по сравнению с уже упомянутыми выше преимуществами МОКП, прежде всего, они дешевы и доступны, так как одним из главных исходных реагентов в их синтезе является пектин, продукт переработки вездесущих биологических отходов. Во-вторых, МОКПБП являются стабильными продуктами, прежде всего, стабильными в кислой среде, что немаловажно для применений в ПОМТЭ. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что главную углеводную цепь пектиновых полисахаридов составляют 1, 4-связанные остатки α -D-галактуроновой кислоты, комплексы с ионами переходных металлов которых образуют пространственную сетку с плотным расположением ионов металлов. Пиролиз МОКПБП по специальным протоколам отжига позволит модифицировать активные узлы. Комплексы природных пектиновых полисахаридов, которые являются стабильными биополимерами, нами впервые протестированы в качестве кандидатов на роль перспективных катализаторов РОВ и РВК.

Процесс образования воды из протонов, электронов и кислорода в водной среде происходит на катоде ТЭ и, поэтому, первоепенное значение приобретает растворимость кислорода в воде. Скорость РВК в ПОМТЭ ограничивается, главным образом, низкой растворимостью газообразного кислорода в воде и требуется почти на порядок больше платины (0.4 мг см^{-2}) на катоде, по сравнению с его количеством на аноде (0.05 мг см^{-2}) для достижения приемлемых характеристик ТЭ.

Поэтому большое внимание уделяется развитию металлоорганических катализаторов РВК с ионами металлов неплатиновой группы. Наши первые научные результаты

по катализаторам РВК из пектатов никеля [Kadirov, M., Minzanova, S., Nizameev, I. и др. Inorganic Chemistry Frontiers. 2018, 5, 780-784] являются обнадеживающими и основательные исследования с использованием координационных полимеров с другими ионами переходных металлов и карбонизованных МОКПБП позволят разработать перспективный класс неплатиновых катализаторов РВК для ПОМТЭ. Так как карбоксильные кислоты являются слабыми кислотами, они не могут сильно связывать ион переходного металла. По крайней мере, частично он будет уходить в мембрану Нафийон, которая является сильной кислотой, а сильные кислоты вытесняют металлы из их солей со слабыми кислотами.

Ресурсные исследования на стабильность разрабатываемых катализаторов позволят выбрать наиболее устойчивые каталитические системы. Ведь являются же платиноидные катализаторы примером стабильности, несмотря на слабую связь каталитических металлических узлов с углеродной подложкой при их высокой плотности по весу и высокую степень их агрегационной способности. Реакция окисления водорода на платино-углеродных катализаторах на анодной стороне, как уже отмечено выше, происходит эффективно и не имеет серьезных кинетических ограничений, как РВК на катоде. Но остаются проблемы дефицита благородных металлов и их высокой цены. Однако тот факт, что гидрогеназы катализируют РОВ так же эффективно, как это делают наночастицы платины, вдохновляет ученых на дизайн новых синтетических биомиметических анодных катализаторов без участия благородных металлов.

К сожалению, гидрогеназа портится в присутствии даже небольшого количества кислорода, что делает невозможным ее применение в реальных топливных элементах. Обнадеживающие результаты были получены в случаях, когда при синтезе будущих катализаторов использовался структурно-функциональный подход, т.е. приоритет отдавался функциям, выполняемым гидрогеназой, а не её структуре. Нами разработан [Kadirov, M., Karasik, A., Nizameev, I. et al. Energy Technology. 2018, 6,1088-1095] новый бисдифосфиновый катализатор для ПОМТЭ - 1,4-диаза-3,7-дифосфациклооктановый металлоорганический бислигандный комплекс никеля (II) $[\text{Ni}(\text{PPy}2\text{Np-Tol}2)_2]2+2[\text{BF}_4]^-$ на углеродной подложке Vulcan XC-72 $[\text{Ni}(\text{Py-p-Tol})/\text{C}]$. В ПОМТЭ, используя $\text{Ni}(\text{Py-p-Tol})/\text{C}$ на аноде и Pt/C на катоде, достигнута плотность мощности $14.66 \text{ мВт см}^{-2}$, являющаяся рекордной для металлоорганических катализаторов, содержащих только неблагородные металлы. За 8 лет после опубликованной группой Ого первой работы (Matsumoto, T., Kim, K., & Ogo, S. Angewandte Chemie International Edition. 2011,50, 11202-11205) по мощности ТЭ с металлоорганическим катализатором максимальная плотность мощности выросла в $14.66: 0.054 = 271$ раз, а до максимальных плотностей мощности платинового катализатора осталось примерно 30 раз.

Эти предварительные результаты придают уверенность в том, что дальнейший поиск и основательные исследования, несомненно, приведут к разработке более эффективных катализаторов РОВ и на базе металлоорганических каркасных структур.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122111000102-3

РАЗРАБОТКА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Итогом проекта станет разработанная технология по получению водорода путем пиролиза попутного нефтяного газа с конверсией не менее 60%.

Оформление прав на результат интеллектуальной деятельности (заявка на патент). Разработанная технология позволит получать прибыль из попутного нефтяного газа, существенная часть которого на сегодняшний день сжигается

факельным способом.

Назначение технологии направлено на получение дополнительного дохода в связи с утилизацией отходов нефтедобычи.

Потенциальным использованием разработанной технологии будет являться разложение природного газа до водорода, проектирование водородных заправок основой

которых станет разработанная технология. Побочный продукт в виде углерода может продаваться на предприятия, изготавливающие резину, искусственные алмазы, углеродистые трубки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122101200005-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НАКОПЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА

1. Цель НИР: — разработка математических моделей и программного обеспечения для инновационных пиролизных технологий генерации водорода из природного газа. — разработка эффективных катализаторов и органических носителей для безопасного хранения и транспортировки водорода. 3. Задачи и содержание НИР. Достижение поставленных целей базируется на решении следующих научно-технических задач. 4.1. Разработка математической модели термического разложения метана. 4.2. Разработка математических моделей химических, тепловых и газодинамических процессов, протекающих в газофазном реакторе генерации водорода. 4.3. Разработка новых аналитических и численных методов расчета химических, тепловых, газодинамических процессов, протекающих в газофазном реакторе; составление вычислительных алгоритмов и создание программных

пакетов для расчета указанных процессов. 4.4. Исследование влияния тепловых, массообменных и газодинамических параметров на процесс термического разложения метана в газовой фазе. 4.5. Определение допустимых пространственных градиентов температур, обеспечивающих надежность работы установки пиролиза метана, путем расчета квазистатических температурных напряжений. 4.6. Разработка методов синтеза нанесенных катализаторов для процессов прямого гидрирования и дегидрирования органического носителя водорода, способных сохранять активность в реакциях накопления и извлечения водорода не менее чем в 4-х циклах. 4.7. Установление взаимосвязи между физико-химическими характеристиками катализаторов и показателями их каталитической активности в процессах прямого гидрирования-дегидрирования жидкого органического носителя водорода в водородной среде.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122011100073-8

НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ БИЯДЕРНЫЕ КЛАСТЕРЫ МОЛИБДЕНА И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ N-ДОНОРНЫЕ ЛИГАНДЫ

В связи с глобальными проблемами климата, вызванными использованием неэкологического топлива, растет интерес к поиску новых источников энергии. В качестве такого источника может выступать молекулярный водород — экологически чистый вид топлива, при сгорании которого образуется единственный продукт — вода. В связи с чем актуальными являются исследования, направленные на поиск новых катализаторов для реакций разложения воды с образованием водорода. В качестве компонентов таких систем могут выступать полиоксометаллаты (ПОМ) — соединения, образованные тремя или более оксоанионами переходных металлов в высших степенях окисления, связанные между собой мостиковыми атомами кислорода. Их отличительной чертой является возможность обратимо принимать на себя электроны, что делает их перспективными катализаторами многих реакций, в том числе разложения воды. В литературе широко представлены методы функционализации полиоксометаллатов, включая координацию органических лигандов (образуя гибридные ПОМ), включение в различные органические и

неорганические матрицы и др. Однако работ, направленных на получение гибридных ПОМ, которые построены или содержат биядерные кластерные фрагменты MoV2 и органические лиганды (в особенности гетероциклические N-донорные), крайне мало. Поэтому настоящий проект направлен на разработку таких гибридных систем, которые, как ожидается, будут выступать в качестве перспективных катализаторов реакций получения молекулярного водорода из воды. Систематическое исследование систем, получаемых при варьировании исходных соединений и органических лигандов азольного и пиримидинового рядов, позволит определить закономерности образования определенных структур и их взаимосвязь с проявляемыми окислительно-восстановительными и люминесцентными свойствами. Полученные в ходе выполнения проекта результаты не только привнесут новые фундаментальные знания в область химии гибридных ПОМ, но и послужат основой для дальнейшего развития применения таких соединений в качестве компонентов каталитических систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122011300061-3

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ

Проект направлен на получение на базе фундаментальных радиохимических и радиационно-химических исследований исходных данных для: 1) разработки инновационных методов обращения с ОЯТ и РАО, обеспечивающих безопасное и поступательное развитие атомной энергетики и ядерной медицины, таких как: изучение комплексообразования, окислительно-восстановительных реакций радиоактивных элементов в различных состояниях окисления в растворах сложного состава с целью установления основных закономерностей, определяющих поведение вышеуказанных элементов в системах, имитирующих природные объекты; изучения фундаментальных аспектов взаимодействия радионуклидов группы трансурановых элементов и технеция

с биоорганическими молекулами для моделирования их поведения в окружающей среде, ядерном топливном цикле и в организме человека; разработки новых радиофармпрепаратов на основе биологически-активных соединений технеция и рения для ядерной медицины, квантово-химическое моделирование и подбор оптимальных параметров для процессов направленной доставки радионуклида в клетки; 2) создание прорывных радиационных (электронно-лучевых) технологий получения новых материалов с заданными свойствами и функциями, таких как: функциональные материалы (катализаторы, лекарства, удобрения и т.п.), содержащие наночастицы металлов и обладающие необычными физико-химическими свойствами;

3) создания новых высокоэффективных, экономически выгодных и конкурентноспособных технологий электронно-лучевой переработки биомассы и полимерсодержащих отходов в высококачественное топливо и химические продукты и разработки инновационных электронно-лучевых

технологий применительно к производственным процессам (сшивка синтетических каучуков в производстве шинной продукции; получение водорода и метан-водородных смесей при переработке нефтяных газов; стерилизация изделий медицинского назначения и т.п.).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОХИМИИ ИМ. А.Н. ФРУМКИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122120700054-0

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ

В настоящее время водородная энергетика, основанная на использовании электрохимических процессов, протекающих в топливных ячейках, все чаще рассматривается в качестве основного способа решения глобальных энергетических проблем. Указанный подход к производству энергии является экологически чистым, технологически безопасным и высокоэффективным, однако получение водородного топлива до сих пор осуществляется на основе высокотемпературной паровой конверсии невозобновляемых легких углеводородов, что приводит к повышению выбросов оксидов углерода в окружающую среду. Одним из наиболее перспективных процессов, призванных решить существующую проблему получения водорода из возобновляемых источников является воднофазный риформинг (aqua-phase reforming, APR), заключающийся в каталитическом преобразовании водных растворов углеводов и спиртов - основных продуктов переработки биомассы животного, растительного и бытового происхождения - в водород и простейшие алканы. Таким образом решается проблема не только получения водорода, но и выработки углеводородов, которые, в свою очередь, могут быть использованы для получения водорода путем паровой конверсии или в других областях человеческой жизнедеятельности, но уже в рамках так называемого нулевого углеродного цикла. Кроме того, процесс воднофазного риформинга не требует использования высоких температур и давлений, как в случае паровой конверсии метана, поэтому его аппаратное оформление существенно облегчается, в том числе и в экономическом смысле. К настоящему моменту разработаны катализаторы на основе благородных металлов (Pt, Pd и др.) и оксидных носителей (Al₂O₃, TiO₂ и др.), способных эффективно и высокоселективно ускорять процесс воднофазного риформинга, однако их активному и повсеместному применению препятствуют две основные проблемы - высокая стоимость и необходимость их частой регенерации по причине закоксовывания. В данном проекте предлагается разработка катализаторов на основе перовскитоподобных

сложных оксидов редкоземельных и d-элементов состава ABO₃ (где A = Y, La, Ce; B = Fe, Co, Ni), которые могут решить описанные выше проблемы, в частности данные вещества являются более предпочтительными с экономической точки зрения. Они проявляют высокую стабильность, а также могут быть регенерированы под действием внешних магнитных полей без необходимости полной остановки процесса риформинга и выгрузки катализатора. При этом их меньшая каталитическая активность по сравнению с катализаторами на основе благородных металлов компенсируется гибридным действием - поверхность таких катализаторов содержит не только значительное число кислотных центров для адсорбции промежуточных продуктов риформинга, но и атомы d-элементов (Fe, Co, Ni), на которых происходит разрыв связи C-C, а большая продолжительность работы без необходимости регенерации выравнивает меньшие значения конверсии. Однако катализаторы на основе указанных систем ABO₃ в настоящее время остаются практически неизученными, несмотря на наличие отдельных работ, в которых показана их сравнительно высокая активность и селективность в указанном процессе. Остается открытым широкий спектр вопросов от изучения процессов формирования подобных систем, определения их состава и строения до исследования конкретных параметров каталитической активности в процессе воднофазного риформинга. Поэтому в данном проекте предполагается проведение систематического исследования процессов формирования и особенностей каталитического поведения систем на основе перовскитоподобных оксидов в процессе воднофазного риформинга глицерина, а также выработка физико-химических основ получения указанных функциональных материалов. Практическим результатом работы станет получение каталитических систем на базе перовскитоподобных оксидов ABO₃ (где A = Y, La, Ce; B = Fe, Co, Ni), проявляющих высокую активность и селективностью по водороду, что позволит рассмотреть вопрос об их реальном использовании в качестве альтернативы катализаторам на основе благородных металлов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081800013-0

СОЗДАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ САМОСБОРКИ НАНОСЛОЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСФОЛИАЦИЕЙ СЛОИСТЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ И СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ

Проект направлен на получение водородного топлива экологически чистым и энергосберегающим методом из возобновляемых природных ресурсов с использованием солнечного света. Цель проекта состоит в научно обоснованной разработке и физико-химическом исследовании новых фотокатализаторов, способных за счет энергии поглощенного света эффективно инициировать реакцию выделения водорода из органических соединений, получаемых из биомассы. В рамках проекта планируется разработать методы внедрения молекул органических веществ из числа продуктов разложения биомассы (глюкоза, ксилоза, метанол) в межслоевое пространство слоистых оксидов, создать композитные фотокатализаторы за счет комплекса интеркаляционно/ионообменных реакций, а также путем эксфолиации слоистой структуры на монослои с последующей

самосборкой композита. Получение органо-неорганических производных протонированных форм перовскитоподобных соединений планируется проводить в условиях сольватермальных и сольватермально-микроволновых процессов. Интеркаляция воды и графтинг органических молекул в межслоевое пространство протонированных слоистых оксидов будут исследованы в водных растворах при различных условиях (концентрация, температура, pH, присутствие способствующих интеркаляции органических оснований). Такие подходы позволят существенно повысить фотокаталитическую активность за счет увеличения эффективной удельной поверхности катализатора и внедрения молекул субстрата в межслоевое пространство, которое может рассматриваться как отдельная реакционная зона. Смещение спектральной области действия фотокатализатора

в длинноволновую область, которое столь необходимо для использования солнечного света, будет достигнуто как путем катионного замещения в структуре слоистого оксида, так и путем создания композитов с фотоактивными частицами.

Эти подходы, уже зарекомендовавшие себя для повышения активности в реакции разложения воды, будут впервые применены для создания фотокатализаторов получения водорода из продуктов переработки биомассы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122090200005-3

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА НА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ H_2+CO (СИНТЕЗ-ГАЗА)

Синтез-газ – основной промежуточный продукт получения водорода для водородной энергетики и потенциальное экологически чистое топливо, которое может быть получено как из ископаемого, так и из возобновляемого сырья. Для его эффективного использования в распределенной электроэнергетике на базе современных газопоршневых энергоустановок необходимо установить требования к составу получаемого синтез-газа, прежде всего, по содержанию в нем водорода. Низкое содержание водорода делает синтез-газ малокалорийным, а слишком высокая концентрация водорода, детонационная стойкость которого в принятой метановой шкале принимается равной нулю (метановое число $MCH = 0$), может приводить к возникновению стука и необходимости работы энергоустановки в режиме дерейтинга (пониженной мощности). В нефте- и газодобывающих регионах синтез-газ, получаемый паровой или окислительной конверсией природных и попутных газов, может использоваться в качестве менее склонного к детонации и сажеобразованию по сравнению с сырым природным или попутным газом газомоторного топлива, что позволит сократить объем их факельного сжигания. Задача проекта – установить зависимость одной из основных

моторных характеристик синтез-газа – задержки его самовоспламенения, от его состава и определить оптимальное содержание в нем водорода. Методом самовоспламенения в замкнутом реакторе будет получена экспериментальная температурная зависимость задержки самовоспламенения синтез-газа различного состава в интервале температур 650–1000 К, соответствующем условиям возникновения нежелательного самовоспламенения (детонации) в двигателе внутреннего сгорания. Параллельно будет проведено кинетическое моделирование самовоспламенения синтез-газа в этих же условиях. Будет установлено влияние на задержку самовоспламенения примесей азота и углекислого газа, всегда присутствующих в составе реального синтез-газа. В результате выполнения проекта будет установлена зависимость детонационной стойкости (времени задержки самовоспламенения) синтез-газа от концентрации в нем водорода и других примесей. Это позволит установить допустимый и оптимальный составы синтез-газа, предназначенного для использования в качестве экологически чистого альтернативного топлива при производстве электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122041800095-0

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка технических требований/характеристик (в т.ч. эксплуатационных)/показателей, условий эксплуатации и применения экспериментально-демонстрационного комплекса включая определение основных параметров технологического экспериментально-демонстрационного комплекса в соответствии с параметрами технологических процессов экспериментальных установок; определение основного оборудования технологического экспериментально-демонстрационного комплекса; разработка требований к документации технологического экспериментально-демонстрационного комплекса; анализ потенциальных производителей и поставщиков оборудования, с учетом проработки возможности локализации производства комплектующих и оборудования на территории РФ; формирование технического задания

на создание технологического экспериментально-демонстрационного комплекса; разработка исходных требований на основные покупные комплектующие изделия с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков; определение оборудования и прочих ресурсов для штатной эксплуатации инфраструктуры. Результат работы – Техническое задание на создание технологического экспериментально-демонстрационного комплекса. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122112800008-7

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДНОГО И МЕТАНО-ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Объектами исследования в рамках НИОКР являются технологии получения водородного и метано-водородного топлива из природного газа. Будет выполнен анализ актуальной информации о современных существующих и разрабатываемых технологиях производства водорода и

метан-водородных смесей, получаемых из метана, с точки зрения технологической и экономической эффективности, а также выполнена систематизация и анализ методов хранения, направлений использования, и рыночной оценки перспектив спроса на указанные виды топлив.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122022400098-4

**ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ****МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКИМИ, ХИМИЧЕСКИМИ И**

Развитие научных основ для управления процессами синтеза функциональных и перспективных материалов с заданными свойствами металлотермическими, химическими и электрохимическими методами. Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость): 2022 Полученные порошки циркония с низким содержанием кальция перспективны для производства функциональных материалов специального назначения. Установленные закономерности сплавообразования Mo-W и Cr-Mo могут быть использованы для получения высокотемпературных конструкционных материалов, требующих высокой стойкости окислению при высоких температурах. Будут синтезированы новые двойные комплексные соединения с фенантролином и бипиридилом в качестве лигандов. Будут изучены их структура, свойства и исследовано их термическое разложение в окислительной, инертной и восстановительной атмосферах. Будет исследована морфологии продуктов термического разложения методами электронной микроскопии. Будут получены закономерности влияния первой и второй координационной сферы, на коэффициенты диффузии и кинетику переноса электрона для редокс пары Nd(III)/Nd(II) в хлоридных и хлоридно-фторидных расплавах. в солевых расплавах NaCl-KCl-NdF₃ и NaCl-KCl-NaF-NdF₃ будет изучена коррозия неодима и кобальта. Пленки интерметаллических соединений Co-Nd будут получены методами электрохимического синтеза. Будет использован квантовохимический анализ переноса электрона в неодим содержащих хлоридных модельных системах. 2023 Установленные закономерности влияния на пористую структуру металлотермических порошков тантала и ниобия условий получения и высокотемпературной термообработки будут использованы для оптимальной реализации поверхности анодов объемно-пористых конденсаторов. Порошки карбида хрома и карбида ниобия. Полученные карбиды хрома перспективны для производства функциональных материалов, требующих высокой стойкости к износу, коррозии и окислению при высоких температурах. Порошки карбида ниобия могут быть использованы в качестве прекурсоров для получения материалов электродов в Li-ионных и Na-ионных аккумуляторных батареях, электрохимических суперконденсаторах и катализаторах в

электрохимических реакциях, таких как выделение водорода. Металл-углеродные композиций будут синтезированы путем термолитического разложения двойных комплексных соединений в инертной атмосфере. Будет исследовано влияние состава прекурсоров и параметров термолитического разложения на свойства металл-углеродных композиций. Процессы сплавообразования при электроосаждении неодима на подложку из кобальта будут исследованы методами циклической вольтамперометрии и хронопотенциометрии с определением термодинамических свойств интерметаллических соединений кобальта с неодимом. Будут изучены анодные процессы при растворении сплава NdFeB и определены параметры для селективного растворения неодима. Будет осуществлен синтез покрытий и порошков интерметаллидов Co-Nd методом бестокового переноса, гальваностатическим и потенциостатическим электролизом. Методами квантовой химии будет исследован перенос электрона в неодим содержащих хлоридно-фторидных и фторидных модельных системах. 2024 Порошки двойных карбидов (Mo,W)xC. Полученные двойные карбиды перспективны для создания биметаллических катализаторов, обеспечивающих синергетический эффект в различных реакциях по сравнению с их монометаллическими аналогами. Будут получены данные о физико-химических свойствах первичных продуктов термолитического разложения соединений-предшественников. Оптимизированы условия получения биметаллических и металл-углеродных функциональных материалов. Металлотермические порошки ниобия и тантала с большой удельной поверхностью, перспективные для разработки энергонакопительных устройств нового поколения. С помощью гальваностатического, потенциостатического электролиза и метода бестокового переноса будут синтезированы интерметаллиды Cu-Nd разного состава в виде покрытий и порошков. Функциональных материалов на основе редкоземельных и редких тугоплавких металлов будут получены прецизионным легированием, методом бестокового переноса и электрохимического синтеза; Будут усовершенствованы методы учета поверхности электрода при квантовохимическом моделировании процессов переноса заряда в модельных системах, имитирующих расплавленные соли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123022100117-4

ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВОСТРЕБОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ – ЖИДКИХ БИОТОВАЛИВ, СУЛЬФАТИРОВАННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И ЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Красноярский край - один из регионов-лидеров в стране по площади лесного фонда, объемам лесовосстановления и лесозаготовок, выпуску пиломатериалов и пеллет, внедрению современных технологий и цифровизации отрасли [1]. Деревоперерабатывающие предприятия являются важными предприятиями Красноярского края. Однако и эта сфера сталкивается с экологическими проблемами. Одной из таких проблем является большие объемы отходов лесозаготовок, которые практически не используются (складируются или сжигаются). Использование данного источника природных органических веществ для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью – является актуальным и перспективным направлением, реализующим принцип «отходы-в-доходы». Кроме того, на территории Красноярского края (на границе г. Канск) находится крупнейшее хранилище лигнина (Полигон Канского биохимического завода), объем которого оценивается примерно в 2,5 миллиона тонн. Что также оказывает влияние на экологию региона. В настоящее время основным и самым востребованным продуктом из растительной биомассы является целлюлоза, которая находит

широкое применение в различных областях промышленности. Другие же полимеры биомассы - лигнин и гемицеллюлозы являются практически неиспользуемыми отходами производства, годовой объем выделения которых исчисляется миллионами тонн. Утилизация отходов деревоперерабатывающих предприятий путем их переработки в ценные продукты – давно назревшая проблема Красноярского края и других регионов Сибири. Поэтому, поставленная в рамках Проекта задача создания новых эффективных методов переработки древесных отходов в ценные химические продукты – жидкие биотоплива и биологически-активные сульфатированные полисахариды имеет высокую актуальность. В последние годы резко вырос интерес к разработке каталитических методов глубокой переработки возобновляемой растительной биомассы, которые являются более экономичными и экологически безопасными по сравнению с традиционными промышленными технологиями. Ежегодный прирост растительной биомассы намного превышает годовые потребности человечества в топливе и химических продуктах

[1, 2]. Лигноцеллюлозная биомасса состоит из основных компонентов - целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина [3, 4]. Указанные типы растительных полимеров сложным образом структурированы в растительных клетках и лигноцеллюлозная биомасса довольно устойчива к воздействию химических реагентов и ферментов [5-10]. В связи с этим, в традиционных процессах целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности применяются химически агрессивные и экологически опасные реагенты, повышенные температуры и давления, что повышает себестоимость и снижает конкурентоспособность биопродуктов. Традиционными катализаторами превращений биомассы являются коррозионно-агрессивные и экологически опасные минеральные кислоты (в частности, серная кислота). Проблемы их использования также связаны с протеканием побочных реакций и с трудностями выделения целевых продуктов и катализатора из реакционной среды. Использование твердых кислотных катализаторов решает задачу разделения продуктов и катализатора и повышает экологическую безопасность процессов переработки биомассы. Применение твердых катализаторов вместо растворенных позволит создать новые экономичные и экологически безопасные методы переработки древесной биомассы с получением биологически активных сульфатированных полисахаридов, фенольных соединений и лигнина и целлюлозных продуктов. Перспективные подходы к переработке лигнина в жидкие биотоплива, основанные на процессах каталитического гидрирования. Процессы деполимеризации лигнина осуществляются в присутствии металлических катализаторов (Pd/C, Ni-Ренея, Ni/C, Ni/Al₂O₃) [11,14,15,20,21] в среде восстанавливающего агента [10,12,14] и позволяют получить жидкие продукты, содержащие фенольные мономеры, димеры и олигомеры, и твердую холоцеллюлозу [21,23-26]. Источником водорода в данном процессе могут быть газообразный водород под давлением [11,17], водородно-донорные соединения (муравьиная кислота) [13], растворители (изопропанол, метанол) [10,25], а также сама компонента самой лигноцеллюлозной биомассы [12,13]. Наиболее распространенными растворителями являются спирты (метанол, этанол, пропанол, бутанол) и смеси вода/органический растворитель, такие как вода/диоксан и вода/этанол. Выходы жидких продуктов из лигнина, степень делигнификации и состав углеводной части сильно зависят от типа растворителя [16,19], химических добавок [18,21,22,28-32], и температуры реакции [16, 23, 26]. Выход жидких продуктов из лигнина и степень делигнификации обычно увеличивается при повышении температуры и полярности растворителя [19,25,27]. Присутствие кислот Бренстеда (например, H₃PO₄) [18], или кислот Льюиса, (например, Yb(OTf)₃), [22,33] увеличивает степень делигнификации и выход мономерных продуктов, что позволяет проводить восстановительное каталитическое фракционирование биомассы в более мягких условиях. Выход жидких продуктов из лигнина также зависит от природы лигноцеллюлозной биомассы, в качестве которой используются растения различных типов, в том числе лиственная (береза, тополь, бук и т. д.) и хвойная (сосна, ель и т. д.) древесина, а также травянистые растения (мискантус, кукуруза и т. д.). Жидкие продукты гидрирования лигнина (как нативного, так и технического) содержат химические продукты с высокой добавленной стоимостью - различные фенольные и ароматические соединения, которые можно использовать в качестве компонентов моторных топлив и востребованных химических продуктов, в частности для производства новых бисфенолов – перспективных компонентов экологически безопасных поликарбонатных пластиков и эпоксидных смол [34]. Актуальной задачей в этой области является разработка новых бифункциональных катализаторов, содержащих металлические и кислотные центры. Перспективным направлением использования полисахаридной составляющей древесной биомассы является синтез биологически активных сульфатированных гемицеллюлоз и целлюлозы. Природные сульфатированные полисахариды обладают различными

видами биологической активности: антикоагулянтной, антитромботической, антивирусной, антиоксидантной, противоопухолевой, противовоспалительной, антиатеросклеротической, антиадгезивной, антипептической, антиульцерогенной и антилипидемической и т.д. [35]. Эти свойства сильно зависят от структуры и состава полисахаридов [36]. Наиболее распространенным способом сульфатирования полисахаридов является использование токсичных серной или хлорсульфоновой кислот [37, 38]. В работе [39] сульфатировали курдлан для изучения его ингибирующего действия против вируса иммунодефицита человека. В работе [40] также использовался реагент хлорсульфоновая кислота-пиридин для сульфирования полисахаридов, выделенных из тыквы. Этот метод дал невысокие выходы до 11,5% и степени замещения (содержание серы 3,27%) сульфатированных полисахаридов, чем при использовании триоксида серы и пиридина. Смесь сульфаминовой кислота-пиридин также используется для сульфирования [41]. Этот метод дает более низкие степени замещения гидроксильных групп, чем методы с использованием комплексов «триоксид серы-пиридин» и «хлорсульфоновая кислота-пиридин», при выходе 91% мас. Целлюлозу также сульфатировали с использованием сульфаминовой кислоты в ДМФА при температуре 80°C [42]. Причем добавление мочевины, действующей в качестве основного катализатора, препятствует деградации полимера в процессе сульфатирования [43]. Сульфаминовую кислоту также использовали в работе [44] для сульфирования природных полисахаридов, выделенных из кукурузных отрубей. Важным преимуществом использования сульфаминовой кислоты является ее экологическая безопасность, отсутствие токсичности, низкая коррозионная активность, что открывает хорошие перспективы для ее применения в промышленных процессах получения сульфатированных полисахаридов. Сульфатированные полисахариды имеют значительный потенциал для применения в качестве фармакологически активных веществ и носителей для адресной доставки биологически активных веществ. Во многих работах по сульфатированию природных полимеров сульфаминовой кислотой в качестве основных катализаторов используется либо мочевина и ее производные [45, 46], либо жидкие органические основания [47, 48]. Эти методы синтеза сульфатов природных полимеров, несмотря на очевидную большую экологическую безопасность (в сравнении с традиционными методами), имеют один существенный недостаток. Он заключается в сложности выделения и регенерации растворимого катализатора процесса сульфатирования полисахаридов. Эта проблема может быть решена при подборе эффективного твердого катализатора для сульфатирования полисахаридов сульфаминовой кислотой. Новые направления переработки целлюлозных продуктов связаны с однореакторным каталитическим синтезом ценных мономерных соединений, например левулиновой кислоты (ЛК). Присутствие в ЛА как карбонильных, так и карбоксильных функциональных групп делает его базовой химической платформой для синтеза многих востребованных продуктов [49]. ЛА и его производные широко используются в фармацевтике, пищевой промышленности и органическом синтезе в качестве регуляторов роста растений, консервантов, стабилизаторов, ароматизаторов и т.д. Добавки эфиров ЛА повышают стабильность пластмасс и улучшают характеристики моторных топлив [10]. В данном проекте предполагается использование древесины березы и сосны в вышеописанных процессах. Древесина березы является низкосортной и применяется в основном для получения топливных брикетов и древесного угля. Береза — одно из самых распространенных в России лиственных деревьев. Особенностью химического состава его биомассы является высокое (до 30 мас. %) содержание гемицеллюлоз, состоящих в основном из ксилана [50]. Древесина сосны является одной из самых распространенных в Красноярском крае на ее приходится от 70 до 80 % всех лесозаготовок, а отходы таких процессов, как правило, не перерабатываются. Ожидаемые результаты по созданию

новых гетерогенно - каталитических методов переработки древесных отходов в жидкие биотоплива и сульфатированные

полисахариды соответствуют мировому уровню, достигнутому в этой области исследований

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123021200022-3

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Целью работы является разработка новых научно-технических решений и заделов для проведения дальнейших исследований по трем направлениям: по электрохимическим технологиям, по технологиям конверсии природного газа и горения метано-водородных смесей и в области разработки цифровых технологий для водородной энергетики. Для достижения поставленной цели на первом этапе работы решены следующие задачи: – Проведен аналитический обзор в области кинематики электрохимических ячеек. – Проведен аналитический обзор в области математических моделей переноса заряда при гетерогенном катализе. – Проведен аналитический обзор характеристик существующих материалов электролита. – Проведен аналитический обзор и разработаны методики математического моделирования процессов производства

водорода и горения метано-водородных смесей. – Разработан конструктивный облик (3d модели) метано-водородной горелки. – Разработаны требования к учебно-научным стендам для экспериментальных исследований процессов конверсии природного газа и горения метано-водородных смесей. – Проведен анализ параметров тепловой схемы теплотехнологического объекта, реализующего процессы преобразования природного газа в водородсодержащие газовые смеси с дополнительной выработкой электрической энергии. – Разработана архитектура программного обеспечения для расчета тепловых схем объектов энергетики и водородных технологий. – Разработаны и программно реализованы алгоритмы расчета элементов тепловых схем (на примере нескольких типовых элементов). – Разработан и реализован прототип интерфейса программного обеспечения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123012900034-7

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОВОДОРОДА ИЗ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ В ЦИРКУЛЯРНЫЕ БИОПРОЦЕССЫ

Проект направлен на увеличение удельного выхода и надежности промышленного производства биоводорода в процессе темновой ферментации агропромышленных отходов за счет оптимизации технологии предварительной обработки, регулирования состава и давления газа в свободном пространстве биореактора, стимулирования водородобразующих и ингибирования водородпотребляющих микроорганизмов, и оптимизации метаболических путей. Задачи проекта: Обосновать и оптимизировать условия предварительной обработки агропромышленных отходов различными методами, для обеспечения максимальной эффективности биоконверсии; 2. Выяснить влияние и механизм регуляции состава и давления свободного пространства биореактора на метаболический путь продукции водорода, выяснить взаимосвязь между концентрацией углекислого газа и образованием водорода, а также проанализировать механизм влияния состава свободного пространства биореактора на гомоацетогенных бактерий; 3. Скрининг высокоэффективных водородопroduцирующих микроорганизмов, выяснение механизма конкуренции между водородопroduцирующими и водородопотребляющими бактериями, и синергетического механизма между водородопroduцирующими бактериями; 4. Уточнить стратегию оптимизации метаболического пути продукции биоводорода и выявить механизм усиления гидрогеназной активности за счет наночастиц железа, никеля и других катализирующих добавок. Основные ожидаемые результаты 1. Аналитические обзоры по современному состоянию исследований и способам увеличения эффективности получения водорода из органических отходов в процессе темновой ферментации. 2. Отчет о проведенных патентных

исследованиях в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96. 3. Изоляты и консорциумы эффективных водородопroduцирующих микроорганизмов. 4. Оптимизированные условия предварительной обработки различных агропромышленных отходов, обеспечивающие максимальную эффективность биоконверсии 5. Данные о влиянии и механизме регуляции состава и давления свободного пространства биореактора на метаболический путь продукции водорода, о взаимосвязи между концентрацией углекислого газа и образованием водорода, о механизме влияния состава свободного пространства биореактора на гомоацетогенных бактерий, потребляющих водород. 6. Данные о механизмах конкуренции между водородопroduцирующими и водородопотребляющими бактериями, и синергетического механизма между водородопroduцирующими бактериями 7. Стратегия оптимизации метаболических пути продукции биоводорода и механизмы усиления гидрогеназной активности за счет наночастиц Fe, Ni и других катализирующих добавок. 8. Новые высокопористые ячеистые носители с нанесенным на поверхность железосодержащим порошковым катализатором для иммобилизации водородопroduцирующих бактерий (предполагается запатентовать способ получения нового носителя). 9. Данные о механизмах действия химических ингибиторов метаногенеза и гомоацетогенеза для максимизации выхода водорода из богатых целлюлозой агропромышленных отходов (предполагается запатентовать способ рекуперации ингибитора) К результатам интеллектуальной деятельности, полученным в рамках выполнения проекта, имеется потенциальная заинтересованность у Российских промышленных партнеров.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

2023

№ 123081800010-8

КОМПОЗИТНЫЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА И ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В настоящее время декарбонизации экономики и диверсификации источников энергии уделяется особое внимание. В связи с этим перспективным представляется разработка альтернативных источников энергии, например, водородной энергетики. Однако наиболее распространенные способы получения водорода – паровая конверсия метана, газификация угля и др. – требуют значительных энергетических затрат. В то же время, ежедневно на Землю поступает большое количество солнечной энергии, которая может быть использована для получения водорода. Преобразование солнечной энергии в энергию химических связей происходит в присутствии фотокатализаторов – полупроводниковых материалов, способных активироваться под действием светового излучения. Фотокаталитическое получение водорода возможно как из воды, так и из растворов или суспензий различных субстратов – в данном случае удаётся значительно расширить спектральный диапазон, в котором протекает реакция. Использование компонентов растительной биомассы в качестве субстратов позволяет получать водород только с использованием возобновляемых ресурсов – воды, солнечного света и биомассы. Еще одним преимуществом является возможность получать водород – источник энергии – в отдаленных или труднодоступных местах, без привязки к энергетической инфраструктуре. Фотокаталитическое получение водорода происходит при комнатной температуре и атмосферном давлении, что значительно снижает стоимость получаемого топлива. Однако эффективные фотокатализаторы для получения водорода из биомассы не разработаны. Широко используемым фотокатализатором является диоксид титана TiO₂, но его применение ограничено процессами под действием ультрафиолетового излучения. Эффективным способом расширения спектра действия TiO₂ является создание композитных фотокатализаторов на основе TiO₂ и узкозонных полупроводников. Новым перспективным материалом для фотокаталитических приложений является графитоподобный нитрид углерода g-C₃N₄, который благодаря своей энергетической структуре

является эффективным материалом для восстановления протонов с образованием водорода под действием видимого света. Преимуществом g-C₃N₄ по сравнению с традиционными фотокатализаторами, активными под действием видимого излучения – халькогенидами металлов, являются отсутствие токсичности и химическая стабильность. Существенный недостаток заключается в быстрой рекомбинации фотогенерированных зарядов в немодифицированном g-C₃N₄. Данный проект нацелен на решение фундаментальной проблемы – разработка фотокатализаторов на основе традиционного TiO₂ и нового перспективного материала g-C₃N₄ для процесса получения водорода из компонентов растительной биомассы под действием солнечного излучения. Для решения поставленной задачи будут синтезированы композитные фотокатализаторы на основе g-C₃N₄ и TiO₂; исследовано влияние сокатализаторов – платины, оксидов меди – на активность и селективность фотокатализаторов. Будет проведено исследование строения и свойств полученных материалов, сформулированы подходы к синтезу эффективных фотокатализаторов. Фотокатализаторы будут охарактеризованы комплексом методов анализа (рентгенофазовый анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения и др.) до и после фотокаталитической реакции, что позволит определить структуру фотокатализатора и изменения структуры, происходящие в ходе реакции. Для определения наиболее перспективных фотокатализаторов активность полученных образцов будет исследована в процессе образования водорода из водного раствора глюкозы. Отличительной особенностью проекта является исследование активности фотокатализаторов в процессе получения водорода из нерастворимого компонента биомассы – целлюлозы. В качестве источников излучения будут использоваться светодиоды с излучением в видимом диапазоне (400-430 нм), а также уникальный источник излучения «Pico» (G2V Optics) с высокой точностью имитирующий солнечное излучение (350-1100 нм).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123062100030-2

ОТ БЕЛОГО К ЧЕРНОМУ - НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТНОГО ФОСФОРА ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий проект направлен на получение новых функциональных материалов на основе элементного фосфора для применения в качестве катализаторов процессов генерирования молекулярного водорода путём электрокаталитического разложения воды, а также восстановления углекислого газа с образованием практически полезных органических производных (метан, метанол и другие), которые могут быть использованы в качестве компонентов топливных элементов и альтернативных источников энергии. В ходе выполнения проекта «От белого к черному - новые функциональные материалы на основе элементного фосфора для каталитического и энергетического применения» будут получены новые материалы на основе элементного (белого и черного) фосфора путем его введения в различные химические процессы функционализации с участием высокореакционноспособных органических (свободные органические радикалы, карбены, нитрены и другие), неорганических (наноразмерные металлы 9 и 10 групп), а также металлокомплексных (металлоорганических сигма-комплексы, комплексы металлов подгруппы кобальта и никеля) соединений. Для получения наноразмерных

катализаторов на основе черного фосфора будет проведено его расслоение на отдельные монослои или фрагменты, состоящие из нескольких слоёв фосфорена (малослойный черный фосфор, FLBP), которые будут функционализированы при использовании предлагаемых в проекте органических, неорганических и элементоорганических производных. Полученные функциональные производные будут протестированы в качестве катализаторов процессов электро- и фотокаталитического расщепления воды и получения молекулярного водорода, а также в процессах восстановления диоксида углерода. В проекте предполагается разработать новые высокоэффективные и ресурсосберегающие методики получения черного фосфора из элементного белого и красного фосфора при использовании как классических, так и электрохимических методов синтеза, которые отлично зарекомендовали себя в процессах получения различных типов металлокомплексных катализаторов и практически востребованных органических и элементоорганических соединений. В рамках развития данного направления особое внимание будет уделено процессам активации и селективной функционализации молекулы белого фосфора, включая

процессы металлокомплексной активации и трансформации молекулы P4. Особое внимание будет уделено исследованию механизма данного процесса и природы полифосфорных интермедиатов, способных приводить к образованию двумерных полифосфорных фрагментов, представляющих собой монослои фосфорена. Для разработки методов функционализации фосфорена и малослойного черного фосфора с целью получения органических и неорганических производных, способных катализировать процессы электро- и фотокаталитического расщепления воды и генерирования водорода, а также восстановления углекислого газа, планируется исследовать модельные реакции активации и функционализации полифосфорных производных и разработать эффективные процессы образования связей

фосфор-углерод и фосфор-элемент, протекающие с раскрытия связей фосфор-фосфор рассматриваемых в проекте полифосфорных соединений. Предлагаемые исследования являются новыми, актуальными и ранее не рассматривались современными учеными как Российской Федерации, так и ведущих мировых научных центров в рамках предложенных в настоящем проекте методов и подходов к функционализации элементного (черного, белого) фосфора при использовании высокореакционноспособных органических и элементоорганических производных, а также в качестве высокоэффективных каталитических систем для процессов получения водорода из воды и восстановления углекислого газа до практически востребованных высокоэнергетических органических производных.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123053100056-0

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ГЛЮКОНОВОЙ/ГЛЮКАРОВОЙ КИСЛОТ И ВОДОРОДА ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ ИЗ БИОМАССЫ

Проект направлен на получение новых научно-исследовательских результатов, позволяющих разработать и вывести на рынок технологию мирового уровня получения глюконовой/глюкаровой кислот и водорода путем окисления глюкозы из биомассы, с использованием двух- и трехкомпонентных палладий- и никельсодержащих катализаторов для обеспечения импортонезависимости РФ. Будут получены научные и научно-технические результаты, связанные с разработкой перспективных катализаторов с различным стехиометрическим составом для получения высокоценных продуктов из глюкозы жидкофазным и электрокаталитическим методом. Преимущество получения водорода электролитическим методом заключается в том, что электролитический процесс происходит по пути окисления глюкозы, сначала в глюконовую кислоту, а затем в глюкарговую кислоту, с попутным выделением высококачественного

водорода. В свою очередь глюконовая кислота является ценным продуктом переработки глюкозы, используемым в пищевой, фармацевтической, текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности. Глюкарговая кислота является «соединением с высокой добавленной стоимостью», так как применяется в производстве биоразлагаемых полимеров, детергентов и в качестве комплексообразователя металлов. С применением жидкофазного и электрокаталитического метода возможно получать целую группу ценных производных из глюкозы. В результате реализации проекта будут получены новые катализаторы и предложены методические рекомендации по реализации процесса получения глюкозы из биомассы и ее окисления до ценных химических продуктов (глюконовой, глюкарговой кислот и водорода) в промышленных условиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123020400057-6

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПЛАТИНО-ТИТАНОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОСТАТОЧНОГО АММИАКА: МОДИФИКАЦИЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ

Каталитическое окисление аммиака является важнейшим с промышленной точки зрения процессом. При высоких температурах (>600°C) окисление аммиака проводят для получения азотной кислоты, тогда как при более низких температурах селективное превращение NH₃ в экологически безопасный молекулярный азот представляет интерес для нейтрализации остаточного аммиака в выхлопных газах дизельных двигателей, тепло- и электростанций, сжигающих уголь или биотопливо, а также установок регенерации промышленных катализаторов. Другим важным прикладным аспектом является потенциал применения аммиака в качестве энергоносителя мобильных установок и транспортных средств. Разложением NH₃ может быть получен водород, используемый как экологически чистое топливо, однако, при этом возникает необходимость утилизировать остаточный в системе аммиак, например, путем каталитического селективного окисления. Катализаторами окисления аммиака, как правило, выступают системы на основе платины, которые характеризуются высокой активностью при температурах ниже 300°C, однако демонстрируют умеренную селективность по азоту (60–70%). Необходимость повышения селективности платиновых катализаторов по N₂ стимулирует проведение дальнейших исследований, направленных на изучение механизма низкотемпературного окисления аммиака и установление природы и роли поверхностных интермедиатов при проведении реакции в условиях избытка кислорода в реакционной смеси. На сегодняшний день установлено, что каталитические свойства платиновых

катализаторов в низкотемпературном окислении аммиака определяются совокупностью факторов, включающих размер частиц платины, её зарядовое состояние, степень взаимодействия с носителем, а также кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства самого носителя. Традиционно для окисления аммиака используют частицы платины, закрепленные на поверхности оксида алюминия. Однако ранее, в рамках задела по данной работе, нам удалось показать, что использование в качестве носителя оксида титана позволяет стабилизировать металлическое состояние платины за счет взаимодействия с носителем. Подобная стабилизация металлических частиц платины, устойчивых к окислению, приводит к повышению каталитической активности. Также известно, что модификация кислотно-основных свойств поверхности оказывает заметное влияние на каталитические характеристики платиновых катализаторов в реакции окисления аммиака, включая селективность по N₂. При контролируемом допировании платиновых катализаторов различными кислотными и основными добавками происходит перераспределение кислотных центров различной силы, что оказывает влияние на адсорбционные свойства поверхности, а также распределение продуктов селективного окисления аммиака. Целью данного проекта является разработка платина-титановых катализаторов нейтрализации остаточного аммиака высокоэффективных в области температур ниже 400°C. Основное направление работы заключается в поиске путей модификации свойств поверхности катализаторов для повышения селективности

реакции окисления аммиака по молекулярному азоту. Работа будет включать: 1) модификацию кислотно-основных свойств катализаторов путем допирования поверхности носителя кислотными или основными добавками, а также проведение гидротермальных и восстановительных обработок; 2) проведение физико-химического охарактеризования образцов структурными и спектральными методами; 3) исследование каталитической активности систем в

реакции окисления аммиака; 4) установление эволюции адсорбированных форм и поверхностных интермедиатов реакции окисления аммиака в зависимости от температуры реакции с применением метода ИК-Фурье спектроскопии в режиме in situ. Полученные в результате выполнения проекта данные позволят установить корреляцию между кислотно-основными свойствами поверхности катализаторов и их каталитическими характеристиками.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123102500059-2

РАЗРАБОТКА, НАРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА. ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ НА МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА НА СТЕНДЕ-ДЕМОНСТРАТОРЕ

Цель НИР: – разработка эффективных катализаторов пиролиза природного газа, их изготовление и экспериментальное исследование; – испытания катализаторов гидрирования-дегидрирования на модельных системах жидких органических носителей водорода (ЖОНВ) на стенде-демонстраторе. Задачи и содержание НИР: Достижение поставленных целей базируется на решении следующих научно-технических задач. 4.1 Обзор научно-технических, нормативных и патентных литературных источников в области катализаторов пиролиза природного газа, выбор

приоритетных направлений исследований. 4.2 Разработка методов получения катализаторов пиролиза природного газа. 4.3 Изготовление экспериментальных образцов катализаторов пиролиза природного газа. 4.4 Проведение экспериментальных исследований изготовленных катализаторов на установке пиролиза природного газа. 4.5 Разработка методов синтеза и исследование катализаторов для реакций накопления и извлечения водорода в процессах прямого гидрирования-дегидрирования ЖОНВ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123030700009-1

ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: НАНОАРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ

Целью проекта является развитие методов синтеза гибридных наноструктурированных материалов на основе природных объектов (алюмосиликатные нанотрубки галлуазита, волокна микрофибриллярной целлюлозы) для альтернативной энергетики. Исследования будут проводиться в рамках концепции максимального использования доступных в Российской Федерации природных наноматериалов и использования процессов самосборки нано- и микроструктур, что будет облегчать масштабирование разработанных методов получения материалов и способствовать их скорейшему внедрению в промышленные процессы. Природные наноматериалы будут использованы в качестве как матриц, так и добавок к полимерным матрицам для получения функциональных и конструкционных материалов различного назначения: многофункциональных композитных материалов, терморегулирующих добавок, катализаторов для альтернативной энергетики (например, гидродеоксигенация

компонентов переработки возобновляемого сырья, изодепарафинизация продуктов гидрооблагораживания бионефти), фотокатализаторов получения водорода, супергидрофобных покрытий для процессов фазового разделения, носителей газовых гидратов, а также для очистки и дезинфекции вод. В ходе исследования будут созданы новые функциональные гибридные материалы; будут исследованы их физико-химические характеристики, механические свойства, каталитическая и фотокаталитическая активность. Отдельное внимание будет уделено построению корреляций «структура – свойство». В ходе выполнения проекта будут также разработаны подходы к созданию композитных конструкционных материалов различного назначения, иерархически армированных на микро- и наномасштабе неорганическими частицами и функциональными добавками (микроволокна, алюмосиликаты).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА»

№ 123051500091-3

ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью решения больших (фронтирных) инженерных задач по разработке и ускорению масштабирования технологий получения и использования водорода, в том числе за счет проведения глубокого и полного цифрового инжиниринга, в интересах высокотехнологичных энергетических отраслей промышленности и обеспечения импортозамещения, технологического суверенитета и национальной безопасности в условиях мобилизационной экономики. В решении таких задач заинтересованы лидеры российского энергетического комплекса: Госкорпорация «Росатом» (г. Москва), ПАО «Газпром нефть» (г. С.-Петербург), ПАО «Татнефть» (г. Альметьевск), НК «Роснефть» (г. Москва), ПАО «Лукойл» (г. Москва), АО «Силовые машины» (г. С.-Петербург), ПАО «Северсталь» (г. Череповец). Также эти

предприятия заинтересованы в специалистах, способных осуществлять инжиниринг водородных энергетических систем. Водород – признанный наиболее перспективный энергоноситель самого широкого спектра использования: от питания бытовых приборов до обеспечения крупных энергосистем. Это единственный источник энергии, не создающий экологических последствий, один из наиболее эффективных химических аккумуляторов энергии. В рамках проекта, в первую очередь, предусмотрена разработка именно низкоуглеродного способа получения водорода с использованием оригинальной технологической схемы сочетания возможностей АС и промышленного химического синтеза, позволяющей наиболее квалифицированно использовать все имеющиеся ресурсы энергии, включая трудноутилизуемые с максимальным коэффициентом

передачи всех видов энергии. Получение водорода другими способами не позволяет достичь сравнимых результатов по суммарному углеродному следу. Решение фронтальной задачи по созданию и построению водородной энергетики РФ позволит осуществить полномасштабное и глобальное лидерство российских энергетических компаний на водородном рынке, а также стать передовой страной в области энергоперехода и расширить спектр экспортной продукции. Технологическое совмещение ВТГР с химико-технологическим комплексом получения водорода обеспечит прорывные недостижимые ранее показатели и преимущества энергетической продукции, обеспечит лидирующие позиции как машиностроительной продукции, так и поставляемым энергоресурсам. Идеология построения цифровых двойников позволит разработать кратчайшую траекторию достижения требуемых технических параметров всех компонентов основного и вспомогательного оборудования с бесшовной технологией постановки агрегатов и аппаратов в производство. В проекте впервые в мировой практике будет реализована химико-технологическая система использования тепловых ресурсов нового высокотемпературного газоохлаждаемого реактора (ВТГР) для производства водорода по оригинальной технологической схеме на отечественных катализаторах. Разработка ведется на основе технологии цифрового двойника с целью масштабирования решений и оптимизации всего жизненного цикла компонентов и технических решений, включая не только производство и эксплуатацию, но и дальнейшее техническое развитие. В рамках проекта будут восстановлены технологические компетенции по разработке и проектированию передовых химических технологий, практически полностью утраченные в РФ за последние десятилетия. Проект можно разделить на несколько этапов: Этап 1. Разработка технологического оборудования существующих методов получения водорода пилотного масштаба с использованием отечественных материалов, в том числе катализаторов, что позволит исследовать проблемные зоны процессов и сформировать отечественную базу знаний. Реализация экспериментальных установок перспективных технологий. Этап 2. Подбор и обоснование наиболее эффективных параметров и сопутствующих материалов для исследуемого процесса получения водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

Создание элементов отечественной базы знаний. Этап 3. На основе сформированной базы знаний создание уникальных цифровых мультидисциплинарных моделей процессов получения водорода, что позволит повысить скорость проведения тестовых испытаний, обнаружить наиболее стрессовые технологические места и пр. Создание базовой версии отечественного программного комплекса для решения технологических задач водородной энергетики. Этап 4. Имплементация инновационных отечественных промышленных технологий получения водорода в машиностроительные проекты промышленных партнеров. Полученные результаты способствуют импортозамещению в части отечественных технологий водородной энергетики. Так, на глобальном уровне, большинство методов получения и использования водорода находится на научно-исследовательской стадии. Прорыв в этой области позволит стать мировым лидером и диверсифицировать продуктовую экспортную линейку РФ. Совместно с промышленным партнером будет выполнено поэтапное масштабирование установок получения водорода с полным спектром инженеринговых задач, включая создание и обеспечение синергии математических моделей: гидродинамических, тепловых, термодинамических, диффузионных, прочностных, вибрационных и прочих процессов в рамках водородных энергетик, а также создание уникальных новых материалов для применения в нестандартных и зачастую агрессивных технологических условиях получения и использования водорода. Результатами проекта должны стать: 1. Энергоэффективная инновационная технология получения водорода с использованием отечественного оборудования и катализаторов; 2. Компетенции в цифровом инженеринге технологий получения водорода и родственных процессах: математическое и компьютерное моделирование сложного оборудования, конструирование оборудования; оптимизация технологических процессов, моделирование каталитических процессов; 3. Компетенции в проектировании технологических процессов получения водорода и родственных процессов и основного технологического оборудования; 4. Технологическая независимость от иностранных лицензиаров и национальная безопасность РФ в области водородных технологий.

№ 123020600113-7

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СКРИНИНГУ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ ГИБРИДНЫМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА

В настоящее время практически все высокотехнологичные химические процессы в промышленности осуществляются с помощью катализаторов. При этом доля импортных катализаторов постепенно стала достигать до 70%, а для некоторых отраслей промышленности наблюдается критическая стопроцентная зависимость от иностранных поставщиков. Поэтому в условиях общепромышленного импортозамещения чрезвычайно важно производство конкурентноспособных отечественных катализаторов. Многочисленные исследования показали, что использование каталитических систем на основе полиоксометаллатов – полиядерных комплексов, структурной основой которых являются атомы переходных металлов (Mo, W, V, Nb, Ta), связанные через мостиковые атомы кислорода – дает наиболее выдающиеся результаты в таких приложениях, как фото- и электрокаталитическая генерация водорода, эпосидирование алкенов, фотоэлектрохимическое восстановление диоксида углерода, жидкофазное селективное окисление алкенов и др. Однако нерешенной проблемой, препятствующей крупномасштабному применению полиоксометаллатов в качестве катализаторов, является их относительная лабильность в растворах, которая оказывает существенное влияние на каталитическую активность и

приводит к образованию целого набора продуктов, которые зачастую трудно разделить и идентифицировать из-за близости их химического поведения и отсутствия референсных спектральных данных для индивидуальных компонентов. При этом информация о составе всех компонентов в смеси важна как для понимания механизма процесса получения катализатора, так и с точки зрения выстраивания стратегии проведения синтеза комплексных полиоксометаллатов, обладающих наибольшей каталитической активностью. Это обуславливает необходимость создания целого комплекса аналитических методик, обеспечивающих идентификацию компонентов смесей неорганических комплексов в растворе. Конкретной научной проблемой, на решение которой направлен проект является разработка методологии скрининга и определения состава многокомпонентных смесей полиоксометаллатов. Реализация данного проекта позволит российскому материаловедению перейти к разработке новых каталитически активных материалов и захватить лидерство в ряде критически важных областей, что приведет к повышению экономической безопасности России за счет создания конкурентноспособных отечественных катализаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123113000068-5

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАТАЛИЗАТОРА ОРТО-ПАРА КОНВЕРСИИ ВОДОРОДА, ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИКЛА СЖИЖЕНИЯ ВОДОРОДА, РАБОТАЮЩЕГО НА СМЕСЕВОМ ХЛАДАГЕНТЕ

Цель работы – исследование гидравлических характеристик катализатора орто-пара конверсии водорода, исследование параметров предварительного охлаждения цикла сжижения водорода, работающего на смесевом

хладагенте. Результаты НИР будут необходимы для создания на основании современных подходов и лучших практик технологического решения повышенной эффективности по предварительному охлаждению цикла сжижения водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123121500050-0

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНИНА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНВЕРТОРОВ

Целью НИР является разработка научных основ комплексной переработки лигнина в водород с использованием микроволнового излучения (МВИ) и пористых каталитических керамических конвертеров. Оздоровление окружающей среды путем переработки накопленных техногенных отходов является чрезвычайно важной задачей химической индустрии наших дней. В рамках данной проблемы перспективным представляется утилизация гидролизного лигнина с получением синтез-газа и углеродного материала, проявляющего активность в адсорбции различных токсикантов. Лигнин образуется в качестве побочного продукта на гидролизных заводах при переработке растительного сырья (в том числе древесной

щепы) для производства этанола, кормовых дрожжей, фурфурола, ксилита и других продуктов. На гидролизных и биохимических заводах лигниновые отходы, как правило, вывозятся в отвалы, что приводит к загрязнению больших территорий. Отходы гидролизного лигнина в России составляют десятки миллионов тонн и сопоставимы с отходами лесопиления и деревообработки. Применение микроволнового излучения для пиролиза лигнина позволяет достигать степень извлечения водорода свыше 90%, а использование каталитических конвертеров для переработки побочных продуктов пиролиза лигнина - метана и диоксида углерода - позволяет получать водород из лигнина с селективностью, превышающей 95 %.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123052500008-8

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ И ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Прикладные исследования и разработки в области физики и химии низкотемпературной плазмы в направлениях экологически чистой энергетики и переработки отходов обеспечивают научно-технологический задел для применения плазменных методов в направлениях науки и техники, нацеленных на улучшение экологической ситуации в РФ и повышение качества жизни населения. В рамках НИОКТР будут проводиться исследования направленные на фундаментальную и методологическую поддержку наиболее актуальных прикладных исследований и создать задел в понимании механизмов плазменных процессов. В частности, будут выполнены научно-исследовательских и опытно-

конструкторских работ в целях разработки технологических процессов и оборудования для создания заводов плазменной переработки отходов, обеспечивающих безотходную технологию утилизации отходов с минимизацией их влияния на окружающую среду; также будут выполнены научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для создания основ плазменно-каталитической и плазменно-расплавной технологий пиролиза природного газа для крупномасштабного производства водорода с использованием тепла ВТГР в качестве основного источника энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 123120600156-1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Получение водорода пиролизом природного газа с применением катализаторов повышенной устойчивости к примесям в сырье. Для перехода к низкоуглеродной экономике в процессе крупнотоннажного производства водорода необходимо улучшение имеющихся технологий получения водорода из природного газа, которое может быть реализовано за счет разработки и применения усовершенствованных каталитических систем и создания метода экспресс-скрининга их каталитической активности на проточной по газу установке уровня готовности технологии УГТ-3. Традиционно для получения водорода из природного газа применяются следующие технологии: риформинг, пиролиз и газификация углеродосодержащего сырья, а также электролиз воды. Каталитический пиролиз отличается жесткостью условий

реализации, что накладывает дополнительные требования на структуру и свойства используемых катализаторов, при этом присутствующие в сырье серосодержащие соединения оказывают пагубное влияние на каталитически активные центры контактов. Катализаторы, имеющие устойчивость к подобному классу соединений, выгодно отличаются от аналогов. В работе предлагается разработка и изготовление многофункциональной установки каталитического пиролиза природного газа, а также разработка методик приготовления и тестирования каталитической активности систем, имеющих повышенную устойчивость к примесям сырья. Полученные каталитические системы позволят обеспечить продолжительную непрерывную работу установки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123051200006-0

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АРКТИКЕ ПЕРЕРАБОТКОЙ НА ЦЕОЛИТАХ И СМЕШЕНИЕМ С ПРИСАДКАМИ

На сегодняшний день в Российской Федерации реализуется ряд проектов, направленных на экономическое, научное и военное освоение северных территорий и Арктики. Успешная реализация крупных инфраструктурных проектов в Арктике невозможна без обеспечения техники и генераторов энергии качественными, экологически чистыми горюче-смазочными материалами, способными эффективно работать в условиях экстремально низких температур, характерных для арктических широт. В случае северных и Арктических территорий, в связи с их транспортной труднодоступностью принципиально важна возможность производства топлива по месту, на малотоннажных, автономных установках, т.к. доставка в отдаленные районы кратно увеличивает стоимость топлива. Вместе с тем, расположенные на данных территориях нефтегазодобывающие предприятия, обладают значительными ресурсами углеводородного сырья. На нефтяных месторождениях распространенной практикой является разделение добываемой нефти на топливные фракции атмосферной перегонкой, с целью использования для собственных нужд предприятий. Однако стоит отметить, что прямогонное углеводородное сырье обладает неудовлетворительными эксплуатационными характеристиками – прямогонные дизельные фракции, из-за входящих в их состав *n*-парафинов, теряют свою текучесть даже при относительно небольших отрицательных температурах (порядка -5 °С). Использование прямогонного углеводородного сырья, без улучшения эксплуатационных характеристик по средствам смешения с присадками или переработки, в качестве моторного или энергетического топлива не представляется возможным. Анализ литературных источников с целью поиска решений, обозначенных препятствий для использования прямогонного углеводородного сырья в качестве моторного или энергетического топлива показывает, что наибольшее распространение для улучшения низкотемпературных свойств прямогонных дизельных топлив нашли следующие методы: использование депрессорных присадок; вторичная переработка в процессе каталитической депарафинизации. Использование депрессорных присадок для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив получило наибольшее распространение. Данный метод является наиболее экономически целесообразным. Основным недостатком данного метода является то, что состав дизельного топлива существенно влияет на эффективность действия депрессорных присадок и в некоторых случаях может сделать присадку абсолютно неэффективной. Каталитическая депарафинизация позволяет значительно улучшить низкотемпературные свойства дизельных топлив, при этом процесс характеризуется высоким выходом (порядка 95-98%). Однако несмотря на высокую эффективность процесса, присутствует и ряд недостатков – в процессе используется дорогостоящий, катализатор на основе благородных металлов, зарубежного производства, крайне чувствительный к каталитическим ядам, в связи с чем сырье депарафинизации должно быть в обязательном порядке гидроочищено. То есть, строительство установки депарафинизации потребует строительства дополнительной установки гидроочистки. Реализация обоих процессов невозможна без водородсодержащего газа высокой чистоты, следовательно, потребуются строительство установки получения водорода. Таким образом, реализация процесса депарафинизации требует значительных капитальных и операционных затрат. Строительство автономных, малотоннажных установок, что крайне важно для проектов в Арктике, представляется практически невозможным. В последние годы в нефтеперерабатывающей промышленности все большую популярность набирают

цеолитные катализаторы. Данные катализаторы являются недорогими, при этом характеризуются высокой активностью, селективностью и стойкостью к действию каталитических ядов. Многие годы цеолиты использовались в производстве катализаторов только в качестве носителей для благородных металлов, однако известно, что цеолиты сами по себе проявляют активность и селективность в отношении реакций изомеризации, крекинга и олигомеризации органических молекул. Каталитическая переработка на цеолитах не потребует использования водородсодержащего газа, может быть реализована в малотоннажном и автономном исполнении. Также стоит отметить, что найденные в литературе решения, предлагают получение только одного вида топлива, в то время как любое нефтегазодобывающее предприятие, как и в целом инфраструктура отдаленных и Арктических территорий нуждается в целом комплексе энергетических и моторных топлив. Решением обозначенной проблемы станет разработка комплексной технологии получения моторных топлив для использования в Арктике переработкой различного углеводородного сырья на цеолитных катализаторах и смешения с депрессорными присадками. Результаты проведенных научных коллективом исследований показали, что переработка прямогонных дизельных топлив на цеолите позволяет получить продукт, не застывающий при температуре -70 °С. Также были выявлены закономерности влияния состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных присадок и установлены вещества (тяжелые фракции, *n*-парафиновые фракции, нефтяные смолы), добавление которых в небольших концентрациях позволяет усилить эффективность действия депрессорных присадок (в отношении предельной температуры фильтруемости на 10-15 °С). Кроме того, результаты исследований научного коллектива, свидетельствуют о том, что продукт, получаемый при переработке прямогонных дизельных фракций на цеолитном катализаторе, характеризуется широким фракционным составом (пределы выкипания 30-360 °С), что делает его перспективным для разделения и получения целого комплекса моторных топлив – широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), бензинов, реактивных топлив/керосина, дизельных топлив. Комплексная технология получения различных топлив отвечает потребностям добывающих предприятий и инфраструктуры отдаленных и Арктических территорий: ШФЛУ может быть использована для обеспечения энергией и теплом производственных помещений; бензины – для обеспечения топливом автомобильного транспорта; реактивные топлива/керосины – для обеспечения топливом вертолетного транспорта; дизельные топлива – для обеспечения топливом тяжелого транспорта и дизельных электрогенераторов. Разработанная комплексная технология получения моторных топлив для использования в Арктике переработкой на цеолитах и смешением с присадками найдет свое применение на нефтегазодобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях, нефтебазах, автономных станциях смешения нефтепродуктов, в профильных научных и образовательных организациях, в корпоративных научно-производственных лабораториях, предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Особенно актуальны результаты проекта будут для инфраструктуры и нефтегазодобывающих предприятий, расположенных в отдаленных, северных районах, в Арктике. Использование разработанной технологии позволит автономно, на малотоннажных установках вырабатывать весь комплекс необходимых моторных топлив (широкая фракция легких углеводородов, бензин, реактивное топливо/керосин, низкозастывающее дизельное топливо).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123090600027-0

ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ОКСИДНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

Цель работы заключается в разработке катализаторов для пиролиза метана с получением углеродного материала и водорода. В работе поставлены следующие задачи: - Анализ мирового опыта разработки катализатора для разложения метана с обоснованием выбора состава катализатора и способа и технологического режима его приготовления. - Приготовление макетных образцов катализатора для разложения метана с использованием метода механохимической активации оксидных предшественников; - Изучение физико-химических характеристики образцов

катализаторов, потенциально влияющих на активность и стабильность в реакции каталитического разложения метана; - Разработка программы и методик (ПиМ) испытания макетных образцов катализаторов с целью выбора наиболее активного и стабильного образца в зависимости от режимных параметров испытания. Результатом выполнения работы является создание не менее 10-ти макетных образцов для пиролиза метана, а также комплекс физико-химических свойств и данных по каталитической активности образцов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123102600029-4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД И ГЕЛИЙ, МЕМБРАННО-СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Работа направлена на проведение исследований по применению мембранно-сорбционного метода для разделения водородно-гелиевых смесей газов. Мембранно-сорбционный метод изначально был предложен в ИТПМ СО РАН для решения задач по выделению гелия из природного газа. Ключевая особенность метода заключается в использовании в качестве мембранных элементов – полых микросферических частиц из силикатных материалов и сорбентов на их основе, обладающих высокой селективной проницаемостью для гелия. При этом, согласно литературным источникам, селективность силикатных материалов для гелия и водорода значительно различается (до 2 порядков в зависимости от химического состава стеклофазы, количества и природы присутствующих фаз включений, что и может быть использовано при разделении водородно-гелиевых смесей, получаемых при производстве водорода. Уникальность предлагаемого подхода состоит в том, что разделение

водородно-гелиевой смеси может проводиться при «комнатных» температурах, в отличие от криогенных методов, используемых для выделения гелия. Тем самым значительно снижается капиталоёмкость и энергозатратность метода, упрощается схема и повышается его общая эффективность. В работе проводится экспериментальное исследование кинетических характеристик поглощения водорода и гелия полыми микросферическими частицами различных типов из силикатных материалов и гранулированными композитными сорбентами на их основе. На основе полученных экспериментальных данных определяются параметры избирательной проницаемости и селективности исследуемых сорбентов. Описывается математическая модель процесса поглощения гелия и водорода микросферами. На базе математической модели сделано численное моделирование процесса мембранно-сорбционного разделения водородно-гелиевой смеси.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123112700016-2

РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМОХИМИИ С РАДИКАЛЬНОЙ КИНЕТИКОЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Проект направлен на исследование вычислительной явно-итерационной схемы для эволюционных задач лазерной термодиффузии, в которых интегрируются по времени многокомпонентные уравнения Навье-Стокса с учетом лазерного излучения, диффузии, теплопроводности, вязкости и химических реакций. При численном решении этих задач возникает проблема преодоления ограничения расчетного шага по времени, связанное с наличием указанных разномасштабных процессов. Скорости их протекания в задачах лазерной термодиффузии отличаются на порядки, что определяет необходимость выбора шага по времени, сопоставимого с наиболее быстрым процессом для сохранения устойчивости существующих численных алгоритмов. В ИПМ им. М.В. Келдыша предложен подход для интегрирования по времени многомерных уравнений Навье-Стокса на основе расщепления на конвективный и диффузионный этапы. В результирующей схеме шаг интегрирования по времени ограничен условием устойчивости явной схемы для гиперболической системы. Мы предполагаем, что данный подход позволит ослабить ограничения на шаг интегрирования по времени, который в задачах лазерной термодиффузии обусловлен в первую очередь многокомпонентной диффузией и жесткой системой уравнений химической кинетики при сохранении точности вычислений. При реализации проекта будут разработаны вычислительно эффективный алгоритм для решения дозвуковых многокомпонентных уравнений Навье-

Стокса и параллельная программа для моделирования нестационарных задач лазерной термодиффузии на кластерах умеренной производительности. Алгоритм будет построен на основе схемы расщепления по физическим процессам. Эта схема включит в себя блок расчета системы уравнений химической кинетики, расчет уравнения интенсивности излучения, расчет системы уравнений Навье-Стокса и блок решения уравнений эллиптического типа для динамической составляющей давления. Блок расчета уравнений Навье-Стокса будет реализован на основе расщепления на конвективные и диффузионные этапы на каждом шаге по времени. Конвективный этап будет реализован по схеме типа Годунова со схемами WENO для повышения порядка аппроксимации и сглаживания нефизических осцилляций. Диффузионный этап будет реализован последовательно для каждого релаксационного члена (теплопроводность, вязкость, диффузия) по чебышевской явно-итерационной схеме ЛИ-М. Будут проведены многопараметрические расчеты для исследования устойчивости, сходимости и эффективности построенного алгоритма. Валидация всего алгоритма будет проведена сравнением с существующими экспериментальными данными по лазерной переработке углеводородов. Ожидается, что предлагаемый алгоритм позволит значительно сократить время расчетов (сравнительно с вариантом непосредственного решения полной системы) и откроет возможность численного решения задач с большим набором параметров и расширенными кинетическими

схемами. Разработка предложенного вычислительного алгоритма лежит в русле современного развития методов вычислительной математики, направленных на эффективное решение задач с наличием разномасштабных процессов. Актуальность проекта также связана с необходимостью численного моделирования при создании новых химических технологий переработки легких углеводородов, в частности, природного газа в водород, этилен и другие ценные продукты. Сегодня востребованы численные модели, предназначенные для серийных расчетов, предусматривающие постановки физически содержательных задач, которые можно изучать с

использованием кластеров умеренной производительности. Новизна поставленных задач проекта состоит в расширении предложенного ранее подхода для интегрирования по времени многомерных уравнений Навье-Стокса на систему уравнений лазерной термохимии, которая включает в себя большое число радикальных химических реакций и воздействие лазерного излучения. Эта область чрезвычайно богата разнообразными нелинейными эффектами, проявление которых можно ожидать при моделировании конверсии углеводородов при варьировании параметров задачи.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ 123011700029-8

РАЗРАБОТКА НОВЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПОДХОДОВ К ПОЛУЧЕНИЮ ВОДОРОДА ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ БИОВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ (БИОСПИРТОВ -ЭТАНОЛА, ГЛИЦЕРИНА) С ОДНОВРЕМЕННЫМ УДАЛЕНИЕМ УГЛЕРОДА ИЗ АТМОСФЕРЫ

Проект направлен на создание технологии получения водорода путем конверсии биовозобновляемого сырья (биоспиртов) с одновременным удалением углерода из атмосферы, что позволяет расширить возможности использования возобновляемых углеводородов, таких как этанол и глицерин для снижения углеродного следа. Проект одновременно решает проблему химической утилизации парникового газа используя доступные и эффективное преобразование биоспиртов. К задачам проекта относится разработка методики получения высокоэффективных и стабильных к дезактивации катализаторов на основе сложных оксидов алюминия-церия-циркония с переходными металлами в качестве активной фазы. В ходе выполнения проекта планируется систематически изучить свойства сложных оксидов алюминия-церия-циркония, оценить влияние концентрации и соотношения прекурсоров, стабилизирующих и структурообразующих добавок, температуры синтеза на степень кристаллизации, размер кристаллитов, удельную поверхность и морфологию частиц. Полученные сложнооксидные системы будут модифицированы введением добавок никеля и/или меди, и исследованы в реакции углекислотной конверсии биотоплива – этанола, глицерина и их смеси. Будут определены условия качества биоспиртов (наличие

примесей) для успешной реализации целевого процесса, а также условия проведения реакции, частности соотношение спирт/CO₂. Реакция углекислотной конверсии этанола и глицерина и их смеси в синтез-газ на катализаторах такого типа будет исследована впервые. В результате реализации проекта будет сформирована стратегия эффективного преобразования этанола и глицерина с CO₂ в водород. Актуальность проблемы. Глобальное потепление, вызванное в основном огромным выбросом парникового газа, стало одной из главных проблем для поддержания устойчивого развития. Среди методов преобразования CO₂ в продукты с добавленной стоимостью риформинг CO₂ с этанолом (C₂H₆O + CO₂ → 3CO + 3 H₂) считается перспективным процессом по сравнению с углекислотным риформингом метана (CH₄ + CO₂ → 2CO + 2 H₂). Спирты, полученные из возобновляемой биомассы, более экологичны по сравнению с ископаемым метаном, что отвечает требованиям устойчивого развития. Вышеперечисленные достоинства и наблюдаемый растущий интерес к тематике наряду с ограниченным числом научных результатов по созданию эффективного катализатора и оптимальных условий процесса углекислотной конверсии спиртов обуславливают необходимость технологических разработок и формирования фундаментальных основ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

№ 123050400010-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ И УСТОЙЧИВЫХ К ЗАКОКСОВЫВАНИЮ КАТАЛИЗАТОРОВ СОСТАВА WC/[Ni(Me)Al₂O₄], где (Me – Ca; Ce; Co) ДЛЯ ПРОЦЕССА УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ И ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ

В условиях глобальных экологических вызовов устойчивое развитие регионов, территорий и промышленных комплексов приобретает все большую актуальность. Практическая реализация задач, возникающих на пути устойчивому развитию, в большей степени зависит от внедрения конкретных каталитических технологий, в том числе направленных на уменьшение выбросов парниковых газов. В контексте принципов циркулярной экономики роль углекислого газа и метана меняется. Они больше не рассматриваются как промышленные отходы, а представляют собой ценный ресурс. Углекислотная конверсия метана в синтез-газ пригодна для промышленного получения водорода и дает начало синтезу углеводородов (жидкое топливо) и других ценных химических продуктов. Металлы платиновой группы в реакции углекислотной конверсии метана более активны, чем Fe, Co, Ni, и менее подвержены закоксовыванию из-за меньшей растворимости в них углерода. Реакция углекислотной конверсии метана протекает

на них со значительной скоростью уже при 500 °С. Основное и существенное препятствие их широкому применению – высокая стоимость. Среди недорогих переходных металлов нанесенные никелевые катализаторы проявляют наибольшую активность в углекислотной конверсии CH₄. Однако они имеют существенный недостаток – потеря активности при закоксовывании. Целью данного проекта является разработка и исследование новых высокоэффективных, термостабильных и устойчивых к закоксовыванию катализаторов WC/[Ni(Me)Al₂O₄], где (Me – Ca; Ce; Co) в реакции углекислотной конверсии метана в синтез-газ. Выполнение проекта позволит установить фундаментальные корреляции между особенностями состава и строения разработанных катализаторов и их функциональными характеристиками, что имеет исключительную научную новизну и большую практическую значимость для развития современных технологий формирования и применения функциональных материалов, как для традиционной, так и для водородной

энергетики. Предполагается разработать общие подходы к получению новых высокоэффективных, термостабильных и устойчивых к закоксуыванию катализаторов $WC/[Ni(Me)Al_2O_4]$, где (Me – Ca; Ce; Co), что позволит создать задел для

внедрения каталитических технологий, направленных на уменьшение выбросов парниковых газов и промышленного получения водорода, а также синтезу других химических ценных продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123041400010-6

СИНТЕЗ, ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ MoS_2 И WS_2

Дисульфид молибдена MoS_2 и дисульфид вольфрама WS_2 относятся к семейству двумерных слоистых материалов и интересны для различных приложений благодаря большой площади поверхности, относительно небольшой энергетической щели, возможности получения гетероструктур с графеном, химической и механической стабильности, а также доступности реагентов для синтеза. В настоящем проекте предлагается синтезировать и исследовать наноматериалы на основе MoS_2 и WS_2 для электрохимического получения электроэнергии (метал-ионные аккумуляторы и суперконденсаторы), детектирования газов и в каталитических процессах. Все эти приложения требуют наличия активных адсорбционных центров, которые будут создаваться посредством гетероатомного допирования и вакансионных дефектов. Синтез наноматериалов будет осуществляться с использованием двух основных методов: осаждение химических паров (CVD – chemical vapor deposition) и разложение соединений, содержащих целевые элементы, в условиях термического шока. Первый метод позволяет формировать слои MoS_2 и WS_2 , ориентированные вдоль или перпендикулярно подложке, обеспечивая различное соотношение атомов базальной плоскости и граничных атомов в материале. Для создания композиций с CVD графеном, слоистая пленка будет отделена от ростовой подложки. Второй метод синтеза является оригинальной разработкой авторов проекта, защищённой патентом РФ № 2751131 от 08.07.2021. Быстрое термическое разложение прекурсоров приводит к формированию пористых пластинок, состоящих из искривленных слоев дисульфида металла. Использование в синтезе оксида графита позволяет получить гибриды из ковалентно связанных графена и MoS_2 (WS_2). Актуальность настоящего исследования заключается в необходимости установления взаимосвязей между структурой (наличие гетероатомов, граничных состояний, вакансий, графеновой компоненты), электронным состоянием и функциональными характеристиками наноматериала, что необходимо для разработки оптимальных подходов синтеза MoS_2 и WS_2 и их

практического использования в альтернативных источниках тока и для мониторинга окружающей среды. Детальное исследование структуры и электронного строения таких наноматериалов требует использования специфических методов, а именно, спектроскопии протяженной тонкой структуры рентгеновского поглощения (EXAFS) для выявления координации элементов, и рентгеновской спектроскопии поглощения (XANES) для определения электронного состояния элементов. EXAFS и XANES эксперименты будут проводиться с использованием синхротронного излучения УНУ Института ядерной физики СО РАН. Структура и состав наноматериалов будут также изучаться методами рентгенофазового анализа (РФА), спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС), растровой электронной микроскопии (РЭМ), просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМ ВР), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Электрохимические исследования электродных материалов в натрий-ионных аккумуляторах и суперконденсаторах будут проводиться в гальваностатическом режиме, методом циклической вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса. Катализаторы будут испытаны в реакциях получения водорода при разложении муравьиной кислоты или метанола. Высокая селективность и эффективность катализаторов ожидается при внедрении в решетку наноматериала атомов Ni или Co. Сенсорные свойства будут исследованы по отношению к газам NO_2 , NH_3 , H_2 и H_2S в инертной и влажной атмосферах. Экспериментальные исследования на всех их стадиях будут сопровождаться DFT (density functional theory) расчетами модельных кластеров и периодических структур. Новизна планируемого исследования заключается в разработке эффективных подходов синтеза допированных наноматериалов MoS_2 и WS_2 и их композиций с графеном, в том числе с использованием нового «взрывного» метода, и проведении in situ и operando исследований этих материалов в электрохимических и каталитических процессах, а также при адсорбции аналитов с использованием синхротронного излучения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123122000048-9

РАЗРАБОТКА ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА, ЭФФЕКТИВНЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ И МИКРОФЛОРЫ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВИДИМЫМ СВЕТОМ

Разработка фотокаталитических материалов для различных применений является актуальной задачей последних десятилетий. Использование фотокатализаторов (ФК) позволяет решать ряд научных и прикладных задач, таких как: очистка воды и воздуха от органических соединений (в т.ч. нефтепродуктов) и микрофлоры; получение водорода из воды под действием света; создание самоочищающихся поверхностей (внутренних и внешних стен помещений, стёкол и др.) и тканей; фотокаталитическое восстановление или окисление неорганических примесей. Большинство существующих на сегодняшний день фотокатализаторов эффективны лишь при облучении ультрафиолетовым (УФ) светом, что затрудняет их использование. Доля УФ света в солнечном спектре на поверхности земли не превышает 3-7 %, остальное приходится на видимый (45 %) и инфракрасный (ИК) свет. Расширение спектральной восприимчивости фотокатализаторов в видимую и ИК область спектра позволит

эффективно и малозатратно использовать ФК. Поэтому решение данной проблемы является актуальной задачей. В рамках данного проекта будут синтезированы фотокаталитические материалы с расширенным спектром фотовосприимчивости, эффективные при облучении видимым и ближним ИК светом. Будут изучены физико-химические, адсорбционные и фотокаталитические свойства полученных материалов, подобраны оптимальные составы и условия термообработки полученных ФК. Будет изучена степень фотокаталитической деструкции различных органических примесей, а также возможность фотокаталитической инактивации различных бактерий при облучении видимым и ближним ИК светом. Также будет изучена эффективность работы ФК в цикле с предварительной регенерацией и без неё. В рамках изучения фотокаталитической инактивации бактерий будет изучено влияние степени освещённости на эффективность процесса. В итоге будут определены оптимальные фотокаталитические

материалы, пригодные для решения широкого спектра задач в рамках поставленной цели. Будут даны рекомендации по

возможности промышленного использования полученных фотокаталитических материалов на основе диоксида титана.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

5.2 ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ (ЭЛЕКТРОЛИЗ)

2021

№ 121081100064-0

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО МАССОПЕРЕНОСА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Переход к новым и возобновляемым источникам энергии и, в частности, к возобновляемой водородной энергетике тесно связан с необходимостью разработки соответствующих процессов получения так называемого «зеленого» водорода из источников с нулевым углеродным следом. В качестве одного из наиболее перспективных процессов в этом направлении все чаще рассматривается фотоэлектрохимический процесс утилизации энергии солнечного излучения в форме энергии химической связи молекулы водорода. Однако развитие и активное внедрение соответствующих технологий и решений в настоящее время сдерживается преимущественно материаловедческой проблемой поиска методов синтеза высокоэффективных, продуктивных, стабильных, доступных и экологических фото- и электрокатализаторов, решение которой с использованием ранее разработанных каталитических материалов, а также традиционных подходов к их синтезу не представляется возможным. В рамках данного проекта предлагается проведение исследований по разработке теоретических основ формирования оксидных фото- и электрокатализаторов на основе процессов, протекающих в условиях ограниченного массопереноса. Предполагается, что в этом случае возможно образование оксидных наноструктур с необычными составом, структурой, морфологией и функциональными свойствами, что было ранее показано авторами проекта для некоторых систем на основе простых и сложных оксидов. При этом реализацию ограничения массопереноса предполагается рассматривать в рамках одного или нескольких частных случаев – ограничение по температуре синтеза, его продолжительности, пространственные ограничения в зоне реакции или ограничение по количеству доступного для массопереноса вещества. В качестве методов синтеза, позволяющих реализовать условия таких ограничений будут использованы метод растворного горения, метод ионного насаживания, метод электроосаждения металлов с последующей термообработкой, метода анодирования

металлов и метод синтеза нанокристаллов в межслоевом пространстве углеродных 2D наноструктур. На основании результатов исследований будут предложены физико-химические модели, описывающие условия формирования и влияние ограничений массопереноса на состав, строение, размер и форму оксидных кристаллов на основе d-элементов 4-го и 5-го периодов таблицы Д.И. Менделеева. Выбор этих оксидных систем в качестве объектов исследования обусловлен широкими перспективами их дальнейшего применения в качестве основы материалов катода и фотоанода фотоэлектрохимических ячеек для получения водорода из возобновляемых водно-органических растворов. Таким образом в результате выполнения проекта планируется не только предложить оригинальные методы синтеза оксидных нанокристаллических частиц и получить новые наноматериалы, но и разработать подходы к физико-химическому конструированию высокоэффективных, стабильных и доступных каталитических материалов для решения задач перехода к возобновляемым методам получения водорода. Благодаря использованию широкого комплекса теоретических и экспериментальных методов анализа веществ на каждом из этапов их получения с участием современного аналитического оборудования планируется провести исчерпывающую характеристику как самих материалов, так и определить особенности процессов их формирования в условиях ограниченного массопереноса. Это в совокупности с большим опытом авторов проекта в области синтеза и исследования наноструктурированных материалов обеспечит уверенное определение системных связей условий синтеза оксидных наноструктур с особенностями их состава, строения, фото- и электрокаталитических свойств. Эти разработки, полученные в результате комплекса проведенных исследований, станут основой перехода к новым технологиям получения оксидных функциональных материалов для получения водорода из возобновляемых источников.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121092300053-8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ МЭБ И ЕГО КОМПОНЕНТОВ, ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК, СБОРОК ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЯЧЕЕК

Перспективным направлением является создание асимметричных по давлению между катодным и анодным контурами электролизеров воды на основе твердополимерного электролита на высокие давления до 20,0 МПа. Предварительные оценки показывают, что использование «асимметричной» системы электролиза наряду с существенным упрощением технологической схемы электролизной установки, повышения безопасности

и чистоты водорода позволит также снизить энергозатраты на производство водорода высокого давления на 7-15 % по сравнению с традиционной («симметричной») схемой. Работы выполняются с целью проработки конструкторской концепции и экспериментального обоснования типоразмерного ряда электролизных установок производительностью от 5 до 1000 нм³/час.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ 121110200026-4

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В настоящее время альтернативная энергетика интенсивно развивается во всем мире как одна из ключевых возможностей снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, уменьшения темпов использования природных источников энергии и предотвращения проблем энергетического дисбаланса и глобального потепления. С этой точки зрения, возобновляемые и нетрадиционные источники энергии могут стать альтернативой, которая поможет в будущем удовлетворить растущие требования человечества к ресурсам. Водородное топливо рассматривается в качестве такого источника, которое к тому же обладает высокими теплотворной способностью и экологическими характеристиками. Несмотря на многие преимущества водорода, его получение с применением традиционного низкотемпературного электролиза является очень дорогостоящим процессом. Кроме того, водород взрывоопасен, что предъявляет особые требования к его хранению и транспортировке. Возможным решением существующих проблем является разработка высокоэффективных устройств – твердооксидных электролизеров (ТОЭ), – которые составляют основу экономически привлекательной технологии, позволяющей получать высокочистый водород с высокими параметрами энергетической эффективности. Основой традиционных

твердооксидных устройств является кислородионный электролит YSZ (yttria-stabilized zirconia). Однако основная проблема таких ТОЭ состоит в том, что YSZ обладает приемлемой ионной электропроводностью (проводимостью) только при очень высоких температурах (800–1000 °C). Столь высокие рабочие температуры крайне неблагоприятны из-за быстрого взаимодействия функциональных материалов и изменения их микроструктурных параметров, что является причиной значимой деградации устройств в краткосрочном периоде. Поэтому разработка твердооксидных ячеек, работающих в среднетемпературном диапазоне, является перспективным и актуальным направлением. Задачу по снижению рабочих температур можно решить путем поиска новых высокопроводящих электролитов (как кислородионных, так и протонпроводящих) и электрохимически активных электродных систем, а также разработки тонкопленочных технологий. В связи с вышеизложенными причинами в рамках настоящего проекта планируется разработать новые функциональные материалы, а также подобрать наиболее оптимальные условия их применения с целью достижения высокой эффективности и производительности как твердооксидных электролизеров, так и топливных элементов с низкими темпами деградации выходных характеристик.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 121112600081-3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЕДИНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Доминирующие сегодня технологии производства водорода путем конверсии углеводородного топлива не способствуют снижению эмиссии парниковых газов и снижению зависимости от невозобновляемых источников энергии. В последнее десятилетие большое количество ресурсов было направлено на разработку новых свободных от выбросов углекислого газа технологий производства водорода, среди которых ведущее место занимает технология высокотемпературного электролиза воды при использовании твердооксидных электролизеров на базе атомных электростанций. Несмотря на огромный потенциал развития

чистой водородной энергетики, низкий уровень инвестиций предопределил существенное отставание Российской Федерации в этой области от стран-технологических лидеров, таких как США, страны Европейского союза, Япония и Китай. Проблема, на решение которой направлен проект, заключается в необходимости разработки экономически приемлемых технологий производства высокочистого электролизного водорода для аккумулирования избыточной электрической энергии в водородном цикле с целью последующих поставок водорода как энергоносителя на экспортные рынки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 121121300089-4

ПОИСК НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕШЕВОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА: ЭКСПЕРИМЕНТ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Постоянно возрастающая потребность в энергии и, как следствие, экологические проблемы, связанные с использованием ископаемого топлива, обусловили необходимость разработки современных систем накопления и каталитической конверсии энергии с использованием дешевых, легкодоступных и экологически чистых материалов. Одним из основных направлений в области возобновляемой энергии является разработка мощных и накопительных устройств большой емкости, в том числе регенеративных топливных элементов и перезаряжаемых металл-воздушных батарей, работающих при комнатных температурах. Необходимым процессом в этих системах является электролиз воды (реакция выделения кислорода, OER). Кроме того, растущий мировой спрос на чистую энергию требует большей эффективности в водных электролизерах для производства водорода при низких затратах. Однако эффективность таких устройств сильно ограничена медленной кинетикой OER. Для преодоления этих ограничений активно разрабатываются новые катализаторы. Чтобы преодолеть недостатки обычного электролиза воды, в последнее время были

предприняты значительные усилия по окислению небольших органических молекул (мочевина, метанол, этанол) на аноде электрохимических ячеек для электрохимического производства водорода. Хотя теоретический потенциал электролизера для воды составляет 1,23 В, использование электрохимического окисления мочевины снижает теоретический потенциал производства водорода до 0,37 В. Более того, так как мочевина является компонентом отходов производства удобрений, ее утилизация для производства водорода одновременно поможет уменьшить загрязнение окружающей среды. Успехи в улучшении характеристик катализаторов как для электролиза воды, так и для электроокисления малых молекул были достигнуты за счет использования оксидных перовскитов в качестве электродов. Оксидные перовскиты – универсальные функциональные материалы, широко используемые в различных областях технологии (электроника, катализ, топливные элементы и фотоэлектрические элементы). Корень этой универсальности заключается в настраиваемости свойств путем вариации элементного состава без ущерба для исключительной

стабильности в широком диапазоне условий. Наряду со значительно более дешевой и стабильной альтернативой стандартным OER-катализаторам на основе драгоценных металлов, кристаллическая структура перовскитов открывает возможности для рационального дизайна материалов для широкого круга задач. Эти свойства делают перовскиты очень привлекательным объектом исследований. В частности, фазы Руддлсдена-Поппера, то есть слоистые перовскитные материалы, были синтезированы и продемонстрированы как обладающие исключительными каталитическими свойствами благодаря превосходной стабильности даже больших вариаций элементного состава и степеней окисления катионов, чем перовскиты. В этом проекте мы предлагаем скомбинировать эксперимент, теорию и интеллектуальный анализ данных для поиска электрокатализаторов на основе оксидных перовскитов и фаз Руддлсдена-Поппера для OER и окисления мочевины. Теория функционала плотности будет использоваться для расчета объемных и поверхностных свойств нескольких соединений перовскита $A_1-xA_xB_{y-1-yO_3\pm\delta}$ и Руддлсдена-Поппера $A_2-xA_xB_{1-y}O_4\pm\delta$, где A -- редко-земельные, щелочные или щелочно-

земельные элементы, а B -- переходные металлы. Эти же соединения будут синтезированы экспериментально, и будет измерена их каталитическая активность в отношении OER и электрокаталитического окисления мочевины. Затем будет использован недавно разработанные методы интеллектуального анализа данных для идентификации перво-принципных дескрипторов на основе рассчитанных свойств материалов (энтальпии образования, плотности электронных состояний, энергий образования O-вакансий и т. д.) и измеренной каталитической активности. Дескрипторы будут использоваться для высокопроизводительного поиска лучших катализаторов среди нескольких тысяч кандидатов. Лучшие предсказанные кандидаты будут затем проверены экспериментально. Затем полученные экспериментальные данные будут использованы для улучшения моделей машинного обучения и поиска еще лучших катализаторов. Такой систематический подход к проектированию материалов для OER и электрокаталитического окисления мочевины на оксидных перовскитах и фазах Руддлсдена-Поппера будет применен впервые.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122022600142-2

ДИЗАЙН НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРЕСАХ ВОДОРОДНОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проект направлен на разработку перспективных технологий производства высокочистого электролизного водорода для аккумулирования избыточной электрической энергии в водородном цикле с целью последующих поставок водорода как энергоносителя на внутренние и экспортные рынки. Технология высокотемпературного электролиза воды все еще находится в стадии предварительных и фундаментальных исследований. Проект предполагает разработку новых материалов и инновационных технологий для создания нового поколения твердооксидных электролизеров получения водорода с меньшими удельными затратами электроэнергии и меньшими массогабаритными характеристиками по сравнению с существующими продуктами. Создание технологий, напрямую связанных с генерацией энергии, невозможно без создания систем хранения энергии, установок генерации топлива, переработки топлива и отработанных материалов, устройств контроля. Для создания систем накопления энергии нового

поколения требуются новые методики синтеза и более глубокое исследование свойств получаемых материалов. Также предъявляются повышенные требования к исходным материалам, что делает актуальным исследование процессов извлечения редко-земельных и других элементов из различных сред. Кроме того, нерешенной остается проблема безопасного хранения и транспортировки водорода. Задачи проекта: - Синтез, исследование физико-химических свойств и электрохимических характеристик материалов для устройств накопления и преобразования энергии; - Разработка новых методов для создания материалов на основе ресурсосберегающих технологий. Разработка технологии выделения, разделения и очистки редких и редкоземельных материалов; - Поиск новых и оптимизации характеристик известных материалов с целью повышения их эффективности и практического применения, поиск новых областей применения разрабатываемых материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 122081500075-1

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОНОМНО РЕГУЛИРУЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

В настоящее время большинство развитых стран уделяет особое внимание развитию водородных технологий. В России трендом является внедрение энергоустановок на водородном топливе, наряду с разработкой решений по его экологически чистому получению, также набирает обороты. Источники электропитания на основе водородных топливных элементов рассматривают в качестве альтернативы аккумуляторным батареям ввиду большей удельной энергоемкости и производительности при низких температурах. Они уже находят широкое применение в транспортной отрасли, для оснащения дронов и роботизированных платформ, систем резервного и децентрализованного тепло- и электроснабжения. На сегодняшний день существует ряд способов крупномасштабной генерации «мало-», «средне-» и «высокоуглеродного» водорода; формируется стратегия перехода к производству «безуглеродного» водорода методом электролиза с использованием возобновляемых источников энергии и на атомных станциях. Однако проблемы, связанные с безопасным хранением и транспортировкой этого взрывоопасного газа, пока остаются нерешенными.

Создание и поддержание работы соответствующей инфраструктуры с обеспечением ее безопасности потребует колоссальных затрат, поэтому предполагается создание решений по распределению около 90% водородного топлива потребителям непосредственно после наработки. Настоящий проект направлен на создание систем регулируемой генерации водорода посредством окисления энергоносителей на основе сплавов алюминия и магния в воде и водных солевых растворах для топливных элементов. Основное преимущество такого решения состоит в обеспечении водорода в необходимом количестве непосредственно на месте потребления, что в принципе исключает проблемы его хранения и транспортировки. Использование алюминия – еще одно преимущество, так как это первый по распространенности металл в земной коре. С недавнего времени ведется реализация проектов по модернизации алюминиевой промышленности: ALLOW (производство «низкоуглеродного» алюминия с использованием «безуглеродных» источников энергии, главным образом – гидроэнергетики), ELYSIS и поддерживаемые «Русал» работы

Лаборатории фундаментальных исследований проблем получения алюминия при МГУ (выплавка алюминия с использованием «безуглеродных» («инертных») электродов, с выделением кислорода вместо углекислого газа). Таким образом, в обозримом будущем реален переход к производству «зеленого» алюминия. Продукты окисления алюминия безопасны для окружающей среды и могут быть возвращены в цикл производства алюминия в качестве исходного сырья. Новизна проекта состоит в создании

источника водорода с автономным регулированием выделения водорода по давлению газа в системе, для которого впервые будут проведены экспериментальное и расчетное исследование процессов тепломассопереноса. Также впервые будет исследована теплоотдача от поверхности образцов реагирующих с раствором сплавов в приповерхностный газожидкостный слой и кинетика их окисления в водных средах разного состава.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121092300054-5

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ «АССИМЕТРИЧНОГО» ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ» И ЕГО КОМПОНЕНТОВ. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ «АССИМЕТРИЧНОГО» ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ» И ЕГО КОМПОНЕНТОВ

Перспективным направлением является создание асимметричных по давлению между катодным и анодным контурами электролизеров воды на основе твердополимерного электролита на высокие давления до 20,0 МПа. Предварительные оценки показывают, что использование «асимметричной» системы электролиза наряду с существенным упрощением технологической схемы электролизной установки, повышения безопасности

и чистоты водорода позволит также снизить энергозатраты на производство водорода высокого давления на 7-15 % по сравнению с традиционной («симметричной») схемой. Работы выполняются с целью проработки конструкторской концепции и экспериментального обоснования типоразмерного ряда электрокаталитических установок производительностью от 5 до 1000 нм³/час.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

2022

№ 122080500042-6

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу в связи с обострившимися экологическими рисками.

Производство «зеленого водорода» и использование его в качестве энергоресурса позволит снизить или нивелировать пагубное антропогенное влияние на окружающую среду. Однако на сегодняшний день технологии производства водорода без выбросов CO₂ являются слишком дорогостоящими для их широкого применения.

Одним из наиболее перспективных методов получения «зеленого водорода» является фотоэлектролиз. Фотоэлектрохимическое получение водорода основано на реакции разложения воды на молекулярные водород и кислород на полупроводниковых электродах под действием солнечного излучения.

Результатом этого процесса является прямое преобразование солнечной энергии в химическую энергию топлива (водорода).

Метод фотоэлектролиза очень перспективен с точки зрения простоты создания фотоэлектрохимических преобразователей, поскольку в качестве фотоэлектродов могут использоваться тонкие пленки поликристаллических оксидов переходных металлов.

Однако на сегодняшний день основным препятствием для коммерциализации фотоэлектролизеров является низкая эффективность преобразования солнечного излучения и низкая стабильность материалов фотоэлектродов в условиях продолжительного фотоэлектролиза.

Данная ситуация осложняется тем, что кинетика целевых реакций фотоэлектролиза (реакций выделения водорода (РВВ) и кислорода (РВК)) крайне замедлена, а материалы фотоэлектродов, как правило, не являются эффективными катализаторами этих реакций.

Одной из наиболее выигрышных стратегий повышения каталитической активности и стабильности фотоэлектрокаталитизаторов является нанесение на поверхность материалов фотоэлектродов тонких слоев других соединений, функция которых может заключаться в

i) защите поверхности фотоэлектрода от прямого контакта с электролитом; ii) подавлении поверхностной рекомбинации; iii) понижении активационного барьера межфазного переноса фотоиндуцированного носителя заряда через границу электрод/раствор.

Наиболее часто ожидается проявление именно электрокаталитической функции (iii) при нанесении сокаталитизатора, однако нанесение классических электрокаталитизаторов на тонкопленочные электроды не всегда приводит к желаемому повышению активности и стабильности.

На сегодняшний день роль сокаталитизатора остается неизученной для большинства известных фотокатодов и фотоанодов на основе оксидов переходных металлов, что существенно затрудняет прогресс в области фотоэлектрохимической генерации водорода.

Настоящий проект направлен на выявление роли сокаталитизатора в повышении эффективности и стабильности фотоэлектрокаталитизаторов РВК и РВВ на основе оксидов переходных металлов.

Решение данной задачи возможно на основании проведения многофакторного анализа влияния компонентов фотоэлектрохимической системы на наблюдаемую фотоэлектрокаталитическую активность и стабильность.

Научная новизна проекта заключается в установлении неизвестной на сегодняшний день преобладающей функции сокаталитизатора в различных экспериментальных условиях на основании систематического экспериментального подхода, позволяющего независимо варьировать различные факторы (природа материала фотоэлектрода, толщина и сплошность слоя фотокаталитизатора, pH среды).

Данный подход позволит впервые сформулировать рациональные стратегии повышения стабильности и активности фотоэлектрокаталитизатора на основании понимания механизма действия сокаталитизатора. Актуальность решения данной проблемы обусловлена интенсификацией усилий, как в России, так и в других странах мира, направленных на переход к экологически чистой и возобновляемой энергетике.

Разработка способов стабилизации и повышения активности фотоэлектродов в водных растворах электролитов позволит реализовать один из самых перспективных способов

генерации «зеленого» водорода для применения в качестве топлива в различных секторах экономики.

Исполнитель: АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

№ 122112900019-2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ ПИЛОТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одним из трендов развития мировой энергетики является переход к водородной энергетике, когда водород используется в качестве основного топлива для запасаения и получения электрической и тепловой энергии.

Одним из широко распространенных методов получения водорода в настоящий момент является электролиз воды. Чаще всего применяются электролизные установки на базе щелочных (alkaline) и полимерных (протон-обменных, proton-exchange membrane, PEM) электролизных элементов. Потребление электроэнергии на производство 1 кубического метра водорода при атмосферном давлении составляет для электролизеров на базе щелочных и полимерных электролизных элементов около 7-8 и 5-6 кВт·ч, соответственно. Альтернативой является разработка и последующее применение более эффективных систем на базе твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ), для которых экспериментально показана возможность снижения потребления электроэнергии до 3-4 кВт·ч/м³. Таким образом, задачи фундаментальных исследований и последующих прикладных разработок по созданию пилотных образцов электролизных установок на базе ТОЭЛЭ являются крайне значимыми и актуальными в свете широкого развития водородной энергетики.

На базе выполненных НИР по созданию экспериментальных образцов генераторов водорода на базе ТОЭЛЭ есть возможность развернуть ОКР по созданию опытных образцов таких высокоэффективных генераторов водорода.

Индустриальными партнерами ИФТТ РАН по задачам, связанным с получением водорода методом высокотемпературного электролиза на твердооксидных электролизных элементах являются АО «ТВЭЛ» (Госкорпорация «Росатом»), а также частная инженеринговая компания ООО «ИНЭСИС» (Группа компаний «ЭФКО»).

Основное преимущество разрабатываемой в рамках

получения основного результата Лаборатории технологии ТОЭЛЭ по сравнению с конкурирующими технологиями получения водорода – рекордно низкое потребление электрической энергии на получение кубического метра водорода. В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют завершённые разработки указанной технологии, таким образом, присутствует несомненная научная новизна и актуальность данных разработок. В рамках данного научного исследования планируется достижение следующего результата, необходимого реальному сектору экономики: Разработка технологии изготовления твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ) на несущем трехслойном электролите толщиной 150 мкм размером 100x100 мм, а также батарей ТОЭЛЭ на их основе для высокотемпературного электролиза воды.

Для достижения указанной цели требуется выполнение следующих задач: • Поиск и оптимизация электродных материалов для изготовления многослойных композиционных катода и анода ТОЭЛЭ. • Разработка технологий нанесения многослойных композиционных катода и анода ТОЭЛЭ на трехслойные мембраны твердого электролита с анионной проводимостью размером 100x100 мм. • Изготовление и электрохимические испытания единичных ТОЭЛЭ размером 100x100 мм, в том числе в составе маломасштабных сборок из 2-10 элементов. • Разработка конструкции батарей ТОЭЛЭ: биполярных и концевых токовых коллекторов, прокладок высокотемпературного герметика, контактных сеток и других вспомогательных узлов. • Изготовление и электрохимические испытания батарей ТОЭЛЭ с целью получения исходных данных для внесения изменений в конструкцию многослойных электродов и токовых коллекторов. • Разработка оптимальной схемы электролизных установок на ТОЭЛЭ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052500031-7

НОВЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНОДИРОВАНИЯ

Водород является многообещающим альтернативным возобновляемым топливом для удовлетворения растущих мировых потребностей в энергии. В настоящее время существует множество методов промышленного производства водорода такие как производство водорода из мусора, этанола, металлургического шлака, биомассы. Отдельный интерес представляют методы расщепления воды для получения чистого водорода, к которым относят электролиз, пиролиз, радиолиз, фотоэлектрохимическое расщепление и др. Данный проект посвящен разработке нового плазмонного фотокаталитического материала, чувствительного к солнечному свету, для фотоэлектрохимического расщепления воды, что позволит повысить эффективность процесса получения чистого водорода. Основная идея заключается в усилении абсорбционных свойств наноструктурированного оксида титана за счёт возбуждения на его поверхности широкополосного таммовского плазмон-поляритона. Это должно привести к усилению возникающего фототока окисления и увеличению эффективности выделения водорода. Среди всех полупроводниковых материалов диоксид

титана является предпочтительным выбором в качестве материала фотоэлектрода для ФЭХ приложений благодаря своей замечательной фотостабильности, нетоксичности и низкой стоимости. В последнее время одномерный наноструктурированный TiO₂, такой как наностержень, нанопроволока и нанотрубка, привлек значительное внимание из-за его удержания света, эффективного разделения зарядов и свойств высокой подвижности носителей, которые полезны для повышения производительности ФЭХ расщепления воды. Новизна проекта определяется тем, что впервые будет разработана методика синтеза анодного фотонного кристалла с модулированными по ширине порами из TiO₂ и исследованы его спектральные и фотокаталитические свойства. Кроме того, элементом новизны является предложение использовать широкополосный таммовский плазмон поляритон для усиления абсорбционных характеристик изготовленного фотоэлектрода. В рамках проекта также будут разработаны математические модели для описания и предсказания спектральных свойств полученных фотонных кристаллов в зависимости от параметров синтеза.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122081500091-1

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ АМИН-БОРАНОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСОВ МАРГАНЦА (I)

Одной из главных научных проблем является поиск альтернативных углеводородному топливу источников энергии. Поскольку в качестве альтернативного носителя энергии может быть использован водород, то для развития водородной энергетики необходимы безопасные системы хранения и транспортировки водорода высокой чистоты. В качестве таких систем могут быть использованы химические соединения - амин-бораны, содержащие большое количество водорода по массе. Они устойчивы в стандартных условиях, обеспечивают соответствующий баланс волюметрических и гравиметрических плотностей энергии с выделением водорода высокой чистоты. Каталитическое дегидрирование амин-боранов в присутствии комплексов переходных металлов даёт возможность контролировать условия и количество получаемого водорода. Однако на данный момент наиболее эффективными катализаторами дегидрирования амин-боранов являются комплексы на основе металлов платиновой группы. В связи с этим разработка альтернативных катализаторов на основе более распространенных, недорогих и менее токсичных 3d металлов (Mn, Zn, Fe, Co, Ni) представляет экономический и экологический интерес. Несмотря на то, что марганец является привлекательным кандидатом с точки зрения его распространенности и биосовместимости, исследований комплексов марганца в реакции каталитического дегидрирования амин-боранов практически не проводилось. Планируемое детальное исследование способности комплексов марганца (I) катализировать процесс дегидрирования амин-боранов безусловно является актуальным. В последние годы в Лаборатории гидридов металлов ИНЭОС активно развивается подход к исследованию реакции дегидрирования амин-боранов комплексами переходных металлов в стехиометрических и каталитических условиях. Он заключается в постадийном исследовании реакций с получением спектральных характеристик интермедиатов и кинетических параметров отдельных стадий процесса, что позволяет выявить роль различных факторов в

активации реагентов и катализаторов, а также стабилизировать интермедиаты реакции. Комбинация экспериментальных методов с квантово-химическими расчетами позволяет установить механизм реакции, что дает возможность целенаправленной оптимизации условий для достижения эффективного выделения водорода. Сочетание современных физических и физико-химических методов исследования строения вещества и квантово-химических расчетов высокого уровня обеспечивает надежность и достоверность получаемых результатов. В рамках проекта планируется получение серии комплексов марганца с бидентатными фосфорными и карбеновыми лигандами с различными донорно-акцепторными свойствами, исследование их каталитической активности, а также установление механизмов каталитических процессов, сопровождающихся выделением водорода. На основании экспериментальных и теоретических данных будут предложены механизмы и построены энергетические профили реакции, выявлено влияние лигандного окружения марганцевых комплексов на их реакционную способность, установить способность бромидных/гидридных/катионных комплексов марганца (I) к бифункциональной кооперативной активации NH/VH связей с учетом присутствия различных кислотных и основных центров Льюиса. Это обеспечит более глубокое понимание механизма реакции дегидрирования амин-боранов в присутствии марганцевых комплексов и возможность тонкой регулировки процессов активации M-X, M-H, E-H связей и позволит предложить концепцию целенаправленного создания эффективных гомогенных катализаторов получения водорода на основе комплексов марганца. Помимо решения основной задачи проекта полученные результаты будут способствовать развитию химии марганцевых катализаторов для процессов, включающих стадии переноса протона и гидрид-иона, например, (де)гидрирование, активация C-H связей, гидрофункционализация и т.д.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н.НЕСМЕЯНОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122080300121-0

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, ВОДЫ И АКТИВНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В РАМКАХ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Сокращение выбросов парниковых газов и утилизация углекислого газа являются востребованным направлением исследований в России и мире. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии при содействии Министерства энергетики Российской Федерации в феврале 2022 года был создан технический комитет №239 по стандартизации «Улавливание, транспортирование и хранение углекислого газа». Основной целью технического комитета станет формирование фонда документов национальной системы стандартизации в области технологий, направленных на сокращение выбросов диоксида углерода. Рациональное решение проблемы снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду подразумевает также эффективное использование углекислого газа в качестве сырья для получения полезных продуктов и экологически чистых энергоносителей (водорода, углеводородов). В частности, перспективным является направление, связанное с производством и использованием экологически чистых энергоносителей путем конверсии диоксида углерода в ценные продукты или синтеза углеводородов на его основе. Проблема массового промышленного внедрения такого рода технологий получения полезных химических веществ заключается в сложности разработки различных модификаций катализаторов, которые смогут обеспечивать как высокую степень конверсии углекислого газа, так и

высокую селективность по нужным продуктам реакции при длительном сроке эксплуатации. Кроме того есть существенная проблема, связанная с наличием стабильного и дешёвого источника водорода для химических процессов. Проект предполагает объединить поиск решений затронутых проблем в рамках обоснования технологического процесса утилизации CO₂ с одновременным получением полезных энергоносителей (водорода и углеводородов) по результатам ранее проведенных специализированных экспериментальных исследований. В ходе проекта планируется провести обширную технико-экономическую оценку разрабатываемой экспериментальной технологии, позволяющей генерировать водород и углеводороды при взаимодействии металлических и металлодержащих активных поверхностей с водой и растворенным углекислым газом для подтверждения эффективности и экономической привлекательности предлагаемого технологического процесса утилизации углекислого газа. На основе сравнительного исследования мирового опыта методологии финансово-экономического анализа и оценки подобных инвестиционных проектов предполагается получить итоговую стоимость тех или иных этапов технологического процесса разрабатываемого метода утилизации CO₂ с попутной генерацией экологически чистых энергоносителей, а также провести технико-экономический анализ преимуществ разрабатываемого метода по сравнению

с известными аналогами физико-химической утилизации CO₂. Получение технико-экономического анализа всех составляющих технологического процесса разрабатываемого метода включает оценку производственных затрат на получение углекислого газа из промышленного источника, оценку производственных затрат и финансовых расходов на каждой стадии реализации потенциальной технологии, итоговую оценку расчёта материального баланса и

финансовых затрат на приобретение исходных реагентов и конечной прибыли от получения полезных энергоносителей. Результаты проекта могут также иметь важное значение для достоверной оценки, моделирования и проектирования технологий, направленных на утилизацию и подземное хранение углекислого газа, а также сопутствующих технологий повышения нефтеотдачи с применением CO₂.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062400027-0

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДОПРОБАННОГО SnO₂ И КОМПОЗИТОВ SnO₂/TiO₂ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Стремительный рост населения планеты привел к постоянно растущему спросу на энергию. Фото(электро) - каталитические (ФЭ) методы являются перспективными и экологически чистым методами преобразования возобновляемой энергии солнечного света в энергию, используемую в различных целях, например, для синтеза или разложения органических соединений, получения водорода и др. В качестве ФЭ катализаторов большое внимание привлекают оксиды металлов благодаря своей превосходной химической стабильности, подходящему расположению краев полос, низкой стоимости. Основными недостатками используемых полупроводниковых оксидов является высокая скорость рекомбинации фотогенерированных зарядов и отсутствие поглощения света в видимой области. Для повышения эффективности фотокатализаторов в данном проекте планируется разработка и исследование новых материалов на основе диоксида олова, легированного сурьмой и металлическим оловом, а также гетероструктур и твердых

растворов SnO₂/TiO₂. Несмотря на ряд преимуществ SnO₂ (высокая подвижность носителей заряда, фотохимическая стабильность и др.) его использование в качестве (фото) электрокатализатора окисления органических веществ мало изучено. Основной идеей проекта является использование электрохимических методов и подходов как для повышения эффективности фотокатализаторов в процессах окисления за счет варьирования электрохимического потенциала катализатора, так и для определения положения валентной зоны и зоны проводимости полученных материалов. Мы полагаем, что использование новых материалов и предложенные подходы в фотокаталитических процессах в условиях электрохимического контроля потенциала позволят значительно повысить эффективность реакций полного или частичного окисления органических веществ в целях их удаления из природных вод, а также получения ценных химических продуктов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122020100210-9

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА С РАСПЛАВЛЕННЫМИ, ТВЕРДЫМИ И ЖИДКИМИ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ

1. Определение физико-химических свойств расплавленных карбонатных электролитов и влияния катионного состава расплавленного карбонатного электролита на кинетику и механизм катодного процесса и кинетических параметров электродных процессов при низких парциальных давлениях углекислого газа в контексте задачи захвата и концентрирования CO₂ необходимы для успешного создания электрохимических преобразователей энергии и систем регенерации воздуха с расплавленным карбонатным электролитом. Подбор функциональных и конструктивных материалов для режима работы расплавленно-карбонатных электрохимических преобразователей энергии при низких парциальных давлениях углекислого газа для электрохимических преобразователей энергии и систем регенерации воздуха с расплавленными карбонатными электролитами. Определение путей оптимизации морфологии газодиффузионных электродов для задач захвата углекислого газа и генерации водорода. 2. Синтез, исследование транспортных свойств твердых электролитов и катодных материалов, в том числе керамических, стеклянных, стеклокерамических, углеродных, углерод-оксидных, с заданными и контролируемыми составом и структурой необходимы для успешного создания полностью твердотопливных химических источников тока, которые будут отличаться повышенной безопасностью по сравнению со всеми ныне существующими литиевыми и литий-ионными источниками тока. 3. Аттестация элементного, гранулометрического составов, микроструктуры, кристаллической и электронной структуры, а также влияние особенностей структуры (кристаллической, аморфной) на электрохимическую

активность и деградацию материалов в условиях работы ХИТ в широком температурном интервале. 4. Исследование электросопротивления границы катод на основе оксидов поливалентных элементов – литий проводящий твердый электролит со структурой типа LISICON и LLZ и разработка методов его снижения; отработка технологий формирования границы твердый катод – твердый электролит, позволяющих максимально снизить контактное сопротивление на границе электрода с твердым электролитом. 5. Исследование влияния природы углеродсодержащего прекурсора, параметров синтеза на процесс формирования графеновых пленок, в том числе допированных по n-типу, в металлических матрицах. Исследование физико-химических, механических и электрохимических свойств металл-графеновых композитных материалов. Создание новых металл-графеновых (в том числе, алюминий-графеновых) композитных материалов с высокими механическими и электрохимическими характеристиками может стать основой создания новых металл-графен-ионных аккумуляторов (в том числе, алюминий-графеновых). 6. Создание новых ТХИТ с повышенными удельными характеристиками, в том числе энергоемкостью, и временем работы позволят расширить возможные их применения в качестве резервных источников тока. 7. Создание научных основ разработки алюминий-ионного аккумулятора с алюминий-графеновым композитным анодом: синтез и исследование физико-химических свойств новых ионных жидкостей с трихлоридом алюминия, совместимости их с новыми углеродными и углерод-оксидными катодными материалами, подбор материала коллектора.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей**2021**

№ 121100500118-4

ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Проект направлен на создание лаборатории, на базе которой будут разработаны научно-технические основы и технологии производства новых перспективных материалов, методы и системы для исследования селективных характеристик мембранных материалов, а также технологии неразрушающего контроля материалов водородной энергетики. В рамках выполнения проекта планируется решение следующих задач: 1. Создание научных основ и технологий производства новых функциональных композитных материалов для нужд водородной энергетики; 2. Разработка материалов для разделения и очистки водорода,

а также водородонепроницаемых защитных покрытий; 3. Разработка методов измерения и исследование селективных характеристик мембранных систем из композитных материалов; 4. Диагностика материалов и изделий водородных энергосистем неразрушающими методами контроля. Результаты работ будут применены для создания промышленных технологий получения новых композитных материалов, систем для очистки и разделения водорода, а также оборудования и методик для диагностики элементов водородных энергосистем на базе методов неразрушающего контроля.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121081800134-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНТАГОНАЛЬНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МНОГОКРАТНО ДВОЙНИКОВАННЫХ Pd-Au НАНОКАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО МЕМБРАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА

Одним из наиболее перспективных материалов для создания диффузионных фильтров глубокой очистки водорода являются ультратонкие пленки на основе сплавов Pd-Cu, получаемые методами вакуумного распыления. Такие мембранные материалы сочетают в себе оптимальную прочность, пластичность и устойчивость к дилатации при термоциклировании в атмосфере водорода, низкую себестоимость, за счет наличия достаточно большого содержания меди (до 50 %), а также обладают крайне высокими значениями водородопроницаемости в сравнении с мембранами, получаемыми классическими методами проката (MP до 19×10^{-3} ; проката до 3×10^{-3} (см³ мм·см⁻²·с⁻¹·кПа^{-0.5}). Это объясняется тем, что согласно диаграмме состояния, в сплаве Pd-50%Cu происходит упорядочение твердого раствора с образованием b-фазы (решетка CsCl, $a = 0,2966$ нм), в котором менее плотная кристаллическая решетка по сравнению с ГЦК решеткой a-фазы ($a = 0,3767$ нм). Но несмотря на множество преимуществ в высокотемпературном диапазоне рабочих температур, такие материалы являются практически не пригодными для работы низкотемпературных диффузионных фильтров водорода ($\leq 200^\circ\text{C}$). Это происходит ввиду до сих пор не преодоленной научной проблемы – кинетического торможения достижения равновесия в системе металл-водород при температуре ниже 200°C , причиной чего выступает замедление перехода водорода через металлическую поверхность. Реализовать уникально высокую скорость транскристаллического переноса водорода таких мембранных материалов, на основе сплава Pd-Cu, становится возможным только при достаточном ускорении лимитирующих в данных условиях, стадий хемосорбции и диссоциации водорода на входной и выходной поверхностях мембраны. Поэтому основной целью проекта является интенсификация процесса низкотемпературной (до 200°C) водородопроницаемости палладий-медных мембран, полученных методом магнетронного распыления. Достижение данной цели планируется осуществить на основе недавнего прогресса, достигнутого авторами заявки

в синтезе металлических пентагональноструктурированных нанокристаллов с контролируемой формой, открытыми высокоэнергетическими поверхностями, включая грани с высокими индексами, и их уникальными электрокаталитическими свойствами в реакциях с участием водорода, процессах электроокисления метанола/этанола и мембранного выделения высокочистого водорода. Такие частицы могут выступать в качестве модифицирующего слоя, нанесенного на входную и/или выходную сторону разрабатываемых газопроницаемых мембран, ускоряющего поверхностные процессы. Такой слой на поверхности объемного палладия может значительно (до нескольких раз) ускорять растворение водорода металлом или делать это растворение вообще возможным в низкотемпературном диапазоне. Создание на поверхности мембраны подобного наноструктурированного слоя палладия с наночастицами четко контролируемой морфологии с высокоиндексными гранями с высокой поверхностной энергией сулит значительное ускорение диссоциативно-ассоциативных процессов адсорбции/десорбции на поверхности. Это позволит экспериментально зафиксировать многократное увеличение плотности потока водорода для мембран на основе Pd-Cu в условиях низкой температуры ($< 200^\circ\text{C}$) и давления ($< 0,6$ МПа) по сравнению с образцами гладких и модифицированных стандартными методиками мембран. В свою очередь станет возможным значительное совершенствование процесса диффузионной очистки, понижение рабочих температур и повышение эффективности мембранных фильтров водорода и устройств на их основе. Также в конечном итоге это приведет к созданию на их основе низкотемпературных устройств со сходными или превосходящими характеристиками высокотемпературные аналоги, такие как водородно-воздушные топливные элементы, низкотемпературные мембранные фильтры выделения высокочистого водорода из газовых смесей, электрохимические устройства разделения изотопов водорода, мембранные реакторы парового риформинга (метанола, метана, и т.д.).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121092800102-8

СОЗДАНИЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФОСФИДА КОБАЛЬТА И ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА

Целью данного проекта является создание эффективных фотокатализаторов на основе графитоподобного нитрида углерода и фосфидов кобальта для фотокаталитического выделения водорода и очистки сточных вод от вредных органических веществ под действием видимого излучения. В ходе реализации проекта будут предложены несколько методов приготовления композитных катализаторов на основе графитоподобного нитрида углерода и фосфида кобальта. Полученные фотокатализаторы будут исследованы в реакции фотокаталитического выделения водорода из водных растворов триэтаноломина и из сточных вод. Полученные образцы будут исследованы комплексом физико-химических

методов, которые позволят получить зависимости между основными характеристиками катализаторов (их строением, количеством наносимого компонента, химическим состоянием кобальта и фосфора на поверхности, дисперсности и формой частиц фосфида кобальта) и каталитической активностью. Будут получены данные по изменению свойств катализатора и каталитической активностью в течение нескольких циклов освещения. Это позволит решить фундаментальный вопрос о требованиях к структуре и физико-химическим свойствам эффективного композитного фотокатализатора, состоящего из графитоподобного нитрида углерода и фосфида кобальта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122040200013-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ВОДОРОДНОГО НАСОСА В УСЛОВИЯХ ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Проект направлен на исследование процесса очистки и концентрирования изотопов водорода с помощью электрохимического водородного насоса в условиях характерных для топливного цикла термоядерных установок, оптимизацию конструкции и состава мембранно-электродного блока водородного насоса, оценку эффективности процесса в различных условиях, в том числе в зависимости от температуры, давления водорода и состава исходной газовой смеси (концентрации водорода, концентрации и состава примесей), определения свойств протонпроводящего

материала (твердополимерного электролита (ТПЭ)), в том числе в условиях радиационного облучения, имитирующее излучение трития. Актуальность работы связана с необходимостью разработки эффективных систем топливного цикла термоядерных установок, позволяющих осуществлять разделение водородсодержащих смесей в максимально коротких циклах для обеспечения возможности работы таких установок, повышения их безопасности (за счет снижения количества трития в системах ТЦ) и энергоэффективности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

2022

№ 122012000387-4

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-КЕРАМИЧЕСКИХ ЛАМИНИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПРЕКЕРАМИЧЕСКИХ БУМАГ

Проект направлен на разработку и получение новых функциональных материалов на основе металл-керамических ламинированных структур. Актуальность данного проекта заключается в создании новых материалов, способных обеспечить устойчивое развитие технологий в аэрокосмической, транспортной и энергетической отраслях. В проекте предполагается создание ламинированных композитов на основе МАХ-фаз, сочетающих в себе уникальные характеристики металлов и керамики, таких как высокая прочность, малая плотность, высокая тепло- и электропроводность, высокая коррозионная стойкость, стойкость к термическим ударам и механическая обрабатываемость. В качестве исходных материалов будут использованы прекерамические бумаги с порошковым наполнителем и металлические фольги, что открывает

перспективы получения ламинатов с заданной структурой и свойствами. Предлагаемый новый подход, основанный на создании ламинированных структур на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C и пластичных тугоплавких металлов позволит решить ряд актуальных задач, связанных с предотвращением хрупкого разрушения и повышения физико-механических характеристик керамических композитов, а также приданию материалов необходимых функциональных свойств. В результате реализации проекта впервые будут получены ламинированные металл-керамические композиты на основе Nb/Ti-Si-Al-C и Pd/Ti-Si-Al-C, установлены закономерности их формирования, механические свойства, а также разработаны и определены характеристики ламинированных композитов Pd/Ti-Si-Al-C для очистки водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081500084-3

ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ ИЗ СМЕСЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С МЕТАНОМ И УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ, КОМПРЕССИИ И ХРАНЕНИЯ В МЕТАЛЛОГИДРИДАХ

Водород может быть использован для накопления, хранения и доставки энергии и рассматривается в качестве перспективного энергоносителя и инструмента для решения задач по развитию низкоуглеродной экономики и снижению антропогенного влияния на климат. Основными

преимуществами водорода являются возможность его получения из различных источников и отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя. В низкоэмиссионных энергосистемах водород часто используется в смесях с метаном

(энергетические смеси) и/или углекислым газом (в том числе биоводород) с малой (менее 50%) концентрацией и, соответственно, низким парциальным давлением водорода. Выделение водорода из таких смесей, его компрессия и хранение представляют сложную задачу, поскольку современные коммерческие системы очистки водорода ориентированы на разделение смесей с большой (более 70%) концентрацией водорода, а при ее снижении утрачивают термодинамическую эффективность. Металлогидриды позволяют селективно поглощать и хранить водород в твердофазном связанном состоянии при температурах и давлениях, близких к нормальным условиям, а также эффективно сжимать и очищать водород. Концепция водородной энергетики Российской Федерации (распоряжение правительства РФ от 5 августа 2021 г. № 2162-р) причисляет металлогидриды к технологиям водородной энергетики, разработку которых необходимо организовать в приоритетном порядке и которые должны быть доведены до промышленного внедрения. Металлогидриды могут быть использованы для эффективного разделения смесей водорода с метаном и/или углекислым газом, таким образом, они могут быть применены в цикле для производства энергетических смесей на основе водорода, а также для улавливания углекислого газа возобновляемых источников энергии и других источников энергии с низким уровнем выбросов углекислого газа. В настоящее время наиболее экономически эффективным способом получения водорода является его централизованное производство методом паровой конверсии метана или газификации угля, при этом необходимо обеспечение улавливания углекислого газа, поскольку выбросы парниковых газов в этих процессах составляют порядка 75 г CO₂eq/МДж H₂ и выше, в то время как низкоуглеродным считается водород с углеродным следом менее 36.4 г CO₂eq/МДж H₂. Наиболее экологичный способ производства водорода основан на электролизе воды за счет электроэнергии атомных и гидро- электростанции, а также электроэнергии возобновляемых источников энергии. Еще одним источником водорода с низким углеродным следом может стать биомасса, при этом существуют методы биологического производства водорода в качестве продукта жизнедеятельности некоторых микроорганизмов. При этом в качестве источника водорода могут быть использованы сельскохозяйственные и бытовые органические отходы, что увеличивает экологическую привлекательность этого метода. Однако в настоящее время все низкоуглеродные методы существенно дороже способов производства из ископаемого сырья, и в общем производстве водорода они составляют менее 1%. Целью развития технологий на базе возобновляемых источников энергии является снижение к 2050 году стоимости низкоуглеродного водорода до уровня менее 2 долларов США за килограмм, что сделает его конкурентоспособным с ископаемыми топливами. Еще одной важной проблемой является транспортировка и хранение водорода. Водород из ископаемых источников используется в основном на месте производства в нефтехимической или аммиачной промышленности, для использования в низкоуглеродной энергетике необходимо его доставлять потребителю, в том числе на дальние расстояния. Для этого предлагается использовать энергетические смеси, в первую очередь водорода с метаном (природным газом), которые могут быть использованы в обычных газовых сетях. Концентрация водорода в таких смесях мала (обычно 5-10%), поэтому его извлечение становится трудной и дорогостоящей задачей, поскольку современные коммерческие методы очистки водорода (мембранные, КЦА) ориентированы в первую очередь на смеси с высоким содержанием водорода, и становятся неэффективными, когда водород является второстепенным компонентом смеси. Схожие проблемы наблюдаются и в производстве биоводорода. Типичный продукт биологической переработки органического сырья представляет собой влажную смесь газов с низким парциальным давлением водорода (<1 бар). Также для повышения конверсии органики всю большую популярность

приобретают многостадийные методы, в которых производится смесь водорода и метана биологического происхождения. Для решения этой задачи мы предлагаем выполнить мультидисциплинарные исследования, чтобы разработать методы получения водорода при повышенных гидростатических давлениях с использованием экстремофильных микроорганизмов. Недавние исследования показывают, что водородный метаболизм гораздо более распространен в природе, чем это раньше предполагалось, и в том числе свойственен некоторым глубоководным микроорганизмам, адаптированным к окружающей среде с высоким давлением. Обеспечение высоких гидростатических давлений внутри биореакторов требует гораздо меньших затрат энергии, чем сжатие продуктовых газов, таким образом использование пьезотолерантных или пьезофильных микроорганизмов сможет решить проблему предварительного сжатия биоводорода. Цель проекта заключается в исследованиях и разработке фундаментального базиса для устойчивого производства очищенного водорода с низким углеродным следом из смесей с метаном и/или углекислым газом, включая смеси биологического происхождения, с применением металлогидридов. Исходным продуктом должна быть смесь с давлением ниже 1 МПа с парциальным давлением водорода ниже 0.2 МПа. Должно быть исследовано биологическое производство водорода темновой ферментацией при повышенных гидростатических давлениях для поиска возможности обеспечения достижимости требований к исходной смеси. Водород должен быть очищен с помощью металлогидрида с коэффициентом извлечения свыше 70% и аккумулирован в металлогидридах с использованием низкопотенциального (менее 100 град C) тепла. Продуктом должен быть чистый водород, пригодный для использования в топливных элементах с твердополимерным электролитом, с давлением свыше 1 МПа для использования в качестве первой ступени в дальнейшей компрессии водорода до 35-70 МПа. Новизна проекта подтверждается литературными обзорами, которые показывают, что в настоящее время наблюдается недостаток исследований посвященных оптимизации эффективности производства низкоуглеродного водорода и его кондиционирования с помощью металлогидридов. Большая часть исследований выполнена на лабораторном уровне с использованием малых количеств металлогидридов, и исследования по масштабированию металлогидридных технологий важны для вывода реальных приложений на рынок. Исследования показали, что металлогидридные технологии очистки могут быть более эффективны по сравнению с традиционными методами для низкотемпературных применений. Использование изотермических режимов работы металлогидридных реакторов, рекуперация тепла и использование температуры окружающей среды рассматриваются как перспективные способы для повышения КПД устройств. Биоводородные технологии, особенно темновая ферментация рассматриваются в качестве перспективных для производства биоводорода на коммерческом уровне. Наблюдается недостаток данных по масштабированию технологии до полупромышленного уровня с целью достижения лучших показателей по мощности, жизнеспособности и экономической эффективности производства биоводорода, отмечается, что необходим анализ процесса очистки водорода наряду с процессом ферментации, что важно для использования биоводорода. Команда проекта специализируется на междисциплинарных исследованиях и включает высококвалифицированных специалистов в области возобновляемой и водородной энергетики, а также тепломассопереноса, химии и биологии. Опыт и квалификация команды подтверждаются множеством публикаций в тематической области проекта, а также международным и российским признанием, в состав коллектива входят лауреат Государственной премии РФ для молодых ученых и лауреат 2021 года премии «Глобальная энергия» за выдающийся вклад в развитие альтернативной энергетики. Научно-

технических задел команды показывает, что предложенная стратегия является технически осуществимой, таким образом

ее помощью можно получить практически значимые результаты.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012400186-9

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка новых высокоэффективных металлических и композиционных металл-полимерных материалов для создания компактных источников водорода гидролизного

типа, мембранного выделения водорода из газовых смесей и его хранения в химически связанном виде.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 122081500027-0

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО ГРАФЕНА С ВАРЬИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ И ОПТОЭЛЕКТРОНИКЕ

Лазерно-индуцированный графен (ЛИГ) представляет собой графеноподобную пористую (пенистую) пленочную структуру, непосредственно формирующуюся на поверхности углеродосодержащего (обычно полимерного) материала при пиролизе лучом лазера, который движется по поверхности по заранее заданной программе. Формирование ЛИГ осуществляется в реальном масштабе времени в воздушной атмосфере при небольшой плотности мощности лазерного излучения, т.е. без применения дорогостоящего оборудования, дорогостоящих химических реагентов и без проведения сложных химических реакций, и различных рутинных манипуляций. ЛИГ является новым многофункциональным материалом, который может быть использован для изготовления электрокатализаторов, газоразделительных мембран для очистки водорода, различных сенсоров и т.д. ЛИГ является превосходным материалом для изготовления гибких микросуперконденсаторов различной геометрической формы. При всех преимуществах ЛИГ вследствие ограниченности глубины проникновения излучения CO₂ лазера в полиимидную пленку почти все пленки ЛИГ имеют толщину не более 40-60 мкм, что позволяет получать конденсаторы емкостью не более 1-4 мФ/см². Увеличение мощности лазера или повторное лазерное воздействие на уже сформированный слой ЛИГ не позволяют существенно увеличить толщину ЛИГ, следовательно, и удельную емкость. В связи с этим возникает проблема увеличения толщины ЛИГ и получения более объемных слоев ЛИГ по сравнению с теми, что образуются при традиционном способе синтеза, когда в качестве прекурсоров используются промышленные полимерные пленки. Также крайне важны физико-химические свойства поверхности ЛИГ, например, ее лиофильность, влияющая на смачиваемость различными жидкостями, например, электролитами, что важно при изготовлении микросуперконденсаторов. В зависимости от области применения ЛИГ и решаемой задачи нужны либо

ЛИГ с выраженными лиофобными, либо лиофильными свойствами, а также с промежуточными характеристиками. Получение ЛИГ с варьiruемой толщиной и варьiruемыми электрическими характеристиками также актуально с точки зрения разработки на его основе быстродействующих фотоприемников, работающих в широком спектральном диапазоне, а также для разработки и создания различных датчиков и сенсоров. Помимо этого, при изготовлении некоторых типов датчиков, например, датчиков влажности, необходимо формировать ЛИГ в виде узкой нити шириной несколько микрометров. Формирование ЛИГ с такими параметрами с помощью CO₂ лазеров невозможно. Для этих целей необходимо использовать лазерные источники, генерирующие излучение в синей и ультрафиолетовой областях оптического спектра. Таким образом, целью данного проекта является формирование ЛИГ с варьiruемыми параметрами (толщина, степень гидрофильности поверхности, электропроводность, концентрация и подвижность носителей заряда, коэффициент преобразования лазерной мощности в фототок в широком диапазоне длин волн) с помощью непрерывного длинноволнового CO₂ (длина волны 10.6 мкм) и коротковолнового импульсно-периодического диодного лазера (длина волны 0.45 мкм) для разработки и создания различных элементов электроники и оптоэлектроники с улучшенными характеристиками. При выполнении проекта также будут проведены работы по исследованию анизотропии электропроводности пленочных структур ЛИГ и его влияния на характеристики быстродействующих ЛИГ-фотоприемников, предназначенных для регистрации временных форм импульсов лазера, работающих в широком спектральном диапазоне, охватывающем ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный диапазоны длин волн. Все планируемые исследования находятся на передовом фронте мировой науки, а ожидаемые результаты будут обладать научной и изобретательской новизной.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «УДМУРТСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122123000007-4

НОВЫЕ ФОТОАКТИВНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Целью проекта является разработка инновационных интегрированных систем, совмещающих очистку окружающей среды от загрязняющих веществ и производство возобновляемой энергии (химического топлива) в результате фотохимического преобразования солнечной энергии с помощью целенаправленно созданных новых высокоэффективных фотокатализаторов. Достижение поставленной цели проекта требует решения 4 основных групп задач (work packages, WP). WP1 - Первая группа задач направлена на реализацию контролируемого синтеза новых гетероструктурных и нанокомпозитных фотоактивных

материалов, а также формирования тонких пленок на их основе. WP2 - Вторая группа задач направлена на исследование и применение синтезированных материалов в процессах фотохимического окислительного цикла при разложении газообразных загрязняющих веществ. WP3 - Третья группа задач направлена на исследование и применение синтезированных материалов в процессах фотохимического восстановительного цикла, ориентированных на преобразование солнечной энергии в топливо и химическое сырье. С использованием синтезированных материалов будут проведены фотоэлектрохимические исследования

по фотовосстановлению углекислого газа и воды до высокоэнергетических химических продуктов с добавленной стоимостью (таких как метан, метанол и водород). WP4 - Четвертая группа задач сфокусирована на создании интегрированных систем на основе новых фотоактивных материалов для одновременной реализации процессов разложения загрязнений окружающей среды (окислительный цикл) и производства высокоэнергетических продуктов (восстановительный цикл) в результате преобразования солнечной энергии. Будут сконструированы два типа систем: однокамерные фотохимические каталитические реакторы и фотоэлектрохимические tandemные ячейки с разделением

окислительных и восстановительных циклов фотопроцессов. Целевые параметры системы: плотность тока на освещаемую площадь поверхности – 1 мА/см²; квантовая эффективность по получению водорода – 5 %, по конверсии CO₂ – 1%; эффективность процесса окисления – 10 – 15 %. Таким образом, выполнение поставленных задач и достижение цели проекта позволит создать эффективные системы для реализации технологии одновременной очистки окружающей среды от загрязнений и получения высокоэнергетических продуктов (солнечного топлива) за счет преобразования солнечной энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2023

№ 123081700007-9

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕМБРАН ДЛЯ БЛОКА ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Объект исследования – синтез образцов металлических мембран на основе металлов IV и V групп. Цель работы – Разработка металлических газоразделительных мембран для блока очистки водорода, синтез экспериментальных образцов мембран и исследование их свойств. Методология проведения работы заключалась в анализе известных составов мембранных сплавов на основе металлов 4 и 5 групп

(Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta), изучении влияния составов сплавов на физико-химические и физико-механические свойства с целью разработки лабораторных образцов водородопроницаемых металлических мембран. Область применения. Результаты НИР могут быть использованы для создания малых лабораторных установок для синтеза топлив (водорода).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123051200005-3

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ Nb-СОДЕРЖАЩИХ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕМБРАН ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Проект направлен на разработку фундаментальных основ получения высокоэнтропийных сплавов (ВЭС) системы Nb-Ni-Co-TM1-TM2 (где TM – переходный металл) для создания перспективных металлических мембран глубокой очистки водорода. В рамках проекта будет использован комплексный подход для выявления роли состава ВЭС в процессах накопления и миграции в них атомов водорода. Теоретическое изучение из первых принципов атомной и электронной структур сплавов будет проводиться в рамках теории функционала электронной плотности методом псевдопотенциала, реализованным в пакете программ ABINIT. В проекте будут рассчитаны энергии связи атомов водорода в системе Nb-Ni-Co-TM1-TM2 в зависимости от концентрации

элементов, изучено ее электронное строение и выявлен характер взаимодействия атомов водорода с различными атомами сплава. На основе результатов численного моделирования будут синтезированы перспективные ВЭС и проведена верификация численных моделей. По результатам экспериментальных исследований будут установлены закономерности формирования микроструктуры, фазового состава, а также водородопроницаемости синтезированных ВЭС. Таким образом, моделирование позволит проводить выбор и оптимизацию состава высокоэнтропийных сплавов для последующей разработки высокопроницаемых металлических беспалладиевых мембран нового поколения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 1230609000069-0

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ И РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Pd-Cu ДЛЯ УСТРОЙСТВ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Актуальность проблемы, в прикладном аспекте, обусловлена необходимостью создания высокопроизводительных и экономичных мембранных элементов для устройств глубокой очистки водорода; в научном – отсутствием обоснованных данных: к выбору системы, её состава, атомной структуры; зависимости водородопроницаемости от элементного состава; о

морфологии поверхности; о деградации поверхности в процессе эксплуатации в рабочих средах. Новизна вытекает из оценки состояния проблемы по доступным публикациям и состоит в использовании новых подходов к системному исследованию: атомной структуры фольги; обработки фольги; каталитической активности фольги.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123060100004-9

МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИГЕТЕРОАРИЛЕНОВ С БЕНЗИМИДАЗОЛЬНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДОРОДА

Задачей проекта является разработка научных основ высокотемпературного (до 250°C) мембранного газоразделения с использованием термостабильных полигетероариленов, содержащих бензимидазольные группы. Будут разработаны новые методики измерения газотранспортных параметров полимеров в интервале температур от комнатной до 250°C. Будет проведено исследование и анализ температурных зависимостей коэффициентов проницаемости, диффузии и растворимости газов при повышенных температурах для широкого круга термостабильных полигетероариленов, содержащих бензимидазольные циклы. Будут синтезированы как описанные ранее, так и новые полимеры указанных

классов различного химического строения и оптимизированы методы их синтеза. Сравнительный анализ газотранспортных характеристик для полимеров различного химического строения позволит выбрать наиболее перспективные полимеры для создания нового поколения газоразделительных мембран с непористым селективным слоем, функционирующих в области температур до 250°C в частности, полимерных мембран для высокотемпературного разделения водородсодержащих смесей, получаемых при паровой конверсии метана. Результаты проведённой работы лягут в основу нового направления фундаментальных исследований – высокотемпературного мембранного газоразделения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

5.4 ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО И ЭФФЕКТИВНОГО ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В ГАЗООБРАЗНОМ И ЖИДКОМ ВИДЕ2021

№ 121120700179-1

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

Проект направлен на разработку научных основ проектирования металлгидридных систем хранения водорода с применением современных методов цифрового моделирования и аддитивных технологий. В рамках проекта будет проведено моделирование влияния геометрии теплообменника на свойства металлгидридных систем хранения, будут проведены исследование закономерностей изменения характеристик металлгидридных аккумуляторов с композиционным материалом на основе магния в

зависимости от вида теплообменника. Проведен выбор и обоснование наиболее оптимальной геометрии теплообменников, полученных с применением методов цифрового моделирования и 3D прототипирования, для металлгидридных аккумуляторов. Полученные результаты могут быть востребованы при разработке новых методов аддитивного производства высокоэффективных систем хранения водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122062700002-4

МОНОАТОМНЫЕ Pd КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ КОВАЛЕНТНЫХ ТРИАЗИНОВЫХ КАРКАСОВ

Нанесённые металлические катализаторы обычно представляют собой материал, состоящий из носителя, на котором закреплён активный компонент катализатора – наночастицы металла размером от 2-3 до нескольких десятков нанометров, на поверхности которых протекают каталитические реакции. Такие катализаторы являются более стабильными, чем гомогенные катализаторы, они позволяют многократное использование и легкое отделение от жидких продуктов и реагентов, но, к сожалению, часто бывают менее активными в различных реакциях. Поэтому необходимо разрабатывать новые типы гетерогенных катализаторов. В последние несколько лет наблюдается большой интерес к исследованию катализаторов, в которых активный компонент – металл атомарно-диспергирован на поверхности носителя, то есть представляет собой поверхностные изолированные атомы металла, закреплённые на определенных центрах носителя. Такие катализаторы называют катализаторами с моноатомными центрами (single-atom catalysts, SAC). Каталитические свойства такого материала могут существенно отличаться от свойств объемного металла вследствие отличающейся координации атома металла и его электронных свойств. Важно, что скорости некоторых реакций на катализаторах с моноатомными центрами могут значительно превышать скорости на традиционных нанесенных катализаторах при сохранении высокой стабильности, что может позволить проводить реакции при более низких температурах, при меньших затратах энергии. Целью проекта является разработка новых активных, селективных

и стабильных катализаторов с моноатомными центрами Pd, нанесенными на ковалентные триазиновые каркасы, для получения водорода путём разложения муравьиной кислоты. Для синтеза катализатора с высокой концентрацией активных моноатомных центров необходимо иметь носитель с высокой площадью поверхности, содержащий высокую концентрацию определенных центров, которые могут взаимодействовать с прекурсором металла и впоследствии при нагревании стабилизировать моноатомные центры металла, сильно взаимодействующие с носителем, что предотвращает их спекание в наночастицы. Ковалентные триазиновые каркасы состоят из углерода, азота, водорода и иногда кислорода, являются стабильными при достаточно высоких температурах (>673 K) и обладают специфическими поверхностными центрами, в частности, азотными, способными связывать атомы металла. В катализаторах с моноатомными центрами дорогой металл-катализатор используется более эффективно по сравнению с металлом в наночастицах, которые содержат также металл в объеме частиц, обуславливая меньшую концентрацию активных центров. Это особенно важно для промышленного использования, где цена катализатора играет важную роль. Следует ожидать дальнейшей интенсификации исследований в направлении катализа моноатомными центрами и значительного научного прорыва, следующего за прорывом в исследованиях по нанокатализу, уже не вызывающим столь значительный интерес, который наблюдался 5-10 лет назад. Научные проблемы состоят в выявлении влияния изоляции отдельных атомов металла

на носителе на каталитические свойства, в установлении структуры и электронного состояния атомов металла. Разработка эффективных катализаторов, содержащих нанесенные моноатомные центры Pd будет проводиться на основе изучения структуры активного центра и механизма реакции. Будут осуществлены следующие этапы работы: - физико-химические исследования полученных ковалентных триазиновых каркасов, - нанесение активного компонента (Pd) на эти носители с целью получения моноатомных центров металла, - определение каталитических свойств в реакциях получения водорода из муравьиной кислоты катализаторов с моноатомными центрами Pd и сравнение их со свойствами катализаторов с наночастицами, - определение структуры и электронных свойств активного центра, - установление взаимосвязи между структурой активного центра и каталитической активностью, селективностью и стабильностью в реакциях получения водорода разложением

муравьиной кислоты, - установление основных принципов механизма реакции. Выбор реакции разложения муравьиной кислоты объясняется тем, что муравьиная кислота рассматривается в последнее время в качестве жидкого органического вещества для хранения водорода (LOHC). Она содержит 4.4 вес% водорода (53.4 г/л), что в 2 раза больше, чем количество водорода при 350 бар в том же объеме. Важно иметь катализаторы, которые позволяют извлекать водород из муравьиной кислоты без примеси CO при температурах близких к комнатной (<373 K). Другим продуктом разложения является диоксид углерода, который может быть использован в свою очередь для синтеза муравьиной кислоты также при низких температурах (<373 K). Альтернативно муравьиная кислота может быть получена окислением/ гидролизом биомассы. В литературе только недавно начали появляться данные о работах, в которых используются катализаторы с моноатомными Pd центрами для указанной реакции.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122080100026-0

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ГЕТЕРОСТРУКТУР НИТРИД БОРА - ГРАФЕН ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АДСОРБЦИИ ВОДОРОДА

Определение оптимальных параметров и прогнозирование новых вариантов гетероструктур на основе графена и гексагонального нитрида бора – перспективных сред для

хранения водорода по результатам квантово-химических расчетов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122012000473-4

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ С ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ И НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ, ЛЕГКОВЫХ И МАЛОТОННАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Разрабатывается новая система хранения водорода в сжатом виде, которая отличается повышенной безопасностью, за счет применения диссипативного (многополостного) баллона и повышенным давлением до 120 МПа. Результат достигается за счет создания баллона с намоткой из углеволокна, внутренний объем которого представляет собой пористое тело, с правильной, математически заданной структурой пор, выполненное зацело слайнером (герметичной оболочкой баллона) методом 3D печати. Пористое тело не позволяет газу мгновенно расширяться при повреждении баллона и тем самым предотвращает взрыв. При этом

пористое тело может иметь несколько независимых систем пор, часть из которых заполняются смолой, для повышения прочности и герметичности. Результатом работы будут две системы – для наземного и для воздушного транспорта. Системы позволят обеспечить безопасное использование водорода на транспорте, и улучшить экономические показатели. Основные потребители результатов – компании, занимающиеся разработкой и изготовлением водородных энергетических установок, водородного транспорта и других систем, использующих сжатый водород.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПОЛИФЕМ»

№ 121111100072-9

ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ВОДОРОДА В ОРГАНИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЯХ

ЦЕЛЬ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ: Разработка научных основ и технологических решений применения органических соединений в качестве аккумуляторов водорода и создание перспективных материалов для водородной энергетики. **Задачи:** 1. Изучение термодинамических характеристик потенциальных органических носителей водорода. Определения условий исчерпывающего гидрирования и исчерпывающего дегидрирования для потенциальных носителей водорода. Разработка рецептуры и тестирование органических носителей водорода в широком диапазоне ёмкостей. 2. Синтез и определение текстурных и физико-химических характеристик катализаторов гидрирования/ дегидрирования. Определение каталитической активности синтезированных катализаторов в реакциях гидрирования

и дегидрирования потенциальных носителей водорода. Установление взаимосвязи «структура-свойство». Разработка рецептуры и тестирование каталитических композиций для процессов накопления и извлечения водорода в органических носителях. 3. Синтез и определение текстурных и физико-химических характеристик электрокатализаторов для топливных элементов. Определение каталитической активности синтезированных электрокатализаторов в реакциях восстановления кислорода. Установление взаимосвязи «структура-свойство». Разработка рецептуры и тестирование электродных материалов для топливных элементов. 4. Подготовка научных и инженерных кадров, обладающих компетенциями в области водородной энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121041400039-9

ДИЗАЙН НИЗКОРАЗМЕРНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ФОТОСИНТЕЗА

Искусственный фотосинтез - это химический процесс, который биомимикрирует естественный процесс фотосинтеза для преобразования солнечного света, воды и углекислого газа в углеводы и кислород. Термин искусственный фотосинтез обычно используется для обозначения любой схемы захвата и хранения энергии солнечного света в химических связях топлива (солнечного топлива). Предлагаемое исследование направлено на поиск новых материалов для реализации фотокаталитического расщепления воды с образованием водорода и кислорода. Водород, полученный при помощи искусственного фотосинтеза, может быть использован

в водородных двигателях для генерирования «чистой» энергии. Кроме того, в проекте будут детально изучены реакции расщепления воды и образования реактивных форм кислорода на примере двух новых классов наноструктур: металлоценоподобные структуры и структуры на основе дихалькогенидов переходных металлов типа «Янус» состава XY_2 , где $(X,Y)=S, Se, O, Te, M=Mo, V, W$. Детальное исследование двумерных соединений углерода с металлами, образующих металлоценоподобные структуры, позволит выявить их стабильность и оптические характеристики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ БИОХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.М. ЭМАНУЭЛЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121120100267-1

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ И МАШИНОСТРОЕНИИ

В работе планируется решить следующие задачи: анализ способов получения композитов на основе углеродной матрицы и металлического наполнителя посредством деформационно-термической обработки; изучение физических и механических свойств композитных материалов на основе углеродной матрицы и поиск способов управления свойствами посредством контроля морфологии композита;

поиск углеродных наноматериалов с комплексной архитектурой на основе полиморфов углерода для хранения и транспортировки водорода; изучение скомканного графена как перспективного материала для водородной энергетики и создания суперконденсаторов; исследование углеродных материалов и композитов с улучшенными прочностными характеристиками для создания сверхпрочных покрытий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2022

№ 122070400094-7

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРА И ТЕХНОЛОГИИ РАЗЛОЖЕНИЯ АММИАКА

Для реализации стратегии безуглеродной энергетики необходимо решить проблему аккумулялирования, хранения и доставки водорода потребителям. Перспективным является аккумулялирование водорода в виде аммиака. В одном объеме жидкого аммиака содержится в 1,7 раза больше водорода, чем в жидком водороде. Аммиак обладает более высокой плотностью по содержанию водорода, чем газообразный, жидкий водород и гидриды металлов. Стоимость транспортировки водорода в составе аммиака в 20 раз меньше, чем перевозка и хранение сжатого водорода. Получение водорода из аммиака осуществляют путём диссоциации аммиака на азот и водород (соотношение $N_2/H_2=1/3$). Принципиально важным для реализации процесса является разработка эффективных катализаторов и аппаратуры. В технологической стратегии развития водородной энергетики Российской Федерации до 2050 года в

перечне технологий, создание или локализация производства которых необходимы для развития водородной энергетики, особо отмечается перспективность проведения исследований по связыванию водорода в аммиак и другие носители водорода, например, метилциклогексан. Проект соответствует приоритетному направлению Стратегии НТР РФ, 20 б (H2) «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». При реализации проекта будут разработаны катализаторы для разложения аммиака, исследованы их физико-химические и технологические свойства, разработаны варианты технологических схем и определены оптимальные технологические параметры процесса генерации водорода из аммиака.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122022800276-2

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СОНАХОЖДЕНИИ ВОДОРОДА И МЕТАНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Целевая установка темы диктуется необходимостью выявления совокупности гидрохимических и микробиологических процессов, сопутствующих совместному нахождению в геологической среде водорода и метана в широком диапазоне термобарических условий. Ожидаемые результаты: - методики экспериментальных исследований: а) водородного воздействия на физико-химические свойства пород коллекторов и покрышек; б) снижения объемов водорода в водород-метановых смесях при различных гидрохимических, термобарических и микробиологических нагрузках; - оценка влияния водород-метановых смесей на физико-химические свойства пород под воздействием

гидрохимических и микробиологических процессов; - оценка влияния ацетогенеза, метаногенеза, сульфат- и железоредукции на развитие коррозионных явлений по отношению к образцам технического цементного камня и естественного цемента пород в присутствии водород-метановой смеси; - численная геохимическая модель взаимодействия водород-метановых смесей с минеральными компонентами геологической среды; - обоснование критериев: а) поисков природных источников водород-метановых смесей; б) оценки рисков совместного хранения водорода и метана в

подземных условиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122082300022-4

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДНОГО ВОДОРОДА В РОССИИ

Водородная энергетика в настоящее время является одним из приоритетных направлений технологического развития мировой экономики в условиях необходимости ее декарбонизации. Основными преимуществами водорода являются возможность его получения из различных источников и отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя. Многие технологически развитые страны мира уже имеют специализированные государственные стратегии и дорожные карты по развитию водородной энергетике. В августе 2021 года Правительством РФ была утверждена Концепция по развитию водородной энергетике в Российской Федерации на перспективу до 2050 года (далее – Концепция). Для Российской Федерации развитие отечественной водородной энергетике является ответом на вызовы, связанные с замедлением роста и изменением структуры мирового спроса на энергоресурсы, повышением требований к углеродоемкости продукции и развитием нормативной базы в области регулирования выбросов парниковых газов в странах ЕС, Азиатско-Тихоокеанского региона и США.

Основным критерием оценки технологий водородной энергетике является объем выбросов углекислого газа на протяжении полного жизненного цикла водородных энергоносителей. Согласно данному критерию наиболее конкурентоспособным на формирующемся мировом рынке водорода является низкоуглеродный водород, производимый следующим путями: из ископаемых топлив с применением технологий улавливания углекислого газа - пиролиза углеводородного сырья и аналогичных технологий; методом паровой конверсии природного газа с использованием тепловой энергии атомной энергостанции с улавливанием углекислого газа; методом электролиза воды с использованием электроэнергии атомной энергостанции, гидроэнергостанции или возобновляемых источников энергии. Наиболее экологичным способом производства водорода считается электролиз с использованием электроэнергии из возобновляемых источников. Однако этот способ является наименее эффективным с экономической точки зрения.

Помимо этапа производства полный жизненный цикл

водородного энергоносителя включает и транспортировку к месту непосредственного использования. Технологии транспортировки и хранения водорода, применяемые в настоящее время включают транспортировку трубопроводным транспортом, различными видами транспорта в сжиженном или компримированном состоянии, а также в связанном состоянии в виде аммиака или жидких органических носителей. Учитывая наличие нескольких вариантов производства и транспортировка водорода, образуется большое множество вариантов формирования технологической цепочки «производство»-«транспортировка», для каждого из которых должен быть рассчитан углеродный след, параметры экономической и социальной эффективности. Поэтому, как отмечено в Концепции, разработка методик оценки жизненного цикла водорода с учетом различных способов производства, хранения, транспортировки и применения водорода является одной из приоритетных научных задач.

Основной целью проекта является разработка инструментария моделирования и прогнозирования комплексных эколого-экономических эффектов различных вариантов формирования технологической цепи по производству, хранению и транспортировке водорода на основе интеграции методологии оболочечного анализа данных (в англоязычном варианте – Data Envelopment Analysis, DEA) и методологии гибридного анализа жизненного цикла (hybrid LCA).

Научная новизна проекта состоит: 1) в методологическом подходе, интегрирующем мощный математический аппарат оболочечного анализа данных и новейшую методологию гибридного анализа жизненного цикла, включающую комплексное использование экономического анализа затрат и процессного LCA; 2) в разработке двухэтапных моделей оболочечного анализа данных; 3) в учете неопределённости развития большинства технологий хранения и транспортировки водорода с низким уровнем технологической готовности посредством построения многокомпонентных кривых обучения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

№ 122031400697-1

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФИЗИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ГАЗОДИНАМИКИ, ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИИ

Цель научного исследования: Разработка методов диагностики процессов горения и детонации. Построение аналитических и численных моделей процессов горения и детонации при физических и химических воздействиях. Построение статистических моделей развития газовых взрывов в условиях стохастической невоспроизводимости динамики ускорения неустойчивых фронтов химической реакции. Создание методов управления горением для повышения энергетической эффективности процесса сгорания. Создание фундаментальных основ для разработки эффективных методов повышения взрывобезопасности промышленных и энергетических объектов. Определение скоростей фронта пламени, скоростей горения и потоков газовых смесей как в закрытых химических реакторах, так и открытых и полукрытых, определение ударно-волновых воздействий на боковые поверхности реактора, определение условий ускорения и замедления фронта пламени в смесях водорода и углеводородов с воздухом при прохождении

фронтом пламени пористого элемента. Повышение экологии процессов горения перспективных биотоплив на основе спиртов и эфиров, определение влияния добавок биотоплив на процессы образования в продуктах горения полиароматических углеводородов (ПАУ) и конденсированных углеродных наночастиц (сажи). Разработка кинетических механизмов образования ПАУ и сажи в процессах горения и пиролиза перспективных биотоплив. Получение численных данных о влиянии спонтанного дореагирования с воздухом струи водорода высокого давления (порядка 1 кБар) на параметры ведущей отошедшей ударной волны и тротильный эквивалент физического взрыва. Численное исследование влияния неустойчивости контактной поверхности на дореагирование водорода при расширении высокоскоростной струи, выяснение характерных зон ламинарного течения, турбулизации и последующей реакции водорода с воздухом. Влияние ударного нагрева окислителя на результирующие параметры взрыва (давление и импульс взрывной волны).

На основе полученных данных выработка мер защиты или минимизации последствий взрывной декомпрессии

баллонов сверхвысокого давления при хранении водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052000070-1

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ХИМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОДОРОД-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

В настоящее время водородные технологии находят широкое применение в системах электроснабжения и электротранспорте, а также используются в большинстве портативных устройств. Транспортировка и хранение водорода происходит в баллонах высокого давления (300 или 750 атм.), либо в жидком состоянии (сосуды Дьюара). Такие методы являются небезопасными и вызывают трудности вне зоны специального обслуживания. Одним из решений данных проблем может стать применение химических генераторов водорода. Химических соединений, потенциально способных стать химическими источниками водорода (ХИВ), достаточно много. Это различные гидриды, боргидриды, алюмогидриды,

бораны и прочее. Однако, в зависимости от совокупности свойств, их реальная применимость значительно отличается. Важными являются такие характеристики, как массовая доля водорода, простота его извлечения и содержание в нём примесей, устойчивость и стабильность исходного соединения, доступность и стоимость. В качестве эффективных ХИВ могут использоваться только вещества, обладающие определённым сочетанием перечисленных параметров. Основной целью данной работы является создание прототипа химического генератора водорода с высоким массовым выходом водорода.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

№ 122070800004-2

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время остро стоит проблема, связанная с ростом спроса на энергию, и, как следствие, с нехваткой ископаемого топлива и загрязнением окружающей среды. Важным вопросом стал поиск возобновляемых экологически чистых источников энергии с большими запасами. Водородная энергия имеет большие перспективы применения благодаря неограниченным запасам водорода, нетоксичности, энергоэффективности и постепенно используется в топливных элементах, транспорте и аэрокосмической технике. Однако широкомасштабное производство водородной энергии сдерживается двумя факторами: процессом получения и эффективным хранением. Проблема хранения водорода является одной из ключевых проблем развития водородной энергетики. Так как водород имеет низкую объемную плотность энергии (1 кг водорода при нормальных условиях занимает объем более 11 м³), то в целях хранения и транспортировки его следует сжимать. Жидкий водород необходимо хранить при температуре не выше 20 К, так как при большей температуре происходит его закипание. Следовательно, необходимо разработать теплоизоляционные резервуары, в которых потери, связанные с испарением водорода, были бы минимальными, по сравнению с применяемыми в настоящий момент материалами. В качестве теплоизоляционных материалов для хранения жидкого водорода используют следующие материалы: перлит, минеральная вата (базальтовая теплоизоляция) и аэрогели. Наиболее эффективным и долговечным из применяемых теплоизоляционных материалов для водородной энергетики является перлит. Однако он имеет недостатки: высокая слеживаемость, усадка, необходимость защитных конструкций, низкая морозостойкость. Разрабатываемые ячеистые стекломатериалы будут обладать необходимым комплексом свойств, улучшающие характеристики существующих теплоизоляционных материалов, для создания теплоизоляционного слоя в резервуарах для хранения водорода под давлением при низких температурах. В связи с вышеизложенным, актуальность проекта достаточно объективна, а его научная значимость заключается в формировании базовых принципов разработки и управления свойствами эффективных теплоизоляционных силикатных материалов на основе экономически доступного сырья, а именно отходов стеклопроизводства и угольной энергетики,

подходов к их исследованию и применению в качестве теплоизоляционного кожуха емкостей для хранения водорода. Научная новизна заключается в: – установлении характера влияния химических составов, физико-химических свойств и фазовоструктурных особенностей отходов стеклопроизводства и угольной энергетики на формирование теплоизоляционных силикатных материалов; – разработке методики расчета сырьевых смесей на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики для синтеза теплоизоляционных силикатных материалов; – установлении зависимости влияния состава сырьевой смеси и режимов обжига на структуру и свойства синтезируемых материалов на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики; – выявлении особенностей фазообразования и структурообразования на физико-химические и механические свойства теплоизоляционных силикатных материалов; – разработке математической модели, описывающей взаимосвязь между технологическими параметрами синтеза (температура и время вспенивания, химический, гранулометрический, фазовый состав сырья, наличие модифицирующих добавок) и свойствами (плотность, теплопроводность, прочность и пр.) синтезируемых теплоизоляционных силикатных материалов; – создании обобщенного механизма синтеза и выборе оптимальных технологических параметров получения пористых теплоизоляционных силикатных материалов с заданным комплексом свойств на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики. Достижимость поставленных задач обеспечивается наличием в составе коллектива квалифицированных исполнителей с теоретическими и экспериментальным заданием по разработке составов функциональных стеклокомпозиционных материалов. Таким образом данный проект соответствует приоритетному направлению Н2 «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии» из «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», в области перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, формирования новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122041800005-9

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Одним из вызовов энергетической безопасности для Российской Федерации является изменение структуры спроса на энергоресурсы, включая замещение углеводородов другими видами энергетических ресурсов, в том числе водородом. Согласно планам правительства, РФ должна организовать экспорт водорода к 2030 году ежегодно на сумму от 50 до 100 млн долларов. Очевидно, что энергетический переход в ближайшие годы неизбежен. И, если технологии выработки водорода в той или иной мере имеются, вопросы строительства инфраструктуры для осуществления этих планов не могут быть выполнены без знаний и нормативов для применяемых материалов. С

одной стороны водород является взрывоопасным газом, с другой стороны известна его возможность влиять на свойства металлов и неметаллов, что может вызывать разрушения конструкций. Таким образом вопрос обеспечения надежности всей водородной инфраструктуры является крайне важным. Для этого необходимо создание научно-исследовательского центра, позволяющего выполнять испытания материалов при эксплуатационных условиях транспортировки и хранения водорода, а также осуществлять разработку технологий требующихся для этих целей. Имеющийся в СПбПУ задел позволяет вырваться вперед, но при наличии расширенной лабораторной базы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122021000035-6

СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ

Создание перспективных наноматериалов с уникальными функциональными свойствами составляет важную и актуальную научную и практическую задачу. Значительный интерес представляют нанокompозитные 2D и 3D-среды, содержащие ферромагнитную и/или металлическую компоненты. Из-за сильнейшей неоднородности электромагнитных полей внутри нанокompозита возникает возможность необычного проявления ферромагнитного резонанса и антирезонанса. Возможно достижение аномальных (в том числе отрицательных) значений показателя преломления. Существует возможность значительного изменения материальных характеристик. Поэтому в рамках темы предусмотрено экспериментальное исследование электромагнитных волн и коэффициентов рефракции широкого круга магнитных наноматериалов на волнах сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Запланирован цикл исследований состояния границ зерен и зернограницной диффузии в металлах и сплавах. Планируется получение данных о влиянии легирования на структуру и термическую стабильность медных сплавов после динамического канально-углового прессования и кручения под высоким давлением. Экспериментальные исследования будут подкреплены теоретическими расчетами и моделированием. Предполагается разработать модель формирования структуры и фазового состава низколегированных сталей с карбонитридным упрочнением при непрерывном охлаждении, осуществить ее численную реализацию и выполнить расчеты. Эти результаты могут быть использованы при оптимизации режимов термической и термомеханической обработки сталей. Предстоит выяснить роль размерных эффектов, дефектов кристаллической структуры, локальных магнитных и зарядовых неоднородностей в формировании реальной магнитной структуры и электронного спектра наночастиц и наноструктур на основе переходных металлов методами ЯМР и ЯКР. Перспективными объектами исследования являются магнитные перовскиты на основе марганца, соединения со смешанной валентностью, перовскитоподобные соединения со смешанной проводимостью (кислород-ионной и электронной) системы металл-водород и суперионные проводники на основе лития, мультиферроики. Все названные выше системы относятся к наиболее перспективным современным функциональным материалам, что и определяет актуальность проводимых исследований. Будут исследованы тонкие пленки и наногетероструктуры на основе многоподрешеточных магнитных материалов

для антиферромагнитной спинтроники. Будут выявлены закономерности взаимодействия точечных дефектов с легкими примесями замещения и образование сегрегаций в никеле. Будут определены закономерности эволюции сегрегаций при термических воздействиях. Исследуемые системы металл-водород рассматриваются как «удобные» безопасные контейнеры при разработке новых технологий хранения водорода, перовскитоподобные соединения со смешанной проводимостью как перспективные материалы для изготовления керамических мембран, используемых в мембранных реакторах для получения чистого водорода; суперионные проводники являются основой для разработки современных источников тока на основе твердых электролитов. Будет проведено изучение атомной динамики в соединениях, перспективных для использования в качестве материалов для хранения водорода и /или ионных проводников. Будет установлена связь между реориентационным движением анионов и трансляционной диффузией катионов в комплексных гидридах с высокой ионной проводимостью. Планируемые работы предполагают дальнейшее развитие радиоспектроскопических исследований указанных выше функциональных материалов. При исследовании использованы найденные ранее закономерности для объяснения новых особенностей статических и динамических свойств этих материалов. Актуальной темой исследований, вызывающей особый интерес, являются многослойные покрытия на основе различных модификаций углерода, дающие широкие возможности варьирования их свойств для решения конкретной практической задачи. Однако в настоящее время отсутствуют данные по синтезу многослойных покрытий, состоящих из слоев алмазоподобного углерода, осажденных разными способами (распыление углеродной мишени или деструкция углеводородов). Поэтому перспективным направлением является исследование покрытий на основе алмазоподобной и пластичной компонент, которые могут быть получены либо последовательным осаждением компонент в одном вакуумном цикле (многослойные покрытия), либо их одновременным осаждением (нанокompозитные покрытия). Будет проанализирована специфика электрон-фононного увлечения в упруго-анизотропных наноструктурах. Рассмотрены влияние фокусировки фононов на термоэлектрические эффекты в монокристаллических нанопленках на основе полупроводниковых кристаллов используемых в микроэлектронике.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122071900021-5

ГЕНЕРАЦИЯ, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ВОДОРОДА И ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ

На сегодняшний день мировой спрос на водород составляет 70 миллионов тонн в год, и эта цифра быстро растет.

В современной практике большая часть водорода образуется в результате каталитического парового риформинга метана с большим потреблением природного газа и выбросами CO₂.

Привлекательную альтернативу представляет собой процесс получения водорода в пласте in-situ за счет физических превращений и химических реакций в ходе реализации внутрипластового горения высоковязкой нефти с секвестрацией CO₂ в пласте. Данная технология имеет как экономические, так и экологические преимущества. Полученную технологию можно реализовывать и на

заброшенных нефтегазовых месторождениях.

Транспортировка образующегося водорода также является сложной задачей.

Одним из перспективных направлений для транспортировки и хранения водорода является применение жидких органических носителей водорода.

При определенных условиях ЖОНВ химически поглощают водород (до 7,2 мас. %) и превращаются в циклические (алифатические) соединения, которые также стабильны. В таком виде водород можно легко хранить и транспортировать в любое место, используя инфраструктуру и транспортные средства, используемые для жидкого топлива при атмосферном давлении.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122031400550-9

РАЗРАБОТКА СЕРИИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ $\text{La}(\text{Fe}_{1-x}\text{Si}_x)_{13}$ ДЛЯ КАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ МАГНИТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ОБЛАСТИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР (77-150 К)

В последнее время усилия многих исследовательских групп во всем мире направлены на разработку новой технологии охлаждения вблизи комнатной температуры на основе твердотельных магнитокалорических материалов.

Найдены подходящие для этих целей магнитные материалы и созданы прототипы магнитных холодильников, которые, однако, пока не могут по совокупности служебных характеристик конкурировать с традиционными парокомпрессионными системами.

С другой стороны, эффективность парокомпрессионных систем существенно падает при снижении рабочей температуры [1], что делает актуальным поиск более эффективных решений для охлаждения в области криогенных температур.

Именно таким решением является магнитное охлаждение.

Сфера применения подобных технологий постоянно расширяется и включает в себя как обычную работу с криогенными газами (ожижение, хранение, транспортировка), такими как водород, азот, кислород, природный газ и др., так и поддержание работоспособности электрических машин, построенных на базе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП).

Применение ВТСП обеспечивает резкое снижение массы и габаритов устройств, а также их энергопотребление.

Современные ВТСП работают при охлаждении жидким азотом, что делает диапазон температур вблизи точки кипения этого газа (77 К) крайне привлекательным и перспективным для разработки и создания соответствующих магнитных криокулеров.

Ярким примером, подтверждающим данный вывод, может служить разработка и успешные испытания электрических

машин (двигателей, генераторов) на базе ВТСП для авиации.

Этим заняты ведущие авиационные и электротехнические компании в мире, в том числе в России [2].

Целью настоящего проекта и является разработка ряда высокоэффективных магнитокалорических материалов для криогенного диапазона температур (77-150 К) с акцентом на точку кипения жидкого азота.

В этом диапазоне температур среди материалов, в которых магнитный фазовый переход сопровождается большим магнитокалорическим эффектом особый интерес представляют сплавы на основе $\text{La}(\text{Fe}_{1-x}\text{Si}_x)_{13}$.

Исследования $\text{La}(\text{Fe}, \text{Si})_{13}$ под давлением показали сильную барическую зависимость температуры Кюри (-10 К/кбар).

Проблема поиска оптимального легирования связана с технологией получения кубической кристаллической структуры типа NaZn_{13} для формирования которой, при использовании технологии порошковой металлургии, необходим 14-дневный отжиг при ~1100 °С.

При этом многие примеси выходят из кристаллитов $\text{La}(\text{Fe}, \text{Si})_{13}$ на границы, или формируют другие соединения.

Проект предполагает использование технологии сверхбыстрой закалки для получения образцов. Данная технология обеспечивает однородное распределение элементов и сокращает время гомогенизирующего отжига до 4 часов, что должно положительно повлиять на долю внедренных примесей и препятствовать формированию других соединений. [1] Raab, J., Tward, E., 2010. Northrop Grumman Aerospace Systems cryocooler overview. Cryogenics 50, 572–581. [2] <https://stimul.online/articles/innovatsii/poletyna-sverkhprovodakh/> <http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/tem/HiTech/motor.htm>

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ИМ. В.А.КОТЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122040800243-8

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАМИНАРНЫХ И ТУРБУЛЕНТНЫХ РЕЖИМОВ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Проект направлен на решение научной проблемы управления теплообменом в технических системах в условиях ламинарных и турбулентных режимов конвективного теплообмена.

В рамках настоящего проекта будут решены следующие задачи: – разработка вычислительных моделей конвективного теплообмена в цилиндрических и сферических областях для сред с переменными физическими характеристиками

в ламинарном и турбулентном приближениях на основе преобразованных переменных с учетом и без учета термокапиллярной конвекции вблизи межфазной границы; – использование разработанных вычислительных моделей для изучения особенностей конвекции кориума в условиях внутрикорпусной локализации; – использование разработанных вычислительных моделей для изучения влияния термокапиллярной конвекции вблизи свободной

границы, например, на хранение и транспортировку быстроиспаряющихся жидкостей (сжиженный природный газ, жидкий водород) или на развитие конвекции кориума в условиях внутрикорпусной локализации; – разработка

пассивных методов интенсификации теплообмена в замкнутых областях за счет введения твердых/пористых ребер.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081500085-0

ВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Вызовы, стоящие перед современной энергетикой, такие как удовлетворение роста энергопотребления, переход на новые возобновляемые и распределенные источники энергии, снижение нагрузки на окружающую среду, требуют введения в обиход новых способов хранения энергии. Одной из основных форм потребления энергии является тепло в виде обогрева, горячей воды и т.д. Порядка половины мирового энергопотребления приходится на тепловую энергию, и менее 20% на электрическую энергию. При этом преобразование электрической энергии в тепловую в большинстве случаев нецелесообразно и малоэффективно, на практике желательно применять низкотемпературное, низкопотенциальное тепло, сохраняя тем самым ценные энергетические ресурсы и повышая экологическую безопасность энергетических технологий. Хранение энергии в тепловой форме с использованием эффективных теплоаккумулирующих материалов может стать перспективным способом для уменьшения потерь энергии, для сглаживания неравномерностей графиков производства и потребления энергии в различных временных циклах, а также использоваться в системах предпускового подогрева в автономных энергоустановках различного типа. Проект направлен на развитие на развитие новой, как для научного коллектива, так и для водородной энергетики, научной тематики: термохимического аккумулирования энергии с помощью гидридов интерметаллических соединений. По сравнению с физическими методами (теплоемкие материалы, материалы с фазовым переходом) предлагаемый подход отличается более высокими гравиметрическими и объемными плотностями хранения и низкими тепловыми потерями. В термохимическом методе тепловая энергия

преобразуется в химическую энергию обратимой реакции образования металлгидрида и не подвержена потерям за счет теплообмена с окружающей средой. Таким образом, исследование новых материалов для термохимического аккумулирования тепла и создание на их основе эффективных систем хранения тепловой энергии является актуальной задачей. В ходе проекта будут исследованы новые интерметаллические соединения различного класса на основе LaNi₅ (AB₅), ZrMn₂ (AB₂), TiFe (AB) с высокими тепловыми эффектами реакции сорбции/десорбции водорода для их возможного применения в качестве теплоаккумулирующих материалов. Будут выбраны, разработаны и экспериментально апробированы методы приготовления интерметаллических соединений и исследования их свойств. Будет исследовано влияние легирующих металлов на гистерезис, наклон области фазового перехода твердый раствор водорода - металлгидрид, тепловые эффекты и кинетику реакции сорбции/десорбции водорода. С использованием наиболее перспективных материалов будут проведены экспериментальные исследования процессов тепломассопереноса при аккумулировании и регенерации тепловой энергии с получением данных по плотности хранения энергии, тепловой производительности и температурам регенерации тепла. В результате выполнения проекта в Лаборатории водородных энергетических технологий ОИВТ РАН будет развита новая тематика исследований теплового аккумулирования энергии с помощью водородных систем на базе интерметаллических соединений, освоены новые методы исследований, подготовлены молодые ученые и получены результаты мирового уровня, опубликованные в ведущих научных изданиях по тематике проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122041100112-1

СОЗДАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕНЕРАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Цель проекта – формирование перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике путем генерации, хранения и потребления водорода в технологических схемах электростанций с применением технологий газификации твердых коммунальных отходов и теплонасосных установок. В рамках выполнения проекта будет выполнена разработка новых моделей тепловых схем электростанций с получением в производственном цикле ТЭЦ водорода комбинированным способом совместно с электрической и тепловой энергией, проведены численные исследования с использованием новых имитационных моделей, позволяющих сделать

выбор наиболее рациональных технологий производства, аккумулирования и транспортировки водорода применительно к ТЭЦ, верификация данных имитационного моделирования тепловых схем на основе отчетных данных по работе действующих энергообъектов. Формирование на основе полученных результатов требований к объекту внедрения. Будет создана методика оценки разделения расходов топлива на генерацию водорода, электрической энергии и теплоты при внедрении в тепловые схемы электростанций, с целью оценки себестоимости произведенного водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122052500040-9

РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ТОПЛИВА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Цель работы – разработка требований к системе гамма-спектрометрических измерений стендового макета роботизированной установки сортировки и паспортизации (далее – РУСП) ТРО для обеспечения создания участка сортировки нетехнологических ТРО, а также разработка и

испытание технологий кондиционирования технологических РАО, образующихся после переработки ОЯТ в ЯТЦ ПЭК. В ходе проведения НИОКР: а) разрабатывают метод цементирования тритиевых отходов: исследуют влияние параметров приготовления цементных матриц (времени

обработки, температуры, давления, функциональных добавок) с включенным дистиллятом, содержащим тритий, на их свойства (прочность на сжатие, морозостойкость, водостойкость, химическая стойкость, скорость выхода трития), определяют рецептуру и режим получения цементных матриц методом ГИП с наилучшими свойствами. б) выполняют расчетно-теоретическое прогнозирование предельного содержания водорода в контейнере с цементной матрицей: выполняют расчетную оценку дозовых нагрузок в зависимости от радионуклидного состава отходов; разрабатывают модель газовой выделения из цементных матриц при воздействии радиационных нагрузок; выполняют расчетную оценку выхода водорода при различных условиях хранения в контейнере. в) разрабатывают технологии кондиционирования РАО ПЭК включением в матрицы РАО

различной морфологии: исследуют влияние режима синтеза и высоких доз ионизирующего излучения на структуру и устойчивость керамических матриц с включением имитаторов ВАО ПЭК в виде оксидного продукта рафинировочного передела продуктов операции «металлизации» пирохимического передела МП; исследуют влияние режима синтеза и высоких доз ионизирующего излучения на структуру и устойчивость цементных матриц с включением имитаторов отработавших карбонатных растворов. г) разрабатывают требования к системе гамма-спектрометрических измерений стендового макета РУПС ТРО: определяют оптимальные условия проведения оценки активности радионуклидов в ТРО и обосновывают требования к системе гамма-спектрометрических измерений.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИМЕНИ АКАДЕМИКА А.А. БОЧВАРА»

№ 123012900008-8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И УСЛОВИЙ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ВОДОРОДА

В рамках работ предусмотрено техническое обоснование и анализ практического применения различных систем транспортирования и хранения смесевых топлив на основе водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2023

№ 123101900064-5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОСФЕР ИЗ ОТХОДОВ СТЕКЛОВОЛОКНА

Полые стеклянные микросферы благодаря комплексу специфических свойств нашли широкое применение в тепло- и звукоизоляции, в высокотехнологичных процессах хранения водорода в качестве микрокапиллярных емкостей, чувствительных элементов сенсоров и датчиков, в медицине для доставки источников радиоактивного излучения к внутренним органам. Кроме того, полые стеклянные микросферы применяются в области нефтегазодобычи в качестве легкой добавки в тампонажные растворы, а также вводятся для придания функциональных свойств

различным покрытиям и краскам, в частности при создании теплозащитных покрытий. Таким образом, показана принципиальная возможность получения микрочастиц из отходов стекловолокна ООО «П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно» методом высокотемпературной обработки с применением пропан-воздушного пламени. Установлен режим помола стекловолокна в планетарной мельнице «Pulverisette 6» и приведены результаты исследования свойств термообработанной фракции стеклопорошка от 40 мкм и менее до 140 мкм.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123051500100-2

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Вызовы современной энергетики и грядущего энергоперехода неминуемо приведут к необходимости создания инфраструктуры для новых технологий, главным образом основанных на водородном топливе. При этом для этой инфраструктуры потребуются новые классы материалов, с одной стороны гарантирующие надежность, с другой, – дающие необходимые технико-экономические характеристики. Это большой перспективный и растущий рынок, актуальный на ближайшее десятилетие и требующий новых знаний и подготовки специалистов для таких продуктов. Поэтому осуществление научных исследований в рамках проекта является крайне актуальным. В рамках проекта будут подготовлены кадры для современной промышленности в области разработки и внедрения новых материалов в сфере

хранения и транспортировки водорода; будут реализованы практики на базе высокотехнологичных компаний по внедрению в производство новых материалов для развития индустрии транспортировки водорода трубопроводным транспортом. Результаты проекта: - Получены новые данные и знания о материалах, которые могут работать в зелёной энергетике. - Получены результаты испытаний разработанных новых материалов для транспортировки энергетического водорода. - Созданы методики испытаний сталей в контакте с водородом - Исследована стойкость сталей разной прочности в условиях работы с водородом - Произведен переход от традиционных углеводородов на водород - Создано специализированное оборудование для испытаний материалов в контакте с водородом

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 123021700062-4

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПОДАЧИ ВОДОРОДА В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Целью проекта является разработка сплавов и получение не содержащих благородные и редкие металлы материалов для аккумуляирования водорода, способных обеспечивать необходимые выходные давления водорода при температурах 223-273К. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: в области материаловедения - выбрать группы водород аккумуляирующих сплавов, не содержащих благородные и редкие металлы; в области статистики и физической химии - для оптимизации экспериментальных исследований предложить модель выбора и расчета составов исходных сплавов, подходящих по своим

водородсорбционным характеристикам цели проекта и установить соответствие полученных экспериментальных результатов и результатов модельных расчетов. Задача создания водород аккумуляирующих материалов, пригодных для использования при низких температурах, ставится впервые в мире. В результате выполнения проекта планируется создать интерметаллические материалы для хранения и раздачи водорода, не содержащие благородные и редкие металлы и способные эффективно функционировать в арктических условиях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

№ 123040600096-1

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОФАЗНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ВОЗГОРАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ, ВЗРЫВА И ДЕТОНАЦИИ

Работа посвящена разработке научных основ управления процессами горения, взрыва и детонации газов эффективными химическими методами. Актуальность определяется чрезвычайной распространенностью процессов горения, взрыва и детонации газов, важностью этих процессов в технике и в энергетике. Поэтому, выяснение физико-химических механизмов процессов горения связано как с проблемами теории, так и с проблемой управления этими процессами. Проект направлен на решение следующих конкретных задач:

- выяснение особенностей теплового взрыва при цепном

механизме; • выяснение механизма перехода дефлаграции в детонацию; • управление распространением пламени, взрывов и детонации газов химическими методами и разработка рекомендаций по их использованию в силовых установках, на шахтах при получении и хранении водорода на складских помещениях, а также предотвращение взрывов водорода на атомных реакторах. Проблема разработки основ химических методов управления взрывом и детонацией газов поставлена впервые и будет решена на базе выяснения роли цепного механизма в условиях саморазогрева.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.Г. МЕРЖАНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123092800058-6

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ СПЛАВОВ TiFe С ЧАСТИЧНЫМ ЗАМЕЩЕНИЕМ НА Mn, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Целью работы является получение перспективных металлгидридных сплавов TiFe с частичным замещением на Mn (далее – сплав TiFeMn) с улучшенными активационными и сорбционными характеристиками для их использования в системах хранения водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123050300022-2

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В ИОННЫХ РАСПЛАВАХ

Представленный проект посвящен созданию научных основ электрохимического способа получения магнитных материалов и материалов для хранения и аккумуляирования водорода на основе многокомпонентных интерметаллических и тугоплавких соединений редкоземельных металлов ионных расплавах. В проекте предполагается использовать два основных синтетических подхода современной неорганической химии: метод электрохимического синтеза и синтеза новых веществ и материалов с использованием высокотемпературных ионных расплавов, представляющих как единственную среду для получения не только самих редкоземельных металлов, но и синтеза их интерметаллидов и тугоплавких соединений. С этой точки зрения задача по целенаправленному синтезу веществ с магнитными свойствами, которые могли бы быть использованы в качестве основы для создания новых функциональных материалов, а также разработки принципиально новых подходов их получения, является крайне актуальной. Не менее важным является получение материалов для хранения и аккумуляирования водорода. Понимание особенности электрохимического поведения ионов редкоземельных

металлов в галогенидных расплавах важно и для решения проблем извлечения и разделения редкоземельных металлов из отработанного ядерного топлива электрохимическим методом.

Несмотря на определенные достижения в области высокотемпературной электрохимии редкоземельных металлов, осталось много нерешенных проблем, в том числе и фундаментальных. Развитие новых подходов к электрохимическому синтезу высокодисперсных порошков многокомпонентных интерметаллидов определенного компонентного состава является одной из них. Принципиально новым в проекте является то, что получение двух и трехкомпонентных интерметаллидов будет осуществляться в результате совместного электровыделения на чужеродной подложке компонентов синтезируемого интерметаллида из ионного расплава и последующего их взаимодействия на атомарном уровне с образованием нано-субмикро-, микродисперсных порошков.

В результате реализации проекта будет впервые проведено комплексное исследование механизма электрокристаллизации двух и трехкомпонентных интерметаллических соединения

в ионных расплавах, изучены особенности зарождения и роста фаз интерметаллидов редкоземельных металлов в

зависимости от условий эксперимента (температуры, состава расплава, плотности тока, напряжения на ванне).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА»

№ 123122100092-1

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ

Вызов ближайших десятилетий - в создании принципиально новой индустрии и рынка, основанного на безуглеродном производстве водородных энергоресурсов, их крупномасштабном хранении и транспортировке на значительные расстояния в трубопроводах и в морских и наземных танкерах, в организации широкомасштабного использования в энергетике, транспорте, промышленности. При этом объемы производства водородных энергоресурсов должны возрасти в несколько раз к 2050 г., а некоторые сегменты его технологической цепочки нужно будет масштабировать в сотни раз. Настоящий проект нацелен на углубление и интеграцию фундаментальных знаний о процессах взаимодействия водорода и водородсодержащих сред с функциональными и конструкционными материалами в области хранения, транспортировки и применения водородных энергоресурсов, что является неперенным условием опережающего развития низкоуглеродной энергетики в условиях нового энергетического перехода. Критически важными в этом аспекте являются следующие направления исследования: 1. Установление физико-химических основ процесса взаимодействия водородсодержащих сред с авиационными жаропрочными сплавами, керамическими материалами, компонентами и катализаторами твердо-оксидных топливных элементов (ТОТЭ) при высоких температурах и создание физико-химических основ технологии получения и процесса деградации антикоррозионных, теплозащитных и каталитических покрытий. 2. Изучение взаимодействия композитных покрытий и адсорбентов на основе углеродсодержащих материалов с водородсодержащими средами для развития передовых технологий транспортировки и хранения водородных энергоресурсов. 3. Раскрытие физической сущности, поиск и описание механизмов возникновения и протекания аномальных непрогнозируемых опасных процессов и явлений при взаимодействии потоков водородных струй с вращающимися деформируемыми преградами. 4. Разработка математического и методического аппарата, анализ и оптимизация технологических решений в области водородной энергетики для оценки и снижения углеродного следа с учетом жизненного цикла водорода и водородсодержащего топлива. Исследование фундаментальных процессов взаимодействия водорода и водородсодержащих сред с функциональными и конструкционными материалами и техническими устройствами, разработка математического и методического аппарата оценки и управления углеродным следом в области хранения, транспортировки и применения водородных энергоресурсов. Представленные задачи являются продолжением работ, которые начаты в рамках данной тематики в 2023 г. 2024 год 1) Разработка составов антикоррозионных защитных покрытий и физико-химических основ технологии получения антикоррозионных защитных покрытий на жаропрочных сплавах, стойких к водороду при температурах до 1200°C. Исследование качества и эффективности полученных образцов антикоррозионных покрытий на стендовой установке, моделирующей работу авиационного двигателя при температурах до 1200°C, скоростях потока 270 м/с при воздействии коррозионных агентов HCl , SO_2 и морской воды, содержащей соли сульфата и хлорида натрия с последующим анализом на современных приборах дефектов, толщины, изменений морфологии, химического и фазового состава антикоррозионных покрытий. Разработка составов и исследования изменения характеристик каталитических покрытий ТОТЭ в среде

водорода при температурах до 1000°C, изучение причин и механизма деградации и снижения каталитических свойств каталитических покрытий ТОТЭ. 2) Разработка мало- и высоконаполненных полимерных покрытий, содержащих углеродные материалы, исследование их жизнеспособности, физико-химических и механических характеристик. Изучение возможности адсорбции и десорбции низкомолекулярных газов полученными металл-органическими каркасными структурами. 3) Адаптация модели для решения задачи взаимовлияния потоков водородных струй с деформируемыми преградами. Анализ влияния газодинамических нагрузок и свойств газа на процессы распространения, отражения и прохождения волн в газе и конструкции. Анализ влияния физико-механических характеристик конструкции на процессы распространения, отражения и прохождения волн в газе и конструкции. Анализ влияния геометрических параметров конструкции на процессы распространения, отражения и прохождения волн в газе и конструкции. Проведение спектрального анализа, выявление значимых факторов, поиск резонансных частот. 4) Разработка методики оценки углеродного следа водорода и технологий в области получения, хранения, транспортировки и применения водорода. 2025 год 1) Разработка составов теплозащитных керамических покрытий, компонентов твердо-оксидных топливных элементов и физико-химических основ технологии получения - теплозащитных покрытий, стойких к водороду при высоких температурах на жаропрочных сплавах. Исследования характеристик и эффективности разработанных образцов компонентов ТОТЭ и теплозащитных покрытий. 2) Исследование образцов сталей и композитов с нанесенным защитным покрытием в различных модельных условиях, исследование водородоустойчивости созданных и модифицированных образцов углеродсодержащих композитных материалов. Изучение коррозионных и теплозащитных свойств разработанных покрытий с подтверждением требований к ним транспортировки водорода. Изучение возможности масштабирования методов получения наиболее активных металл-органических каркасных структур. Разработка технологии адсорбции и десорбции низкомолекулярных газов (водород, углекислый газ) металл-органическими каркасными структурами в лабораторных условиях. 3) Адаптация модели для решения задачи взаимовлияния потоков водородных струй с вращающимися деформируемыми преградами. Анализ влияния газодинамических нагрузок и свойств газа на процессы распространения, отражения и прохождения волн в газе и конструкции при вращении системы «Газ-конструкция». Анализ влияния физико-механических характеристик конструкции на процессы распространения, отражения и прохождения волн в газе и конструкции при вращении системы «Газ-конструкция». Анализ влияния геометрических параметров конструкции на процессы распространения, отражения и прохождения волн в газе и конструкции при вращении системы «Газ-конструкция». Проведение спектрального анализа, выявление значимых факторов, поиск резонансных частот при вращении системы «Газ-конструкция». 4) Создание базы данных углеродного следа материалов, реагентов, источников энергии и технологий, используемых на разных этапах жизненного цикла водорода и водородсодержащего топлива, в том числе для ГТУ. Определение граничных условий (критериев) целесообразности использования технологий получения, хранения, транспортировки и

применения водорода и водородсодержащего топлива с учетом пороговых (предельных) значений углеродного следа для низкоуглеродного водорода. Оптимизация

состава метановодородной смеси по критерию влияния на углеродный след.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123042000027-5

СВЧ-СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ОКСИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ, МЕМБРАН И СОРБЕНТОВ

Наночастицы металлов и оксидов, гибридные наноматериалы востребованы в современных технологиях (катализ, сорбенты, сенсоры, мембраны). Применение СВЧ-активации в приготовлении наночастиц различной природы позволяет получать узкое распределение частиц, сдвинутое в область меньших размеров в сравнении с традиционными методами синтеза. Такие частицы обладают более высокой активностью и селективностью в каталитических и сорбционных процессах. Разработка эффективных методов СВЧ-активированного синтеза и получения разнообразных наночастиц, включая моно- и биметаллические и оксидные наночастицы, частицы типа ядро-оболочка с ядром из неблагородного металла/оксида (Fe, Cu, Ni, Co, Ag) и оболочкой или декорирующими частицами благородного металла (Pt, Pd, Au, Rh, Ru, Ir), металл-органические каркасы, смешанные оксидные фазы, углеродные материалы, перспективные для применения в катализе, включая переработку отходов в

ценные продукты, сорбцию и разделение газов, в мембранах и сенсорах, позволит регулировать активность и селективность каталитических и адсорбционных процессов, снизить содержание критических металлов и энергопотребление на приготовление наноматериалов. В условиях СВЧ-обработки в мягких условиях будет достигаться контролируемое разложение прекурсоров и восстановление металла, особенно с использованием явления спилловера водорода. Материалы такого типа будут использоваться в процессах селективной конверсии компонентов природного газа и биогаза (получение метанола, утилизация CO₂), тяжелых нефтяных фракций (гидрокрекинг, раскрытие циклов, гидрирование), биомассы и получаемых из нее соединений (получение водорода, многоатомных спиртов, топлив, фенолов, олефинов), восстановлении оксидов азота и серы в топочных газах, хранении водорода в обратимых процессах гидрирования-дегидрирования жидких субстратов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123081000027-4

АРОМАТИЧЕСКИЕ ДИАЦЕТИЛЕНЬ КАК ОСНОВА ДЛЯ СИНТЕЗА НОВЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМ УГЛЕРОДА

Планируется синтезировать ряд новых кристаллических полимеров из ароматических мономеров с одной и более диацетиленовыми группами. Кроме производных бензола будут получены производные полициклических углеводородов с 4-9 сопряженными кольцами и двумя и более диацетиленовыми группами. Жесткие линейные диацетиленовые группы придадут упаковке таких молекул в кристалле высокую пористость, а также способность к полимеризации под воздействием ультрафиолетового излучения, температуры или высокого давления. При необходимости для полимеризации будут использованы излучение и температурное воздействие одновременно. Кристаллические полимеры с полностью углеродным скелетом и системой сопряженных связей будут обладать

высокой электропроводностью и повышенной химической устойчивостью. Благодаря этому они могут быть эффективными адсорбентами газов и жидкостей, например, адсорбентами для хранения водорода. Развитая пористость и электропроводность необходимы также для катализаторов, газовых сенсоров, электродов электрохимических устройств, и, в частности, суперконденсаторов. Важным результатом станет исследование электрохимических характеристик полученных углеродных материалов. При термоллизе кристаллических ароматических полимеров в диапазоне 500-1000 °C будут получены углеродные материалы, которые могут стать первыми примерами семейства новых кристаллических аллотропных форм углерода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 123092800053-1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦА МЕТАЛЛОГИДРИДНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА

Реорганизация энергетического сектора на основе принципов энергетической безопасности, экономической эффективности, защиты окружающей среды и надежности требует создания надежных систем хранения энергии. Наиболее развитые страны мира, включая и Россию, признают возможности использования энергетических систем, работающих на основе водорода, для дальнейшего развития инновационных чистых и энергоэффективных технологий. Водород – чистый и эффективный промежуточный энергоноситель. Благодаря наивысшей удельной массовой плотности энергии он может эффективно применяться в системах хранения энергии, включая долговременное и крупномасштабное аккумулирование, что недоступно для технологий на основе химических источников тока (аккумуляторов). Одним из способов аккумулирования водорода является твердофазное обратимое хранение в гидридах металлов. Некоторые

металлы и сплавы взаимодействуют с водородом $Me + xH_2 = MeH_{2x}$ при условиях, близких к нормальным, при этом плотность расположения атомов водорода в кристаллической решетке может превышать плотность жидкого водорода. Использование металлгидридов превосходит по энергетической эффективности системы на основе сжатого и жидкого водорода за счет отсутствия необходимости в использовании высоких давлений (до 70 МПа) и низких температур (до 20 К) и возможности работы за счет низкопотенциальной тепловой энергии (менее 100 °C). Хранение водорода в связанном состоянии при низких давлениях (менее 1 МПа) многократно повышает безопасность систем аккумулирования водорода, что позволяет снизить эксплуатационные расходы и требования к подготовке и квалификации обслуживающего персонала. За счет селективного поглощения водорода металлгидриды позволяют обеспечивать потребителей газом высокой

чистоты, кроме того, металлгидриды позволяют осуществлять безмашинную компрессию водорода. В ближайшей перспективе видится востребованность водородных систем аккумулирования энергии малой и средней мощности, а именно емкостью до 50 кВт·ч и мощностью до 20 кВт (э) для сглаживания суточных колебаний генерации возобновляемых источников энергии в автономных и распределенных энергосистемах, а также, в качестве резервных источников энергоснабжения объектов I категории надежности, таких как объекты телекоммуникации. Система хранения водорода

емкостью не менее 30 норм. м³ является оптимальной для вхождения в состав водородной системы аккумулирования энергии, обеспечивая, в случае использования топливного элемента, до 50 кВт·ч электрической энергии. Выполнение настоящего проекта позволит создать отечественную высокоэффективную технологию аккумулирования водорода на основе обратимых гидридов металлов, работающую с использованием низкопотенциального тепла, и создаст научный задел для организации эффективного производства и аккумулирования высокочистого водорода на АЭС.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123082100099-7

МАЛЫЕ ЦИКЛЫ [E2(NR)2] (E = ЭЛЕМЕНТЫ 2, 13 И 14 ГРУПП, R = ОБЪЕМНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ РАДИКАЛЫ), КАК ПРЕКУРСОРЫ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Настоящая работа посвящена синтезу новых производных элементов в низких степенях окисления, стабилизированных объемными имидами лигандами [E2(NR)2] (E = элементы 2, 13 и 14 групп, R = 2,6-(CHPh)2-C6H3, 2,4,6-tBu3C6H2, 2,4-Mes2C6H4), установлению их структуры, реакционной способности и физических свойств, которые могут быть использованы на практике. Рассматриваемые соединения – димеры RN=E, формально являются тяжелыми аналогами изонитрилов RN=C. В то время как соединения на основе углерода стабильны и являются хорошо исследованным классом органических соединений, производные RN=E не стабильны из-за склонности к олигомеризации и данный момент не известен. Если остановить олигомеризацию на стадии димеризации за счет объемных заместителей R, то формируется плоская квадратная сопряженная структура [E2(NR)2]. В зависимости от элемента E, структура получающейся системы может быть антиароматической (E = элементы 2, 14 гр.) или ароматической (E = элемент 13 гр.). Первая, очевидно, не стабильна по отношению к окислению и восстановлению. Вторая же имеет в своем составе два атома с неспаренным электроном. Рационализировать строение таких частиц можно посредством целого ряда структур: синглетного бирадикала, триплетного бирадикала, цвиттериона, соединения со связью E–E и др. Молекула может иметь как несколько близлежащих энергетических состояний (минимумов), так и иметь один минимум, представляющий собой совокупность нескольких структур, если энергетический барьер между ними будет меньше RT. Подобные системы с флуктуирующей структурой называются бистабильными системами, и будут в случае [E2(NR)2] обладать близлежащими минимумами энергии с существенно различными химическими, магнитными и оптическими свойствами, переход между которыми может быть достигнут небольшими внешними воздействиями, такими как изменение температуры или облучение. Такое

поведение позволит применить бирадикалоиды [E2(NR)2] в системах хранения информации, релаксационных генераторах, мультивибраторах, нелинейных оптических системах, молекулярных затворах и переключателях. Активные центры в молекуле [E2(NR)2] расположены компактно, межатомное расстояние E–E меньше удвоенного радиуса Ван-дер-Ваальса, а энергетические барьеры между синглетным и триплетным состояниями и между граничными обителями обеспечивают подобным соединениям очень высокую реакционную способность даже в отношении таких инертных субстратов как H₂, H₂C=CH₂ и CO₂. Таким образом, эти соединения создают основу для создания новых способов активации малых молекул и других крупнейших промышленных субстанций и могут быть использованы в качестве систем хранения водорода и энергии. Более того, подобные бирадикальные системы моделируют переходные состояния в реакциях образования и разрушения химических связей. Получение титульных соединений позволит обогатить понятия химической связи, валентности и степени окисления – базовых представлений, которые лежат в основе химической науки. В качестве результатов проекта будут представлены данные о строении и поведении в растворе и твердом состоянии продуктов реакций комплексов [E2(NR)2] (E = элементы 2, 13 и 14 групп, R – объемный органический радикал) с малыми молекулами и ненасыщенными субстратами. Для мониторинга реакций и идентификации полученных соединений будут использованы современные методы исследования вещества, в том числе спектроскопия ЯМР, ЭПР, УФ и другие, рентгеноструктурный анализ и магнетохимические методы. По результатам, которые будут получены при выполнении проекта, планируется опубликовать не менее восьми статей, в том числе в высокорейтинговых журналах, например, Chemistry European Journal (IF 4.857), Inorganic Chemistry (IF 4.825), Organometallics (IF 3.804), Chemical Communications (IF 5.996).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Г.А. РАЗУВАЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123122100176-8

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ФОРМОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА ОРТО-ПАРА КОНВЕРСИИ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ

Процесс орто-пара превращения водорода является неотъемлемой частью безопасного хранения жидкого водорода. Существующая технологическая схема ожижения и хранения водорода требует высокоэффективного орто-пара превращения водорода на катализаторе, а также высокоэффективного теплоотвода с катализатора. Автором проекта впервые реализован подход, основанный на применении металл-органического каркаса в качестве активного компонента. Полученные экспериментальные результаты демонстрируют исключительно высокую

каталитическую активность, примерно в 150 раз большую, чем для коммерчески доступных аналогов. Таким образом, становится возможным принципиальная модификация орто-пара конвертеров в установках ожижения водорода, что позволяет сократить энергозатраты на процедуру сжижения. В рамках данного проекта планируется разработка способа формования полученного материала в виде гранул, а также удешевление каталитически активных компонент катализатора с сохранением их активности.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «МОФИЯ»

№ 123120600137-0

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ ТИТАНА С ЖЕЛЕЗОМ

Одной из ключевых проблем водородной энергетики является разработка безопасных и высокоэффективных методов хранения и транспортировки водорода, поскольку применяемые в настоящее время методы (в газообразном состоянии под высоким давлением и в жидком виде при сверхнизкой температуре) требуют соблюдения особых мер по обеспечению безопасности, водород-нейтральных конструкционных материалов и очень дороги. Наиболее компактным и безопасным методом для среднemasштабных систем хранения водорода является металлгидридный, внедрение которого сдерживается высокой стоимостью гидридообразующих сплавов на основе LaNi₅ и (Ti, Zr) (Cr, Mn, V)₂ зарубежного производства (50 долл./кг). Гидридообразующий интерметаллид TiFe в 5 раз дешевле, имеет такие же водород-аккумулирующие характеристики, а сырьевые и технологические возможности Корпорации «ВСМПО-АВИСМА» (крупнейшего в мире производителя титана) позволяют обеспечить отечественное крупнотоннажное производство. Однако использование интерметаллидов TiFe для хранения водорода сдерживается катастрофическим влиянием кислородсодержащих примесей: загрязнение сплава небольшим количеством кислорода приводит к уменьшению водородоемкости из-за изменения фазового состава, примеси кислорода и влаги в водороде ухудшают скорость сорбции водорода из-за пассивации поверхности сплава. Хотя системы водорода с интерметаллидом TiFe и его производными изучаются более 50 лет, в последние годы поиск путей повышения устойчивости их водородсорбционных характеристик к «отравлению» кислородсодержащими примесями в газовой и твердой фазах приобрел особую актуальность. Это подтверждается анализом библиографической базы данных Scopus: из 225 работ, опубликованных в 1976-2022 гг., 90 (40%) приходится на последние 5 лет. Целью проекта является формирование новых подходов к разработке высокоэффективных материалов и систем хранения водорода на основе сплавов титана с железом в ходе комплексных фундаментальных и прикладных исследований, включающих: 1. Анализ

факторов, влияющих на реакционную способность расплавов Ti-Fe к кислородсодержащим соединениям и приводящих к нежелательным изменениям фазового состава сплавов после затвердевания. Реализация путей подавления данных эффектов предполагается путем (а) введения раскислителей, (б) твердофазного синтеза при пониженных температурах методами порошковой металлургии и механохимии, (в) корректировки фазового состава в сторону образования гидридообразующих фаз Лавеса. 2. Детальное исследование механизма «отравления» поверхности сплавов Ti-Fe кислородсодержащими примесями в водороде. Повышение устойчивости к «отравлению» предлагается осуществить модификацией поверхности путем (а) осаждения металлов, активирующих диссоциативную хемосорбцию водорода, (б) создания композитов сплавов Ti-Fe с графеноподобными материалами, в т.ч. содержащими наночастицы катализатора, (в) добавки активных порошков гидридов, (г) сочетания вышеуказанных методов. Научная новизна проекта включает комплексный подход к решению поставленных задач на стадиях как приготовления базового сплава Ti-Fe (по п. 1), так и модификации поверхности его частиц (по п.2). Будет использован большой опыт работы участников проекта по созданию новых эффективных водородсорбирующих материалов и аккумуляторов водорода многократного действия, в том числе композитов из субмикронных частиц MgH₂, покрытых Ni-графеновой оболочкой, которая повышает скорость гидрирования частиц Mg и дегидрирования MgH₂, ускоряет процессы теплопереноса в аккумуляторах водорода, препятствует спеканию субмикронных частиц Mg при разложении MgH₂. Расширение предложенных оригинальных идей на модификацию сплавов Ti-Fe российского производства и на формирование композитов на их основе, большой опыт работы коллектива в области водородной энергетики и металлгидридных технологий позволят разработать новые подходы к созданию высокоэффективных металлгидридных композитных материалов и аккумуляторов водорода многократного действия.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123111600010-4

ЖИДКИЕ СУБСТРАТЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА И КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ ГИДРИРОВАНИЯ И ДЕГИДРИРОВАНИЯ СУБСТРАТОВ

Проект нацелен на разработку новых жидких органических носителей водорода, более эффективных катализаторов как для гидрирования, так и для дегидрирования жидких субстратов, а также микроволновых технологий, применяемых в основном для процесса дегидрирования. Наноразмерные гетерогенные катализаторы с нанесенными на них наночастицами металлов с чрезвычайно низкой

загрузкой благородных металлов будут использоваться для обеих стадий (гидрирования и дегидрирования). Преимущества использования микроволновой активации связаны с увеличением скорости каталитических процессов, повышением активности, селективности и стабильности, снижением эффективной температуры реакции.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

5.5 ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА (ГАЗООБРАЗНОГО И СЖИЖЕННОГО), ВКЛЮЧАЯ ВОДОРОДНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ

2021

№ 121120700050-3

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ ПЛЕНОК И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ВОДОРОДУ

Проект направлен на выбор и обоснование выбора гибких неметаллических подложек, подбор оптимальных параметров формирования покрытий на основе магния и алюминия на гибких подложках. Определение

закономерностей накопления и распределения водорода, установление температурной зависимости максимальной емкости по водороду покрытий на основе магния и алюминия на гибких подложках в зависимости от элементного состава

и структуры покрытий, условий формирования покрытий, параметров газофазного наводороживания. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, температурной зависимости скорости сорбции водорода и

энтальпии фазообразования в покрытиях на основе магния и алюминия в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121111500205-7

РАЗРАБОТКА АВАНПРОЕКТА ПИЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 60 КГ/ДЕНЬ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ доступных и перспективных технологий получения хранения водорода на заправочных станциях и технологий отгрузки потребителям водородного топлива (легковые автомобили, грузовики и автобусы); анализ потенциальных производителей и поставщиков оборудования с учетом проработки возможности локализации производства комплектующих и оборудования водородной заправочной станции на территории РФ; определение основных типоразмеров и технологических вариантов водородных заправочных станций по объемам поставляемого водородного топлива и сценарии их использования (автобусный парк, таксопарк, грузовой парк, общего назначения парк, парк горно-добычной, водный транспорт и т.п.) в том числе в составе АГНКС; разработаны схемные решения водородных заправочных станций различной производительности; проведение оценки эффективности и безопасности водородных заправочных станций, определенных типоразмеров и технологических вариантов по разработанным схемным решениям в различных сценариях использования (359/700 бар) и определение наилучшего

варианта водородной заправочной станции для реализации; проведение обоснования потребности разработки пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки конкурентоспособности в сравнении с аналогами; проведение обоснования технико-экономических показателей пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки затрат на создание пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки эксплуатационных затрат пилотной водородной заправочной станции; проведение оценки показателей экономической эффективности; разработка основных технических решений по созданию и эксплуатации пилотной водородной заправочной станции с давлением заправки 350/700 бар. Результат работы – аванпроект на пилотную водородную заправочную станцию. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, при обосновании конкурентоспособности природного газа ПАО «Газпром», как продукта и его климатической безопасности в долгосрочной перспективе.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122031700478-3

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПИЛОТНУЮ ВОДОРОДНУЮ ЗАПРАВОЧНУЮ СТАНЦИЮ

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка технических требований/характеристик/показателей, определяющих назначение, эксплуатационные характеристики, условия эксплуатации и применения пилотной водородной заправочной станции; определение основного оборудования пилотной водородной заправочной станции; определение требований к основным комплектующим и оборудованию, используемому на пилотной водородной заправочной станции с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков; разработка требований к документации пилотной водородной заправочной станции; определение этапов разработки пилотной водородной заправочной станции; разработка технического задания на пилотную водородную заправочную станцию в соответствии

с требованиями ГОСТ 15.016-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требование к содержанию и оформлению». Результат работы – Техническое задание на создание пилотной водородной заправочной станции. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122062800048-1

ОЦЕНКА ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ МЕТАЛЛА ТРУБ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА

При выполнении работы проводятся следующие исследования: исследование кинетики накопления водорода в основном металле и сварных соединениях труб после воздействия водородсодержащего газа с различной концентрацией водорода при заданных термобарических условиях; анализ и оценка газопроницаемости металла труб и элементов технологического оборудования компрессорных станций для транспорта водородсодержащего газа с различной концентрацией водорода при заданных термобарических условиях; анализ и оценка газопроницаемости монтажных стыковых соединений трубопроводов (сварные швы,

фланцевые соединения) и уплотнительных элементов технологического оборудования компрессорных станций. Результат работы – Оценка газопроницаемости металла труб и технологического оборудования компрессорных станций существующей газотранспортной системы в условиях транспортировки водородсодержащего газа. Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, при планировании и организации мероприятий по транспортировке и хранению водородсодержащего газа на

объектах существующей ГТС.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

2022

№ 122031700168-3

РАЗРАБОТКА СЕЛЕКТИВНОГО ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО СЕНСОРА ВОДОРОДА

Предполагается, что в ближайшем будущем водород станет одним из основных видов топлива в энергетике. Для этого будет создана необходимая инфраструктура, которая будет включать его производство, хранение, транспортировку, а также систему безопасного использования водорода в энергетике, промышленности и транспорте. При этом, несмотря на экологическую привлекательность, водород является более опасным в обращении, чем природный газ и другие углеводороды. Поэтому необходима система мониторинга утечек водорода и контроль его концентрации в воздухе в диапазоне дозврывных концентраций (от 0 до 4 %об), поскольку в большей части остального диапазона концентрации (от 4 до 75 % об.) смеси водорода и воздуха взрывоопасны. До последнего времени селективным

сенсорам водорода в диапазоне дозврывных концентраций не уделялось большого внимания. Существующие термокаталитические сенсоры рассчитаны для измерения всей совокупности горючих газов. Полупроводниковые сенсоры имеют еще худшую селективность, чем термокаталитические сенсоры. Электрохимические сенсоры рассчитаны на диапазон ppm концентраций. А оптические сенсоры не подходят для детектирования водорода в виду отсутствия полосы поглощения водородом инфракрасной энергии в ближней и средней области спектра. Исходя из сказанного, разработка селективных сенсоров водорода является масштабной задачей, требующей комплексного подхода как к созданию катализаторов, так и методик проведения измерений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 122102400001-3

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ ПЛЕНОК И ОЦЕНКА ИХ СОРЕБЦИОННЫХ И ДЕСОРЕБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ВОДОРОДУ

Проект направлен на формирование барьерного для кислорода и резистивного медного слоёв на гибких неметаллических подложках, подбор оптимальных параметров формирования покрытий на основе магния, алюминия и никеля на гибких неметаллических подложках, нанесение защитного каталитического никелевого покрытия на металлгидридные плёнки. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, установление температурной зависимости максимальной емкости по водороду покрытий на основе магния, алюминия

и никеля с защитным каталитическим слоем никеля на гибких подложках в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий, параметров газофазного наводороживания. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, температурной зависимости скорости сорбции водорода и энтальпии фазообразования в покрытиях на основе магния, алюминия и никеля в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2023

№ 123120600157-8

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ H_2/CH_4

Работа направлена на развитие мембранных технологий для создания прототипа водородной заправки (hydrogen refueling station), предназначенной для заправки водородом транспортных средств различного типа. В Российской Федерации, где имеются большие запасы природного газа (ПГ) и достаточно развитая сеть газопроводов, вариант водородных заправок с получением водорода из ПГ непосредственно на заправке представляется наиболее привлекательным. Технология получения водорода методом каталитического пиролиза природного газа (КППГ) является перспективной заменой традиционной технологии паровой конверсии ПГ за счет отсутствия стадии выделения диоксида углерода (CO_2) и связанных с этим капитальных и энергозатрат. Однако в процессе образуются смеси углеводородов и водорода,

которые требуют разделения или корректировки состава для увеличения выхода H_2 , при этом получаемый водород далее требует очистки от остаточных количеств углеводородов. Традиционной технологией отделения водорода от смеси газов является короткоцикловая адсорбция (КЦА). Альтернативой являются мембранные технологии, которые перспективны за счет повышенной энергоэффективности, компактности, модульности и мобильности разделительного мембранного оборудования. В работе предлагается разработать мембраны для разделения смесей H_2/CH_4 , сочетающие в себе совокупность наилучших транспортных, разделительных, механических характеристик, химическую и термическую устойчивость.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. А.В. ТОПЧИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123021000026-3

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВОДОРОДНОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка научных основ передовых технологий производства функциональных и конструкционных материалов водородной и ядерной энергетики с

требуемыми характеристиками, способными к эксплуатации в агрессивных условиях, является актуальной проблемой современного материаловедения. Известно, что

термическое и водородное воздействие является одним из существенных факторов, ограничивающих ресурс работы многих материалов, работающих в водородосодержащих средах. Несмотря на долгую историю проблемы, задачи повышения водородной стойкости, по-прежнему остаются актуальными. Одним из перспективных направлений в разработке материалов, устойчивых к водородным повреждениям, с улучшенными физико-механическими свойствами, является создание функционально-градиентных материалов (ФГМ). Перспективными методами анализа дефектной структуры функционально-градиентных материалов при накоплении водорода, позволяющие исследовать механизмы и осуществлять контроль динамики возникновения, превращения и исчезновения дефектов различной размерности (от точечных до протяженных) в широком диапазоне концентраций, являются методы позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС). Исследование временного распределения аннигиляции позитронов (ВРАП) позволяет установить тип и размер дефектов, а также определять их концентрацию, в то время как спектроскопия доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ) позволяет наблюдать фазовые превращения и анализировать химическое окружение в месте аннигиляции. При этом актуальным направлением является исследование эволюции дефектной структуры ФГМ непосредственно в процессе термического

и/или водородного воздействия, так как при проведении in-situ ПАС становится возможным выявить закономерности и установить механизмы влияния состава материала и условий эксплуатации на изменение его структуры и свойств. Однако традиционными методами ПАС это сделать невозможно, так как в этом случае источник позитронов будет также подвергаться термическому и водородному воздействию, что в случае с источниками на основе традиционных изотопов (^{44}Ti или ^{22}Na) приведет к их разрушению и последующему радиационному загрязнению. В этой связи необходимо разрабатывать методики получения радиоизотопных источников, способных применяться при термическом и водородном воздействии. А также разработать методики и рекомендации применения радиоизотопных источников для выявления особенностей изменения дефектной структуры материалов при их термическом и водородном воздействии. Получение радиоизотопных источников для позитронной аннигиляционной спектроскопии возможно путем облучения меди тепловыми нейтронами на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т Томского политехнического университета. Оптимизация условий облучения и применения источника позитронов на основе изотопа меди для in-situ изучения механизмов эволюции дефектной структуры функционально-градиентных материалов водородной и ядерной энергетики при термическом и водородном воздействии является новой и актуальной задачей современного материаловедения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123082300008-7

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МНОГОСЛОЙНЫХ СИСТЕМ Zr/Nb , УСТОЙЧИВЫХ К ВОДОРОДНЫМ И РАДИАЦИОННЫМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ

Разработка научных основ передовых технологий производства конструкционных материалов с высокими механическими характеристиками, способных к эксплуатации в агрессивных условиях и обладающих высокой стойкостью, является актуальной проблемой современного материаловедения. Известно, что радиационная и водородная повреждаемость является одним из существенных факторов, ограничивающих ресурс работы многих конструкционных материалов, работающих в экстремальных условиях. Несмотря на долгую историю проблемы, задачи повышения радиационной и водородной стойкости, по-прежнему остаются актуальными. Одним из перспективных направлений в разработке материалов, устойчивых к радиационным и водородным повреждениям, с повышенными физико-механическими свойствами, является создание функционально-градиентных материалов (ФГМ). Функционально-градиентные материалы – это однофазные или композиционные материалы, где состав или микроструктура равномерно, или скачкообразно изменяются, что обеспечивает изменение локальных свойств минимум в одном направлении. В случае ФГМ высокая стойкость может быть достигнута за счет создания специфических дефектов различной размерности, в результате чего формируется сток и обеспечивается диффузионная подвижность. Более того управление структурой и комплексными структурными дефектами, позволяет создавать условия, при которых возникающие дефекты аннигилируют в процессе эксплуатации, либо при повышении температуры за счет увеличения их подвижности. В этом случае, возможно говорить об эффекте самовосстановления (самозалечивания,

от англ. «self-healing»). При этом в настоящее время научные основы создания металлических материалов на основе эффекта самовосстановления радиационных и водород-индукционных дефектов до конца не разработаны, ввиду сложности их экспериментального исследования. Перспективными методами анализа дефектной структуры функционально-градиентных материалов при облучении и накоплении водорода, позволяющие исследовать механизмы и осуществлять контроль динамики возникновения, превращения и исчезновения дефектов различной размерности (от точечных до протяженных) в широком диапазоне концентраций, являются методы позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС). Исследование временного распределения аннигиляции позитронов (ВРАП) позволяет установить тип и размер дефектов, а также определять их концентрацию, в то время как спектроскопия доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ) позволяет наблюдать фазовые превращения и анализировать химическое окружение в месте аннигиляции. Таким образом, для разработки научных основ создания функционально-градиентных материалов, устойчивых к водородным и радиационным повреждениям, особенно актуально изучение условий и механизмов эволюции дефектов методами позитронной аннигиляционной спектроскопии. Целью данного проекта является дальнейшее развитие и разработка научных и технологических основ создания композитов на основе наноразмерных металлических многослойных систем Zr/Nb , устойчивых к водородным и радиационным повреждениям на базе выявленных закономерностей при высоких температурах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

5.6 ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.2021

№ 121030100309-0

ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРЫ НА УГЛЕРОДНОЙ ОСНОВЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

Быстрое расширение мирового спроса на энергию и постоянный рост эмиссии диоксида углерода привели к активному развитию экологически чистых энергетических технологий, нацеленных на энергосбережение и сокращение выбросов вредных веществ. Среди активно развивающихся новых технологий водородно-кислородные топливные элементы с протонообменной мембраной (PEMFC) и металл-воздушные батареи являются наиболее эффективными системами преобразования и хранения энергии. Как в PEMFC, так и в цинк-воздушных или алюминий-воздушных батареях реакции восстановления и выделения кислорода, происходящие на катоде, являются основными электрохимическими процессами, определяющими производительность всей системы. Медленная кинетика таких реакций требует использования катализаторов, в качестве которых, как правило, выступают дорогостоящие металлы платиновой группы, что серьезно ограничивает дальнейшее применение и разработку источников энергии, использующих эти реакции. Производительность катализатора в значительной степени определяет общую производительность и эффективность устройств преобразования энергии, поэтому разработка катализаторов из материалов с низкой стоимостью, высокой активностью и высокой стабильностью является решающей для широкого применения этих новых энергетических технологий. В последние годы использование в электрокатализе углеродных материалов привлекает значительное внимание благодаря их типичным преимуществам, включая доступность сырья, высокую электропроводность, способность к настройке структуры и хорошую химическую стабильность. Критическое влияние на свойства таких электрокатализаторов оказывают состав и физико-химические свойства прекурсоров, используемых для пиролитического получения углеродного материала. Среди прекурсоров особенно выделяются азотсодержащие полимеры, направленный синтез которых предлагается в рамках текущего проекта. В результате пиролиза азотсодержащие полимеры превращаются в углеродные материалы, легированные азотом. Введение азота улучшает эксплуатационные качества углеродных материалов, поскольку при вхождении богатого электронами азота в углеродную решетку на вакансии атома углерода,

гетероатом, не разрушая структуру sp^2 гибридизации графеновой плоскости, приносит дополнительную электронную плотность в делокализованную π -систему углеродных материалов. Благодаря избытку электронов увеличивается электропроводность. Включение азота также может изменить гидрофильность и гидрофобность катализатора и способствовать лучшему его контакту с электролитом и увеличению ионной проводимости. Структуру и состав азотсодержащих полимеров можно регулировать на молекулярном уровне. Это позволяет вводить большое количество гетероатомов, изменять электронную структуру углеродных материалов и способствовать образованию потенциально активных каталитических центров. Присутствие атомов азота также облегчает легирование углеродного материала металлами, образование координационной структуры металл-азот или закрепление металлических частиц, что увеличивает суммарную каталитическую активность. Кроме того, с использованием азотсодержащих полимеров возможно создание многомерного упорядоченного углеродного материала, что обеспечивает возможность конструирования высокоэффективных пористых углеродных электрокатализаторов. Следовательно, получение углеродных материалов с использованием азотсодержащих полимеров в качестве прекурсоров позволяет решить целый ряд критически важных задачи в областях накопления энергии, адсорбции с улавливанием газа и электрохимическом катализе. Этот проект будет осуществляться в сотрудничестве с Харбинским технологическим институтом (Китай) и использовать обширный опыт китайской стороны в области разработки топливных элементов и воздушно-цинковых батарей для приготовления высокоэффективных катализаторов на основе недорогих металлов. Благодаря сотрудничеству в рамках этого проекта станет возможным значительно повысить уровень исследований в области катализаторов из недорогих металлов, и сократить разрыв с ведущими в этой области странами. Этот проект имеет также большое значение для содействия индустриализации топливных элементов и металл-воздушных батарей благодаря ожидаемому получению методик синтеза новых высокоэффективных катализаторов на основе недорогих металлов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121032500059-4

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТВЕРДОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ И ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕАКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Цели исследования и их актуальность: 1. Изучение механизма поверхностных реакций в электродных, мембранных и сорбционных материалах. Оксиды со смешанной кислород электронной проводимостью (СКЭП) находят свое применение в качестве: электродных материалов, замещающих дорогостоящую платину в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ), которые генерируют электроэнергию с КПД ~60-70%; мембранных материалов в каталитических мембранных реакторах (КМР), обеспечивающих одновременную сепарацию кислорода из воздуха и парциальное окисление легких углеводородов; например, метана в ценные продукты, что может снизить себестоимость синтез газа ($CO + 2H_2$) на 30%, а также катализаторов, твердооксидных электролизеров для получения водорода и датчиков парциального давления кислорода. В последнее время повышенный интерес

вызывают металлы и сплавы, которые могут заменить палладий в селективных водород-проницаемых мембранах для получения сверхчистого водорода, используемого в топливных элементах с полимерными мембранами. КМР с водород-проницаемыми мембранами представляют практический интерес в процессах конверсии метана (смещение равновесия) и гидрирования органических соединений. Таким образом, изучение механизма обмена материалов с газовой фазой и факторов, определяющих кинетику поверхностных реакций в электродных, мембранных и сорбционных материалах является актуальной задачей. 2. Изучение влияния механических процессов, возникающих при химических реакциях, на их кинетику и микроструктуру продукта. Характерной особенностью химических реакций в твёрдой фазе является возникновение напряжений из-за несоответствия структур и объёма продуктов и реагентов.

Релаксация напряжений приводит к образованию различных дефектов, которые оказывают значительное влияние на кинетику и микроструктуру продукта реакции. Между напряжениями и реакцией возникает обратная связь (реакция вызывает напряжения, а напряжения и дефекты влияют на реакцию). Данное направление проекта посвящено изучению различных проявлений этой обратной связи. 3. Изучение влияния предварительной механической и радиационной обработки нативных и резистентных крахмалов на изменение их физико-химических свойств и реакционной способности. Крахмалы являются источником углеводов в питании человека и животных и субстратами для микробиологической

промышленности, поэтому совершенствование кормов и эффективность производства субстратов важны для развития интенсивного животноводства и совершенствование методов зеленой химии. Крахмалы являются сырьем для производства новых smart, гибридных и биоразлагаемых полимеров, создание и производство которых является приоритетным направлением химического промышленности. Для решения перечисленных задач необходимо уметь изменять физико-химические свойства крахмалов, а для оптимизации технологических процессов их переработки необходимо также контролировать реакционную способность крахмалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121080400141-8

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕМБРАНАМИ ИЗ КИСЛЫХ СОЛЕЙ

Проект направлен на решение одной из наиболее важных задач водородной энергетики – создание среднетемпературных топливных элементов (ТЭ) нового типа. Значительный интерес к среднетемпературным ТЭ (130-350°C) с мембранами из твердых электролитов обусловлен оптимальной рабочей температурой с точки зрения энергосодержания, чистоты топлива, водного менеджмента и использования недорогих конструкционных материалов. Однако использование ТЭ данного температурного диапазона сдерживается отсутствием разработанных материалов мембран, удовлетворяющих ряду требований: высокая протонная проводимость при низкой электронной составляющей, механическая прочность, низкая газопроницаемость, термическая и химическая устойчивость. Наиболее перспективными являются протонпроводящие мембраны на основе кислых солей щелочных металлов с общей формулой $MxNy(AO_4)_p$ ($M=Cs, Rb, K, Na, Li, NH_4$; $A=S, Se, As, P$), для которых характерен фазовый переход в суперионное состояние с высокой протонной проводимостью (~10-2 См/см). В 2001 г. была показана возможность создания ТЭ с мембранами из кислых солей Solid Acid Fuel Cell (SAFC).

Для достижения более эффективной и стабильной работы водород-воздушных ТЭ на основе кислых солей необходимо увеличить газопроницаемость мембран, уменьшить толщину для снижения омических потерь, усовершенствовать состав электродных композиций, а также способов их нанесения, обеспечить эффективный отвод воды с катода. Исследования новых перспективных полимерных систем, проведенные в последнее время, позволили синтезировать тонкие прочные мембраны, сочетающие в себе гибкость и гидрофобность с высокой протонной проводимостью. Поиск эффективных электродных композиций и создание высокой и устойчивой во времени трехфазной границы «электролит-электрод-газ», обеспечивающей высокие электрохимические характеристики ТЭ, является исключительно важной и многофакторной задачей для развития технологии создания SAFC. Данный проект, направленный на оптимизацию состава мембран, исследование электродных композиций, механизмов процессов на межфазных границах, позволит создать не только базу фундаментальных знаний в области ионики твердого тела, но и приблизит эти системы к реальному использованию.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121070500025-1

НОВЫЕ ИОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В современном мире энергия становится самым востребованным продуктом. Без нее не может работать ни одна современная технология. Статистические данные свидетельствуют о том, что потребление энергии удваивается каждые 30 лет. В то же время производство энергии обычно сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду. Значительное количество выбросов оксидов в атмосферу производится и транспортными средствами. Наибольший вред наносится атмосфере мегаполисов. Растущие проблемы с загрязнением окружающей среды заставляют человечество разрабатывать экологически безопасные и, в первую очередь, возобновляемые источники энергии (энергия солнца, ветра, приливов) [1,2]. Но совершенно очевидно, что все эти источники работают неравномерно. В средней полосе солнечное излучение летом позволяет производить в 10-15 раз больше энергии, чем зимой. В зимнее время потребление энергии возрастает в связи с необходимостью отопления жилых и производственных помещений. Максимальное количество солнечной энергии производится вблизи полудня, тогда как наибольшее ее потребление приходится на вечер, когда активность солнца невысока или вообще отсутствует. Поэтому необходимыми являются накопители электрической энергии, которые позволяют запастись ее и использовать в то время, когда потребность в энергии превышает ее производство. Среди систем для накопления энергии наиболее перспективными являются аккумуляторы и топливные

элементы [3,4]. Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) отличаются рекордно высокой энергоемкостью на единицу объема и массы, длительный ресурс работы и высокий коэффициент полезного действия. В связи с малым содержанием лития в земной коре и рассеянностью его запасов в сфере большой энергетики более предпочтительно выглядят шансы натрий-ионных аккумуляторов [5,6]. Очевидным недостатком аккумуляторов являются большие потери при хранении энергии за счет саморазряда. Поэтому они становятся неэффективными, если речь идет об аккумулировании энергии на длительное время. В этом случае значительные преимущества имеют топливные элементы (ТЭ), в частности, водородно-воздушные ТЭ. Они являются экологически чистыми, имеют высокий КПД и водород может храниться очень долго. Наконец, при получении из биомассы и рядом других способов водород можно рассматривать как возобновляемый источник энергии. Нельзя не отметить и тот факт, что Россия также, как и целый ряд других стран приняла решение о формировании программы по водородной энергетике. Это непременно скажется на ее востребованности экономики России. Одним из основных компонентов ТЭ и металл-ионных аккумуляторов является электролит или ион-проводящая мембрана, разделяющая катодное и анодное пространство и осуществляющая ионный перенос между ними. Правда сейчас в большинстве ЛИА с этой целью используются высокопористые сепараторы, наполненные раствором солей

лития, но взят активный курс на создание более безопасных полностью твердотельных аккумуляторов, в которых, пожалуй, наиболее перспективными являются полимерные ионпроводящие мембраны. Они также используются для перспективных устройств, получающих энергию при смешении речной и морской воды (обратный электродиализ). Наиболее важными характеристиками мембран, используемых в этих устройствах, являются ионная проводимость и селективность процессов переноса. Важнейшей задачей является получение мембран, обладающих как высокой проводимостью, так и селективностью. К сожалению, между этими свойствами объективно существует антагонизм – чем выше проводимость мембран, тем ниже их селективность. Эта закономерность, обнаруженная изначально для газоразделительных мембран, была затем развита и обоснована нами для ионообменных мембран [7]. Тем не менее, существует ряд подходов, позволяющих улучшить

селективность ионообменных мембран, не оказывающих значимого негативного влияния на их проводимость или даже, напротив, повышающих ее. В первую очередь речь идет о модификации поверхности мембран тонкими пленками или об интеркаляции в их структуру наночастиц. Эти подходы в мембранной науке имеют сравнительно короткую историю, но весьма активно развиваются именно в последние годы, о чем свидетельствуют работы, выполненные в данном направлении. Для контроля за качеством синтезируемых материалов, визуализации наночастиц и наноразмерных слоев в них и анализа состава представляется важным использование широких возможностей центра коллективного пользования Института органической химии РАН (ЦКП ИОХ РАН) огромные возможности в области как просвечивающей, так и сканирующей электронной микроскопии, а также ЯМР и масс-спектрологии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 121120100074-5

СОЗДАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ЦКП «СКИФ» В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МИРОВОГО УРОВНЯ

Проект носит ярко выраженный междисциплинарный характер и будет выполняться командой высококвалифицированных специалистов с различным научным и экспериментальным опытом: инженеров, конструкторов, электронщиков, программистов-автоматизаторов, экспериментаторов-методистов и пр. Для проведения непосредственного анализа экспериментальных данных на синхротронных станциях необходимо серьезное вовлечение специалистов по математическим алгоритмам, машинному обучению и работе с «большими» данными. Также во многих реализациях исследуемых методик, необходима перестройка параметров функционирования ускорительного комплекса, что создает дополнительные требования на интеграцию и взаимодействие со специалистами по физике и технике ускорителей. Только таким образом возможно обеспечить предельно эффективный ввод в эксплуатацию станций первой очереди ЦКП «СКИФ», а также оптимизировать комплексное сопровождение научных исследований на инновационной инфраструктуре после 2024 года и

обеспечить чуткое реагирование на эволюционирующий спрос на проведение синхротронных исследований со стороны пользовательского сообщества. Независимые синхротронные методы и их комбинации будут применяться для получения важной информации о структурной организации и построения корреляционных схем «структура-свойства» для широкого круга объектов от катализаторов и функциональных материалов (металл-ионных аккумуляторов, топливных элементов, фотовольтаических элементов, магнитных устройств хранения информации) до вирусных частиц в рамках поиска эффективных вакцин. В ряде случаев для некоторых классов изучаемых объектов необходимо проведение сложной пробоподготовки и предварительной аттестации с использованием лабораторного оборудования (без использования синхротронного излучения), где невозможно обойтись без участия узких специалистов, связанных с синтезом или отбором изучаемых материалов различного происхождения.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121052400099-9

НОВЫЕ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка научных основ создания новых мембранных материалов для электрохимических источников энергии – когенеративных установок, топливных элементов, водных и газовых электролизеров, водородных насосов, эффективно работающих в области низких температур от 60 до 300 °С – является серьезной научной проблемой, связанной с устойчивым переходом к водородной энергетике. Широкое применение таких электрохимических устройств с протон-проводящими мембранами (полимерными, оксидными) сдерживаются рядом серьезных факторов: необходимостью снижения омических и поляризационных потерь (повышения плотности тока), улучшения химической и механической стабильности мембран при различных температурах и в присутствии влаги, а также необходимостью использования водородного топлива высокой чистоты. Полисульфамная кислота (ПСК), предлагаемая в качестве материала мембран, характеризуются высокой протонной проводимостью порядка 10⁻³-10⁻² См/См при температурах, близких к комнатным,

и термической стабильностью до 400 °С, что позволяет рассматривать в качестве перспективных протонных проводников. Исследований, направленных на исследование потока ионов (протонов) через оксидные мембраны, а также явлений на интерфейсах для повышения плотности тока и снижения поляризации к настоящему моменту не проводилось. В связи с вышесказанным, целью задачами, проекта являются разработка новых протон-проводящих мембранных материалов на основе ПСК, обладающих улучшенной стабильностью и высокой проводимостью при низких температурах (20-300°С). Для этого будет проведено уточнение механизма проводимости в мембранах на основе кристаллической ПСК на основе комплексного изучения взаимосвязи их структуры и проводимости (3) детальное изучение явлений на фазовых границах методами ЭДС в варианте хронопотенциометрии и импедансной спектроскопии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 121091400045-5

НОВЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Проект направлен на исследование и выявление закономерностей процессов получения новых углеродных и композиционных электродных материалов, производимых из отходов переработки возобновляемого растительного сырья, отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности для современной экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики. Научная новизна проекта заключается в решении проблемы создания востребованных материалов для современных систем распределенной энергетики. Важно, что для получения этих материалов будут использованы отходы переработки растительной биомассы (производство масла, соков, сахара, пивоварение, виноделие, производство фурановых производных, биополимеров и т.д.), что решает проблему утилизации крупнотоннажных экологически небезопасных отходов. Такой комплексный подход внесет существенный вклад в развитие в РФ современной экологически чистой, в том числе водородной, и ресурсосберегающей энергетики. В результате выполнения проекта будут получены новые фундаментальные знания о закономерностях превращения растительной биомассы и отходов ее переработки, которые послужат научными основами для разработки экологичных малоотходных технологий создания современных электрохимических систем преобразования и накопления энергии с низким

углеродным следом, таких как твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ) и электролизёры, суперконденсаторы (СК), метал-ионные аккумуляторы (МИА) и проточные редокс батареи (ПРОБ). Будут разработаны научные основы создания электродных материалов нового поколения для энергетической промышленности на основе нативных и модифицированных гетероатомами, наночастицами металлов, оксидов/гидроксидов переходных металлов УМ, полученных в результате термохимической конверсии отходов пищевой промышленности, отходов переработки растительной биомассы в производные фурана и карбоновые кислоты (гумины). Будет проведено комплексное исследование физико-химических и электрохимических свойств всех типов полученных композитов в модельных и реально работающих системах преобразования и хранения энергии, на основании которых будут установлены основные закономерности, связывающие вид углеродного сырья, способ получения УМ, метод модифицирования, функциональные характеристики получаемого материала. В работе будут получены результаты мирового уровня, подготовлены высококвалифицированные специалисты и особое внимание будет уделено привлечению и закреплению в научной среде молодых ученых профильных специальностей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 121092300052-1

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОЛИЗНУЮ БАТАРЕЮ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ. РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОБРАЗЕЦ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С АСИММЕТРИЕЙ ДАВЛЕНИЯ

Перспективным и современным решением для энергообеспечения общества является широкомасштабное внедрение природоподобных технологий генерации энергии, в частности, инновационных водородных энерготехнологий, основанных на применении топливных элементов (ТЭ), в первую очередь, на основе твердого полимерного электролита (ТПЭ). При этом проблема эксплуатации ТЭ с ТПЭ при отрицательных температурах является важной и не решенной практической задачей, требующей проведения дополнительных исследований, в том числе, фундаментального характера. Целью проекта является разработка фундаментальных основ функционирования твердополимерных топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТЭ с ТПЭ) на основе бинарного топлива, представляющего собой смесь водорода и спиртов, в условиях отрицательных температур, и создание научных основ технологии ТЭ этого типа. Новизна предлагаемого проекта состоит в применении бинарного топлива, представляющего собой смесь водорода и спирта (метанол, этанол), для водородно-воздушных ТЭ с ТПЭ и исследовании морфологических, физико-химических и электрокаталитических свойств мембранно-электродных блоков и изменения этих свойств при циклировании

температуры в интервале от -60 ОС до +80 ОС при использовании бинарного топлива. Междисциплинарность проекта обусловлена его выполнением на стыке гетерогенного катализа, электрохимии, коллоидной химии, материаловедения, кристаллографии, плазмохимии, химии поверхности и водородной энергетики. В результате выполнения проекта будут оптимизированы состав и структура мембраны, каталитических слоев и мембранно-электродных блоков, а также ячейки ТЭ с ТПЭ в целом для режимов эксплуатации водородно-воздушного ТЭ с ТПЭ в условиях низких температур, получены новые данные по кинетике процессов при низких температурах. Предполагается создание математической/физико-химической модели для определения оптимальных режимов эксплуатации ТЭ с использованием бинарного топлива переменного состава, включая холодный пуск/остановку. Будет разработана и исследована экспериментальная батарея ТЭ мощностью 100 Вт для эксплуатации при отрицательных температурах (включая холодный пуск/остановку). Полученные результаты позволят разработать научные основы отечественной технологии функционирования ТЭ с ТПЭ на основе бинарного топлива, эксплуатируемого в условиях низких температур.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

№ АААА-А21-121011390009-1

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ

Разработка каталитических материалов и технологий получения, хранения, транспортировки и применения водорода и водородсодержащих смесей, в том числе: 1. Разработка лазерного реактора каталитической конверсии природного газа и легких алканов в водород и непредельные углеводороды экспериментальными

методами и методами математического моделирования 2. Разработка и исследование материалов воздушных электродов твердооксидных топливных элементов и электролизеров, функциональных слоев асимметричных нанесенных кислород- и протонпроводящих мембран, а также создание таких устройств. 3. Синтез фотокатализаторов

и выбор органического субстрата для эффективного фотокаталитического получения водорода под действием излучения УФ- и видимого диапазона. Особое внимание будет уделено исследованию примесей (CO, CO₂), образующихся при получении водорода. 4. Разработка и оптимизация состава катализаторов разложения аммиака и метана, на оксидных и углеродных носителях, промотированных редкоземельными, щелочными, щелочноземельными элементами, а так же элементами подгруппы железа, для получения водорода с низким содержанием примесей. 5. Дизайн материалов и комплексное исследование процессов получения водорода и водородсодержащих газовых смесей из твердых,

жидких и газообразных топлив для запуска и питания энергоустановок на основе топливных элементов различных типов. 6. Разработка термостойких многофункциональных структурированных металлопористых катализаторов с регулируемой дисперсностью частиц активного компонента для конверсии углеводородных топлив в синтез-газ, устройств и технологических схем на их основе для приготовления модифицированных газомоторных топлив, используемых в перспективных низкоэмиссионных энергогенерирующих системах с достижением требуемых экологических норм по эмиссии вредных выбросов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗАЦИИ ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121120100270-1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРОНТА ПЛАМЕНИ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В КАНАЛАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЯЧЕИСТОЙ И ВОЛОКНИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Проект посвящён исследованию фронта пламени водородно-воздушных смесей в каналах с элементами ячеистой и волокнистой структуры. Развитие водородной энергетики неразрывно связано с решением проблем взрывобезопасности. Актуальность проекта обусловлена необходимостью создания и совершенствования безопасной водородной транспортной инфраструктуры. Концепция должна включать меры обеспечения взрывобезопасности транспортных средств с источниками энергии на основе горения и топливных элементов. Процесс распространения ламинарного горения с момента возникновения очага воспламенения нередко сопровождается ускорением фронта пламени и переходом горения в детонацию, что может привести к разрушениям конструкций, узлов и агрегатов. Воздействуя на распространение фронта пламени на начальном этапе ускорения, возможно исключить формирование детонации. В проекте предлагается изучение влияния пористых материалов как волокнистой, так и ячеистой структуры на скорость и структуру фронта пламени в пористом материале и канале. В качестве теплопоглощающих элементов будут использованы пористые покрытия и перегородки, изготовленные из материалов, отличающиеся по механическим и термодинамическим характеристикам: полиуретан, пористая медь, стальная шерсть. Использование современных средств регистрации процессов в инфракрасном (ИК) диапазоне позволит связать теплопередачу в пористом слое с динамикой фронта пламени. Будут получены ИК-изображения фронта пламени одновременно в свободном сечении канала и внутри пористого материала с высоким разрешением. Такой метод формирования изображений позволяет по-новому взглянуть на распространение фронта пламени в гомогенных и гетерогенных системах. Комплексный подход заключается в одновременном использовании средств скоростной теневой регистрации процессов, регистрации с помощью ИК-камеры и измерения давления. Будут получены экспериментальные данные о структуре и динамике фронта пламени внутри пористого материала и канала как при нормальном, так и тангенциальном распространении фронта пламени относительно пористого материала, а также значения

скорости, давления, теплового потока. Будет установлено влияние состава горючей смеси на скорость фронта пламени в канале с пористым материалом и получены параметры и геометрические характеристики пористых материалов, при которых достигается максимальное ослабление интенсивности действия продуктов горения по сравнению с каналом без пористого материала. С использованием сканирующего электронного микроскопа и энергодисперсионного анализа будет исследован пористый материал до и после прохождения фронта пламени. Научная новизна проекта заключается в том, что будет решена комплексная задача взаимодействия ускоряющегося фронта пламени с пористым материалом, с учётом процессов тепло- и массопереноса как в газовой среде, так и в пористом теплопоглощающем материале. Полученные экспериментальные данные о динамике фронта пламени в пористой среде и канале будут обобщены, и будет получена полуэмпирическая зависимость предела тушения пламени. На основании существующих моделей неустойчивого ламинарного и турбулентного горения в свободном объёме, фильтрационного горения газов, тепломассообмена с пористой средой и экспериментально полученных данных по структуре и распространению пламени над слоем и через слой пористого материала различных свойств будет сформулирован набор уравнений, описывающий скорость горения в зависимости от свойств горючей смеси, пористого материала и пространственно-временных характеристик области горения. Будет выполнен аналитический расчёт, и будут получены критерии, позволяющие определять пределы тушения на основе тепломассообмена между областью горения в свободном объёме и каркасом пористого материала, режима фильтрационного горения газов, турбулизации и торможения потока на границе с пористым материалом и неустойчивости пламени в свободном объёме. Полученные в данном проекте характеристики движения фронта пламени в пористой среде и канале могут быть актуальны для оценки вероятности развития различных сценариев ускорения фронта пламени и будут способствовать созданию эффективной и безопасной транспортной инфраструктуры с источниками энергии на основе горения и топливных элементов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122012500156-1

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Наименование темы проекта: Электрохимические источники тока для возобновляемой энергетики. Цели НИР: Разработка новых источников энергии (топливные элементы, пост-литиевые аккумуляторы, редокс-батареи, системы накопления на основе водородного цикла), способных эффективно работать в условиях Сахалина и Курильских островов. Актуальность НИР: в последние годы активно ведутся работы по развитию альтернативных источников

энергии. Так, распоряжением Правительства РФ от 12 октября 2020 г. № 2634-р утвержден план мероприятий по развитию водородной энергетики в России до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту [<https://minenergo.gov.ru/node/19194>]. Более того, согласно Энергетической

стратегии Российской Федерации до 2035 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р, предполагается переход к энергетике нового поколения с опорой на новые технологии, где водород рассматривается как приоритет, а один из показателей реализации Стратегии является экспорт водорода. Это связано с мировой тенденцией сокращения использования углеродсодержащих топлив в целях уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Для выполнения плана помимо получения эффективно работающих водородных источников энергии (ВИЭ), для непрерывной работы необходимо не просто получать энергию, но и научиться эффективно ее хранить. Для достижения этого должны создаваться новые и дешевые накопители энергии (пост-литиевые аккумуляторы, редокс-батареи, системы накопления на основе водородного цикла). Тематика производства и использования водорода особенно актуальна для Сахалинской области и является одним из стратегических приоритетов научно-технологического развития региона. Это связано с рядом факторов. Во-первых, Сахалинская область является пилотным регионом, задачей которого является достижение углеродной нейтральности к 2024 г. Во-вторых, регион имеет стратегически удобное положение для экспорта водорода в страны АТР. Кроме того, Сахалинская область имеет большой потенциал для создания пилотных проектов в сфере водородного транспорта, так как (1) цены на бензин на 20% выше, чем в других регионах России, что может сделать внедрение транспортных водородных проектов целесообразным с экономической точки зрения для конечных пользователей автомобильного транспорта; (2) островная железная дорога о. Сахалин, обособленная от железнодорожной системы России, может быть переоборудована для пилотного проекта по водородному локомотиву. Так, в Сахалинской области реализуется ряд

проектов по тематике водородной энергетики, в частности: 1. Сахалинская область принимает активное участие в работе водородного кластера в рамках подписанного соглашения между Минвостокразвития России, Правительством Сахалинской области и ГК «Росатом». 2. В регионе запланировано строительство завода по производству водорода АО «Русатом Оверсиз» совместно с Air Liquide для экспорта водорода в Японию и другие страны АТР, в рамках трехстороннего меморандума с Правительством Сахалинской области. 3. В регионе запланирована реализация проектов по использованию водорода на железнодорожном транспорте в рамках Соглашения между АО «РЖД», ГК «Росатом», АО «Трансмашхолдинг» и Правительством Сахалинской области о создании железнодорожного сообщения на поездах с использованием водородных топливных элементов. Назначение и предполагаемое использование результатов: в результате выполнения исследовательских экспериментальных и расчетных работ планируется получение новых полимерных и твердых электролитов для электрохимических накопителей с протонной проводимостью и по ионам лития, натрия, калия, магния, а также электродных материалов для создаваемых литиевых и пост-литиевых аккумуляторов и топливных элементов, в том числе систем с несколькими накопителями энергии. Создание новых материалов для системы накопления энергии на основе водородного цикла и безопасного хранения водорода. На основе данных изучения графиков генерации и потребления энергии существующих на Сахалине и Курилах и планируемых к внедрению ветровых и солнечных электростанций и моделирования работы каждой из выбранных станций планируется изготовить оптимальные системы хранения энергии с учетом местных особенностей для выбранных объектов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122011200120-8

КОМПОЗИЦИОННЫЙ УГЛЕРОД-КАРБИДНЫЙ МАТЕРИАЛ Mo_2C -C КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА

Заявленный проект направлен на создание каталитического композиционного материала Mo_2C - C для применения в процессах с участием водорода. Карбид молибдена отличается высокой каталитической активностью в процессах, требующих активацию водорода, в том числе в углекислотной конверсии метана и реакции выделения водорода (HER) в топливных элементах. Использование в качестве прекурсора карбида молибдена молибденооксидных нанокластеров и дальнейшее их введение в углеродную матрицу позволит получить стабильный и активный катализатор. Молибденооксидные нанокластеры будут формироваться в процессе синтеза дисперсий молибденовых синей с использованием различных органических восстановителей. В качестве углеродной матрицы будут применяться различные углеродные материалы, в том числе углеродные и азот-допированные углеродные нанотрубки, полученные химическим осаждением из газовой фазы. Исследование адгезионного взаимодействия кластер - углеродная матрица

позволит установить характер взаимодействия частиц молибденовых синей с различной углеродной поверхностью и, соответственно, сделает возможным контролировать процесс сорбции частиц молибденовых синей на углеродной поверхности. Контролируемое введение частиц в углеродную матрицу приведет к возможности формирования композиционного материала с заданными свойствами. Исследование взаимосвязи каталитической активности полученного материала с его структурой и свойствами позволит установить оптимальные условия синтеза каталитического материала под конкретный каталитический процесс. Актуальность данной работы обусловлена в потребности современной промышленности в создании ресурсосберегающей технологии переработки легких углеводородов, а также в создании высокоэффективных топливных элементов, что невозможно без наличия активного и стабильного катализатора.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

№ 122062400001-0

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ ПРЯМЫХ БОРГИДРИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Низкотемпературные топливные элементы в настоящее время рассматриваются в качестве одних из наиболее перспективных источников питания, которые наряду с аккумуляторами должны в ближайшем будущем занять значительную нишу в мировой экономике. Вместе с тем широкое распространение водород-кислородных топливных

элементов сдерживается высокой стоимостью катализаторов, а также систем хранения и транспортировки водорода. В связи с этим в последние годы растет интерес к использованию топливных элементов на основе жидкого топлива и, в частности, боргидрида натрия. Данное соединение при нормальных условиях находится в твердом состоянии, что

позволяет существенно сократить затраты на его хранение и транспортировку. Кроме того, боргидрид растворяется без разложения в сильнощелочных растворах, облегчая его дальнейшую эксплуатацию. Применение щелочных электролитов позволяет использовать электрокатализаторы на основе легко доступных и недорогих неблагородных металлов, повышая тем самым конкурентоспособность прямых боргидридных топливных элементов в качестве стационарных и мобильных источников питания. В частности, значительный интерес представляет их использование в отдаленных районах, где отсутствует централизованное электроснабжение, а также на подводных лодках и летательных аппаратах ввиду высокой энергоэффективности боргидрида натрия на единицу массы. Примечательно, что прямое окисление боргидрида в топливном элементе, то есть исключая стадию его гидролиза с выделением водорода, позволяет получить дополнительный выигрыш в напряжении элемента в размере до 0.41 В по сравнению с водород-кислородными топливными элементами. Согласно последним исследованиям в данной области, электрокатализаторы на основе никеля являются одними из наиболее перспективных анодов прямых боргидридных топливных элементов. Примечательно также, что никель по активности и стабильности превосходит электрокатализаторы

на основе платины и палладия. Однако высокая активность никеля в реакции окисления боргидрида сопровождается интенсивным выделением водорода вследствие параллельно протекающего на поверхности катализатора гидролиза боргидрида. Это приводит к снижению фарадеевской эффективности процесса до 50% (выделение 4 электронов вместо максимально возможных 8 на одну молекулу боргидрида), а также блокированию части активной поверхности катализатора образующимися пузырьками газа. Целью текущего проекта является установление способов повышения фарадеевской эффективности электрокатализаторов на основе никеля в реакции окисления боргидрида в щелочной среде. Для достижения поставленной цели будет реализована стратегия, которая заключается в синтезе биметаллических NiM/C катализаторов (M = Cu, Au, Ru) оптимального состава и подборе оптимальных условий (соотношение концентраций NaOH и NaBH₄) их функционирования на основе разработанной в рамках проекта кинетической модели. Впервые исследование свойств никельсодержащих катализаторов будет проведено с тщательным контролем состояния их поверхности – параметра, который, как было недавно продемонстрировано, является ключевым для проявления высокой активности никеля в реакции окисления боргидрида.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 121031700339-8

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ ВОДЫ С ТВЕРДЫМ ПОЛИМЕРНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

Агрессивная кислотная среда и высокое напряжение обуславливают использование дорогостоящих материалов в составе мембранно-электродного блока (МЭБ) электролизера воды (ЭВ) с твердым полимерным электролитом (ТПЭ) – Pt, Ir или Ru в качестве катализаторов и Ti – в качестве материала пористых транспортных слоев (ПТС) и биполярных пластин. ПТС расположен между каталитическими слоями и соответствующими биполярными пластинами с обеих сторон МЭБ, а к его основным функциям относится обеспечение электронной проводимости между слоями, а также эффективного переноса газов и воды. Вода и кислород переносятся в анодном ПТС в противоположных

направлениях и его пористая структура имеет большое значение, поэтому необходима ее оптимизация с точки зрения сбалансированного массопереноса. Структура ПТС играет большую роль в возникновении ограничений массопереноса: она оказывает влияние на скорость роста и отрыва пузырьков кислорода, а также определяет режим течения. Для повышения эффективности работы электролизеров и снижения энергозатрат на получение водорода необходимо более глубокое исследование влияния структуры и морфологии ПТС на характеристики МЭБ в широком диапазоне плотностей тока и давлений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 121031500198-3

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ И МИКРОСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОЛ

Цель проекта: Определение взаимосвязи химического, фазового составов, морфологии, структурных характеристик сложных оксидных систем и узких фракций микросфер состава SiO₂-Al₂O₃-FeO и CaO-SiO₂-Al₂O₃-FeO, выделенных из летучих зол, как основы формирования: - эффективных катализаторов окислительного превращения метана; - мембранных материалов для высокоэффективного выделения гелия и водорода из газовых смесей; - микросферических адсорбционно активных систем для извлечения из водных сред катионов токсичных металлов; - керамических и композитных материалов высокой прочности. Возможная практическая значимость: Предполагаемые результаты могут быть использованы при модификации существующих и создании новых функциональных материалов: эффективных катализаторов окислительного превращения метана, кислород-проницаемых мембран, газовых сенсоров,

электродов твердопливных элементов, систем для циклических процессов сжигания топлива, мембранных материалов для высокоэффективного выделения гелия и водорода из газовых смесей, микросферических адсорбционно активных систем для извлечения из водных сред катионов токсичных металлов, керамических и композитных материалов высокой прочности, а также при создании ресурсосберегающих технологий комплексной переработки крупнотоннажных отходов тепловой энергетики и новых сорбционных технологий переработки жидких особоопасных отходов. Потенциал практического применения научных результатов определяется их востребованностью в комплексе секторов переработки природного газа, угольной энергетики, химико-металлургических и рудообогатительных производств, строительной индустрии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122010800024-6

СОЗДАНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Одной из основных компонентов топливного элемента является протонообменная мембрана. Для улучшения эксплуатационных характеристик топливных элементов существует потребность в создании мембран обладающих высокой протонной проводимостью, газонепроницаемостью (так как мембрана должна изолировать поступающие в топливный элемент водород и кислород друг от друга, от возникновения прямой химической реакции), высокой механической прочностью и химической стабильностью к окислению и гидролизу. Протонообменная мембрана играет роль разделителя электродов с целью предотвращения прямой химической реакции реагентов в топливном элементе, а также прямого электрического контакта электродов, при обеспечении протонного транспорта. В настоящем проекте разрабатывается мембрана со сквозными каналами на основе вариативной градиентно-пористой структуры кремния. Мембрана имеет верхний нанопористый слой (диаметр пор 1-10 нм), нижний макропористый слой в качестве

«поддерживающего». Пористая кремниевая структура получена методом глубокого анодного травления, сквозные протонно-транспортные каналы методом шлифования поверхности с последующей обработкой во влажной атмосфере. Образцы устойчивы к водным и температурным воздействиям, а также имеют высокую механическую стойкость. Известно, что более развитые поверхности электродов и структуры пор позволяют максимально эффективно использовать катализатор и подводить/отводить реагенты. Мембраны на основе вариативных градиентно-пористых структур обладают широко развитой удельной поверхностью благодаря верхнему нанопористому слою (удельная поверхность $\geq 1200 \text{ м}^2/\text{см}^3$). Глубокое анодное травление позволяет формировать структуры необходимой пористости и морфологии пор. На основании чего результатом настоящей работы является детальная проработка вопроса использования разрабатываемых мембран с целью дальнейшей коммерциализации результатов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»

№ 121102900122-1

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПЛАЗМЕННЫХ ПОРИСТО-ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ С ВЫСОКОЙ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТЬЮ ВОДОРОДА

Атомы водорода, обладая уникально малой массой и размерами, способны эффективно накапливаться в кристаллической решетке металлов. Так в некоторых металлических гидридах плотность упаковки атомов водорода может превышать плотность жидкого водорода. В связи с чем, металлические гидриды часто рассматриваются в качестве материалов накопителей водорода. В настоящий момент большой интерес для исследований представляют металлические пленочные покрытия как накопители водорода для одноразового (батарея) или многоразового (аккумулятор) действия. Важными требованиями к материалами-накопителям

водорода являются высокая емкость по водороду, которая связана с микроструктурой и пористостью осаждаемого металлического покрытия. Одним из перспективных методов осаждения пористых металлических покрытий является электроплазменный (газотермический) метод. При этом на настоящий момент отсутствует однозначное понимание приоритетных механизмов формирования таких покрытий, зависимости их свойств от технологических особенностей процесса напыления. Поэтому, комплексные исследования свойств и технологических особенностей формирования электроплазменных пористо-порошковых покрытий представляют собой и практический и научный интерес.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГОТЕХНИКИ ИМЕНИ Н.А. ДОЛЛЕЖАЛА»

№ 121031800068-6

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ СИСТЕМ СО СТРУКТУРНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ И НЕЛИНЕЙНЫМИ КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ

Необходимость развития методов моделирования систем с изменяющейся в процессе функционирования структурой и нелинейными граничными условиями мотивируется задачами, связанными со сложными динамическими процессами. Такие задачи возникают при моделировании динамики экосистем, процессов термодесорбции и водородопроницаемости, динамики эндогенного экономического роста. Нелинейность, переменная структура, многопараметричность являются основными характеристиками разрабатываемых динамических моделей. Поддержание биологического разнообразия является актуальной и острой проблемой. В 1992 г. было принято международное соглашение — Конвенция о биологическом разнообразии, имеющая своей целью сохранение биоразнообразия, которое находится под угрозой в результате антропогенного воздействия на окружающую среду. В связи с этим возникает проблема сохранения биологических сообществ в их естественных средах обитания. При этом, естественно, стремиться сохранить как видовой биосостав, так и тип взаимодействия между популяциями, т.е. структуру биосообщества. Для решения данной проблемы требуется построить управление экосистемой, состоящее в изъятии некоторых видов и переносе их в другие местообитания. При этом важно так организовать внешнее антропогенное воздействие на экосистему, чтобы изменения

динамики взаимодействия видов биосообщества были незначительны. Данная проблема приводит к необходимости построения методов периодического управления нелинейной динамической системой с целью ее выживаемости, или сохранения структуры. При этом периодичность управления мотивируется периодичностью, свойственной естественному взаимодействию видов. Актуальность моделирования морских экосистем связана с важностью понимания динамических процессов, происходящих в морских экосистемах. В частности, это касается уникальных характеристик российских северных морей таких как, например, доминирующие приливы, сезонные льды, динамика течений. Проблемы защиты конструктивных материалов, проектирования и совершенствования перспективных аккумуляторов водорода диктуют необходимость развития математического моделирования систем «водород-твердое тело», разработки математических моделей и соответствующих численных методов, учитывающих диффузионные и физико-химические процессы на поверхности, а также (экзо)эндотермические химические реакции внутри соответствующего объема. Это приводит к неклассическим нелинейным динамическим граничным условиям в краевых задачах и требует разработки соответствующего математического аппарата. Актуальность моделирования динамических процессов экономического

развития особенно важна в период кардинального изменения внешних экономических связей. Выбор пути развития — инновационного или имитационного — возможен только при наличии обоснованных прогнозов, обеспеченных модельными сценариями. Данная проблема приводит к необходимости

построения и анализа комплекса математических моделей динамики эндогенного экономического роста, а именно, шумпетеровской динамики. При этом модели представляют собой нелинейные динамические системы со структурными изменениями и с переменной размерностью.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122012000194-8

СИНТЕЗ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАЛЬЦИЯ С 3d-МЕТАЛЛАМИ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ЭЛЕКТРОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ВОДОРОД-СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Поиск новых функциональных материалов, в частности, представляющих интерес для водородной энергетики, является сегодня одной из наиболее актуальных задач на стыке физики твердого тела и материаловедения. Большую роль в таком поиске играет метод получения новых соединений, который во многом определяет их свойства и соответственно, возможные приложения. В Проекте предлагается создание ранее неизвестных соединений кальция с 3d-металлами группы железа с помощью синтеза при высоких давлениях и температурах, близких к существующим в мантии Земли.

Первоначальным стимулом к изучению данных систем стало предположение об их образовании в мантии Земли и схожих с ней планет. Теоретическую основу для такого предположения дают расчеты изменения химической связи при больших сжатиях: высокое давление существенно изменяет межатомные расстояния и симметрию электронных орбиталей, а следовательно, и реакционную способность элементов. Тем самым создаются условия для образования экзотических соединений, которые при нормальном давлении не образуются, но могут оставаться метастабильными.

Эти исследования связаны также с тематикой строения и химического состава земного ядра, с построением его тепловых, магнитных и динамических моделей. Тот факт, что плотность соединений Ca–3d металл примерно на 30% меньше плотности чистого железа, имеет прямое отношение к известной проблеме пониженной плотности земного ядра по сравнению с плотностью Fe.

Указанные интерметаллиды содержат много кальция, хорошо поглощающего водород, и не содержат дорогие редкоземельные элементы. Это позволяет рассматривать их как возможную основу для создания в перспективе новых экономичных аккумуляторов водорода. С другой стороны, изучение гидридов железа и железосодержащих соединений, стабильных при высоких давлениях, также может пролить свет на геофизическую проблему низкой плотности земного ядра.

В рамках Проекта планируется синтезировать бинарные и псевдобинарные соединения состава $\text{Ca}[\text{M}(1-x)\text{M}(x)]_2$ (где $\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$), кристаллизующиеся в топологически плотных структурах фаз Лавеса. Эти вещества представляют собой малоисследованный класс материалов — легкие высокотемпературные 3d-магнетики с высокой намагнитченностью, сильно разбавленные немагнитным щелочноземельным элементом. С целью исследования возникновения и эволюции магнитного момента на 3d-атомах в зависимости от концентрации Ca, запланировано систематическое изучение эффекта замещения кальция трехвалентными немагнитными элементами (в частности, La). В Проекте предполагается также изучить способность вновь синтезируемых соединений поглощать изотопы водорода. Будет исследована возможность создания новых металлических гидридов и дейтеридов. С этой целью планируется разработка методики гидрирования под квазигидростатическим давлением.

Свойства возникающих фаз высокого давления (ФВД) будут исследоваться при нормальном и высоком давлении и при температурах от низких до комнатных. Трудоемкость, сложность аппаратуры и, как следствие, высокая стоимость

экспериментов при высоких давлениях предъявляют особые требования к точности определения структуры, состава и физико-химических свойств получаемых ФВД. Помимо рентгеноструктурного анализа, запланировано применение метода нейтронной дифракции, который позволяет надежно характеризовать атомно-кристаллическое строение и магнитное упорядочение создаваемых материалов, в том числе водородосодержащих. Детали кристаллической, электронной и магнитной структуры вновь синтезируемых ФВД будут изучаться путем измерения различных сверхтонких взаимодействий ядерно-физическими методами (метод возмущенных угловых корреляций, эффект Мёссбауэра, электрон-позитронная аннигиляция) с использованием цифровой электроники.

В Проекте будет применяться методика синтеза в камере типа «Тороид», ранее разработанная в коллективе и позволяющая получать образцы большого объема при давлениях до 8 ГПа. Именно такие объемные образцы необходимы для исследований с использованием рассеяния нейтронов. Согласно нашим предварительным оценкам, для синтеза составов с высоким содержанием железа (например, CaFe_2) требуются существенно более высокие давления. Поэтому в Проекте будет развиваться новая методика синтеза в многопуансонном аппарате, что позволит повысить рабочее давление до 20 ГПа, также в большом реакционном объеме. Для экспериментов при еще более высоких давлениях будет применяться техника алмазных наковален.

Важной частью Проекта являются высокопроизводительные компьютерные расчеты «из первых принципов», которые выполняются независимо от эксперимента, т.е. без использования экспериментальной информации. Это позволит проверить надежность и оценить точность проводимых измерений, просчитать возможные варианты микроскопической структуры и состава исследуемых систем и, в конечном итоге, значительно сократить необходимое количество дорогостоящих поисковых экспериментов. Для предсказания свойств изучаемых соединений будут применяться теория функционала плотности, генетический алгоритм, имитирующий биологическую эволюцию, а также новые для коллектива методы машинного обучения, переживающие сегодня взрывообразное развитие. Расчеты будут проводиться параллельно с экспериментами, их результаты будут сопоставлены с экспериментальными данными. Вычисленные характеристики будут сравниваться как с данными нейтронных экспериментов (параметры структуры, магнитные свойства), так и с результатами измерения сверхтонких взаимодействий (магнитное сверхтонкое поле, мёссбауэровский изомерный сдвиг, квадрупольное расщепление и градиент электрического поля).

Анализ, систематизация, обобщение и интерпретация полученных результатов будут проводиться совместно теоретиками и экспериментаторами, участвующими в Проекте. Полученный в ходе реализации Проекта опыт создания новых материалов с прогнозируемыми свойствами, несомненно, будет полезным для физики твердого тела, геофизики, материаловедения и водородной энергетики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ ИМ. Л.Ф. ВЕРЕЩАГИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2022

№ 122071200010-6

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ С НАНЕСЕННЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ СЛОЕМ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

Результатом выполнения данного проекта будет комплексная оценка функциональных характеристик каждого компонента в отдельности и мембранно-электродного блока в целом, что позволит получить новые знания о причинах и механизмах деградации перфторированных мембран при использовании различных видов катализаторов, и принципах отбора и предобработки платиноуглеродных электрокатализаторов. Для этого будут получены наноструктурные платиновые и биметаллические катализаторы, обладающие значительно более высокими функциональными характеристиками по сравнению с коммерческими аналогами. На основании изучения физико-

химических характеристик различных модификаций отечественных перфторированных мембран будут найдены материалы, обладающие оптимальным сочетанием механической прочности, протонной проводимости в условиях ограниченной влажности, газопроницаемости и устойчивости к деградации в окислительной среде. Оценка эффективности работы мембранно-электродного блока с модифицированными перфторированными мембранами и синтезированными платиноуглеродными электрокатализаторами позволит сформулировать принципы создания перспективного для использования устройства на компонентах отечественного производства.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122081100046-5

РАЗРАБОТКА КОНТЕЙНЕРА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Данный проект НИОКР реализуется в рамках дорожной карты «АвтоНет», лота №5 проектов-маяков: Электроавтомобиль и водородный автомобиль (создание технологий в сфере производства электроавтомобилей (включая силовую и управляющую электронику), батарей и их компонентной базы (в том числе в части производства

ячеек для батарей, катодных и анодных материалов), а также водородных топливных элементов). Разрабатываемый контейнер предназначен для водородной газозаправочной станции водородных автомобилей, в состав которой он входит.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АУРИД»

№ 122071800041-4

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ «ЗЕЛеной» ЭНЕРГЕТИКИ

Проект направлен на разработку новых композитных материалов на основе углеродных наноструктур и металлов, используемых в качестве эффективных регенерируемых катализаторов в ряде химических и электрохимических процессов, в том числе, в водородных топливных элементах и в

секвестрации углекислого газа. Основная научно-практическая цель – замена используемой в современных катализаторах платины и других драгоценных металлов более доступными элементами, повышение эффективности и стабильности каталитических систем на основе благородных металлов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122122100169-1

ЛАБОРАТОРИЯ «АВТОНОМНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»

Деятельность лаборатории направлена на создание высокоэффективных автономных гибридных электроэнергетических комплексов на основе водородных топливных элементов, плавучих волновых электростанций, дизель-генераторных электростанций и др., а также на разработку и апробацию новых научно-технических решений проблем повышения энергетической гибкости и оптимального управления для локальных электроэнергетических систем с распределенной генерацией. Для достижения цели проекта будут решены следующие взаимосвязанные задачи: 1) исследование и разработка научно-технических решений по созданию гибридных маневренных энергоустановок на основе водородных топливных элементов, плавучих волновых электростанций, дизель-генераторных электростанций переменной частоты вращения как источников энергетической гибкости для узлов с распределенной генерацией; 2)

разработка многообмоточного генератора специального типа для гибридной маневренной энергоустановки; 3) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца гибридной маневренной энергоустановки на основе дизель-генераторной электростанции переменной частоты вращения с генератором специального типа; 4) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца гибридной плавучей волновой электростанции с системой накопления электроэнергии; 5) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца модуля энергоустановки на основе водородных топливных элементов; 6) разработка методики выбора оптимального состава и параметров объектов в составе локальных энергетических систем с распределенной генерацией с учетом многовариантности систем и стохастического характера генерации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 122012000422-2

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОТОННЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Ионные жидкости рассматривают как «дизайнерские» растворители (designer solvents), потому что варьирование природы катионов и анионов в их составе, а также изменение длины алкильной цепи, ее разветвления и функционализации позволяет синтезировать соли с различными физико-химическими свойствами для конкретной области применения. Интерес к протонным ионным жидкостям (ПИЖ) как подклассу ионных жидкостей, наблюдаемый в последнее время, обусловлен тем, что они имеют в своем составе «активный» (подвижный) протон, что и определяет их высокую протонную проводимость и позволяет использовать при создании протонпроводящих мембран для водородных топливных элементов. Несмотря на наличие в мировой научной литературе материала по синтезу и свойствам многочисленных классов ионных жидкостей, в том числе протонных, дизайн новых ионных жидкостей «целевого назначения» (task-specific) и модификация свойств уже известных материалов с целью улучшения их физико-химических и транспортных характеристик продолжает оставаться актуальной задачей. Дальнейшее развитие таких материалов зависит от фундаментального

понимания взаимосвязи «структура–свойство», которое требует применение комплексного подхода, сочетающего экспериментальные и расчетные методы исследования. Несмотря на давний и обоснованный интерес исследователей к ионным жидкостям, детальное понимание особенностей их структурирования, а также установление связи микроскопических характеристик с параметрами, измеряемыми в эксперименте, пока не достигнуто. Данный проект направлен на установление корреляций «структура–свойство» для протонных ионных жидкостей с алкиламмониевыми катионами с целью выявления соединений, являющихся потенциальными допантами для мембран топливных элементов. На основе полученных расчетными и экспериментальными методами результатов и имеющихся литературных данных будет впервые проведено достаточно полное исследование взаимосвязи свойств широкого ряда протонных алкиламмониевых ионных жидкостей с их строением. Будут выявлены основные закономерности влияния катиона и аниона в составе ионных жидкостей на их структурные и физико-химические характеристики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТВОРОВ ИМ. Г.А. КРЕСТОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052000097-8

ДИЗАЙН НОВЫХ СТЕРИЧЕСКИ-ЗАТРУДНЕННЫХ СОЛЕЙ ФОСФОНΙΑ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОЗДАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ «УМНЫХ» МАТЕРИАЛОВ

В современном мире востребованы новые материалы, отвечающие высоким требованиям для решения конкретных задач, например, создание полимерных катетеров, стентов и имплантов для медицинских целей, предотвращающих образование биопленок патогенными организмами. Создание биосовместимых материалов на сегодняшний день активно растущая область науки, находящаяся на стыке разных дисциплин. Доля материалов на основе полимеров, применяемых в медицине, достигает половины, и возможность управление их свойствами играет важную роль. Для придания полимерам необходимых свойств используются всевозможные добавки и со-полимеры. Одна из основных проблем имплантируемых материалов - это их взаимодействие с живыми тканями. Различают толерантные, инертные и биоактивные материалы. В том случае, когда от материала требуется устойчивость к образованию биопленок, необходимо соблюсти баланс между их активностью и токсичностью для организма. Совершенно другие задачи возникают при создании токопроводящих полимерных материалов для нужд хранения и получения энергии в литий- и натрий- ионных аккумуляторах, водородных топливных элементов. Добавление в основную или боковую полимерную цепь фрагмента ионных жидкостей позволяет

придать полимеру необходимые свойства, например, электропроводность, изменить поверхностно-активные свойства полимера, а его дополнительная функционализация может существенно расширить области применения материалов в таких областях, как создание анионно-активных материалов, электрохимических устройств, актуаторов в электрическом поле, контролируемая стабилизация многослойных углеродных нанотрубок, детекторов анионов, литий-полимерных батарей, газоразделительных мембран, а также в катализе. Для решения поставленной задачи планируется наработать библиотеку моно-молекулярных соединений, на основе стерически затрудненных солей фосфония, несущих определенную функциональность, для придания полимерным материалам специфических свойств: антибактериальные, предотвращение обрастания живыми организмами, редокс-переключаемые свойства. Планируется получить соли фосфония несущие в боковой цепи концевую гидроксильную, карбоксилатную группу или ферроценовый фрагмент. Соли фосфония на основе стерически затрудненного три-трет-бутилфосфина могут стать подходящей платформой для дизайна ионных жидкостей, подходящих для создания полимеров, отвечающих предъявляемым требованиям к материалам.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122101100047-7

РАДИАЦИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Топливный элемент (ТЭ) обладает рядом преимуществ с точки зрения высокой плотности мощности и наличия воды в качестве побочного продукта, что делает его экологически чистой альтернативой для генерации энергии. Мембрана (ПЭМ) в ТЭ обеспечивает перенос протонов от анода к катоду, одновременно являясь газоразделительной. Для функционирования ТЭ необходимы мембраны ПЭМ, с хорошей механической прочностью, высокой химической стабильностью и протонной проводимостью $>10^{-2}$ См*см $^{-1}$. При современном уровне технологий перфторированные

мембранные материалы, такие как Nafion® (DuPont, США), Flemion (Asahi Glass, Япония) и Aciplex (Asahi Kasei, Япония), используется преимущественно в ТЭ с полимерным электролитом из-за их привлекательной проводимости и химической стабильности. Однако они имеют ряд недостатков: плохую протонную проводимость при низкой влажности и высокую стоимость, которая сдерживает внедрение ТЭ в экономику. Следовательно, поиск новых мембранных материалов с низкой стоимостью и требуемыми электрохимическими характеристиками, наряду с

характеристиками, не уступающими Nafion, продолжается и стал наиболее актуальным в настоящее время. Проект направлен на исследование радиационного модифицирования существующих коммерчески доступных полимерных пленок, с целью получения рабочих характеристик. В процессе выполнения проекта будут выполнены: Исследование процессов радиационной модификации полимеров пучками высокоэнергетических ионов гелия. Исследование процессов радиационной прививочной полимеризации для синтеза и модификации мембран и функциональных материалов для ТЭ.

Исследование микроструктуры модифицированных мембран их электрохимических свойств, селективности и устойчивости к отравлению компонентами. Исследование методов нанесения и материалов каталитических слоев на модифицированные протонообменные мембраны. Исследование особенностей эволюции системы- модифицированная протонообменная мембрана- катализатор. По результатам работ будет создан экспериментальный ТЭ с мембранно-электродным блоком (МЭБ) на основе радиационно-модифицированных ПЭМ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122112100037-4

ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Данное исследование направлено на разработку технологий создания новых материалов для химических источников тока и апробация новых материалов в экспериментальных образцах устройств. Разработка и создание современных эффективных и экологически безопасных источников энергии является важнейшим направлением научно-технического прогресса, одним из главных факторов и условий поступательного развития всех сфер человеческой деятельности, экономики, улучшения качества жизни людей. Основные глобальные технологические тренды - индивидуализация, мобильность, распределенность, - которые прослеживаются в мире во всех отраслях, в полной мере применимы и к развитию источников энергии. Необходимость и реальная возможность разработки отечественных технологий получения материалов, процессов создания таких электрохимических устройств, как топливные элементы, металл-ионные аккумуляторы и проточные редокс-батареи, а также получения водорода обеспечивают высокую актуальность развития этих направлений. Предполагаемым конечным результатом исследования будут: - Данные по влиянию состава каталитического слоя, в том числе гидрофобных и стабилизирующих добавок и связующего

на эффективность работы катализатора в составе анодного и катодного слоев водородно-воздушных топливных элементов. Анализ скорости механизмов деградации. - Результаты исследования электрохимических свойств, в том числе проводимости, катион-обменных перфторированных сульфокатионитных мембран с короткой боковой цепью по катионам H⁺, Na⁺, K⁺ и др. - Плазмохимическая установка для генерации водорода из метана с выработкой водорода и технической сажи. Данные по разложению метана в плазменном потоке аргона и/или азота, результаты анализа получаемого углерода и состава получаемой смеси газов, оптимизации установки. - Макетный образец металл-ионного аккумулятора различного типа (дисковые/пуговичные/монетные (coin), пакетные (pouch) и цилиндрические) на основе полученных электродных материалов и электролитов. - Лабораторная методика испытаний опытного образца стека ванадиевой ПРБ, протокол испытаний опытного образца стека ванадиевой ПРБ, Эскизная документация опытного образца стека ванадиевой ПРБ, 3D модель опытного образца стека ванадиевой ПРБ, акт об изготовлении опытного образца стека ванадиевой ПРБ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122102800004-0

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ-ГАЗОВАЯ ТУРБИНА

Предлагается создание технологии полного цикла утилизации газообразных органических водородосодержащих отходов нефтехимических и др. производств для получения электроэнергии на тепловых электрических станциях на основе цифрового моделирования процессов в гибридных установках с твердооксидным топливным элементом. Наиболее важной проблемой, на решение которой направлен проект, является создание цифровых моделей электрохимических и тепломассообменных процессов в

гибридной энергоустановке топливный элемент-газовая турбина с последующей разработкой на основе расчетов по цифровой модели технологий и установок экологичной и высокоэффективной утилизации водородосодержащих отходов предприятий. нефтепереработки и химкомбинатов, содержащих углеводороды, оксиды углерода и водород, т.е. топливную смесь, пригодную для электрохимических превращений в топливном элементе с предварительным риформингом с получением электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 122070800005-9

РАЗРАБОТКА СТЕКА ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Проект направлен на создание эскизной конструкторской документации макетов стеков твердополимерных топливных элементов (ТПТЭ) обеспечивающих номинальную мощность не менее 0,1 кВт и не менее 0,5 кВт создание макетов стеков ТПТЭ. ТПТЭ являются наиболее перспективными источниками энергии, используемыми в качестве топлива водород и в качестве окислителя — кислород воздуха. Такие источники энергии уже широко востребованы рынками Аэронет, Автонет, Маринет Технэт, Сэйфнет. Процесс получения электроэнергии в ТПТЭ проходит в одну стадию без, промежуточных преобразований химической энергии в тепловую, тепловую — в механическую, а затем уже в электрическую, благодаря чему энергоустановки на ТПТЭ значительно более эффективны и экологически чистые по сравнению с традиционными

источниками энергии, использующими ископаемое топливо. Единственным продуктом электрохимических реакций между молекулами водорода и кислорода является вода. Основным элементом энергоустановок на ТПТЭ является стек топливного элемента, включающий в себя такие основные компоненты, как мембранно-электродный блок (МЭБ), обеспечивающий осуществление анодных и катодных процессов, разделение зарядов (электроны и протоны); биполярные пластины, обеспечивающие подвод реагентов к МЭБ, газораспределение, токоотвод, температурный и водный балансы в системе. Сегодня развитию рынка энергоустановок на ТПТЭ в России препятствует не только их высокая стоимость, но и отсутствие российских технологий создания элементов ТПТЭ и их сборки. В связи с чем необходимы развитие массового

производства, расширение рынка с опорой на отечественные технологии, позволяющие адаптировать эксплуатационные характеристики энергоустановок под задачи и специфику конкретного потребителя, что в свою очередь не толькократно снизить стоимость изделий, но и обеспечит импортонезависимость России в области водородных технологий. В настоящем проекте будут впервые предложены

технологические подходы к созданию стеков ТПТЭ с открытым катодом на основе композитных биполярных пластин. Решение поставленных в проекте задач помогут обеспечить переход современной энергетики РФ к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, обеспечат формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 122022600117-0

МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АВТОНОМНО ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ АРКТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Создание физико-химических основ направленного жидкофазного синтеза новых функциональных электроактивных и ионопроводящих оксидных, композиционных органо-неорганических, керамических материалов и покрытий на их основе с заданными физико-механическими, физико-химическими, электрохимическими и электрофизическими свойствами для повышения производительности и ресурса, уменьшение стоимости электрохимических устройств с внешней подачей топлива – низкотемпературных водородно-воздушных твердополимерных и среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (ТПТЭ и ТОТЭ), в том числе ТОТЭ с внутреннем риформингом метана. Разработка научных основ жидкофазного синтеза керамических электролитных и электродных наноматериалов с улучшенными механическими и электротранспортными свойствами в качестве компонентов современных энергоэффективных среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ, позволяющих снизить рабочую температуру топливной ячейки на 300-400°C°, тем самым повысить ресурс ее работы, снизить стоимость производимой электроэнергии. На основе комплекса теоретических, материаловедческих

и экспериментальных исследований влияния физико-химических свойств материалов на выбор конструкций современных электромеханических преобразователей и накопителей энергии, гибридной электростанции (источники энергии - ветро-и гидропотоки), автономной экологически чистой транспортной энергетики с использованием топливных элементов; служебных характеристик топливных элементов разработка конструкций, новых материалов и покрытий для повышения надежности функционирования изолированных энергосистем, надежного электроснабжения объектов с целью создания более комфортных условий для жизни населения, снижения техногенной нагрузки на окружающую среду в климатических условиях Арктики. Достижение поставленных задач будет способствовать решению экологических проблем, поскольку позволит первоначально снизить, а затем отказаться от доставки топлива для дизель-генераторных установок, наиболее распространённых в настоящее время в регионе. Разработка технологий модифицирования цемент содержащих материалов и других вяжущих материалов нанокремнием для повышения физико-химических и реологических свойств, что позволит снизить расход вяжущих материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122081500097-3

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОЛИБЕНЗИМИДАЗОЛЬНОЙ МЕМБРАНЕ В РАМКАХ ГЛОБАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В рамках глобального энергетического перехода к низкоуглеродной энергетике водород является одним из важнейших элементов, способных в будущем обеспечить энергией (включая электрическую) действующие технологии и производства. Одной из актуальнейших проблем возобновляемых источников электрической энергии, является разработка эффективного водородно-воздушного топливного элемента (ТЭ) на основе полимерно-электролитной протонопроводящей мембраны (ППМ) в котором происходит прямое преобразование энергии химической реакции окисления в электрическую энергию со значениями КПД превышающими 60% (с учетом всех потерь). Среди различных типов топливных элементов (ТЭ), среднетемпературный (СТ по более общей классификации) или по другой классификации ТЭ на полимерных мембранах водородно-воздушный высокотемпературный ТЭ на полибензимидазольной (ПБИ) мембране (СТ ТЭ, ВТ-ПОМТЭ, НТ-РЕМФС, НТ-РЕФС, или ВТТЭ на ПБИ) имеет ряд уникальных достоинств и претендует на широкое распространение D Aili et al. Polybenzimidazole Based High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells: New Insights and Recent Progress, Electrochem. Energ. Rev., 3, 793–845 (2020) <https://doi.org/10.1007/s41918-020-00080-5>. На сегодняшний день данный тип ТЭ НТ-РЕМ предлагается на рынке инновационными европейскими компаниями Advent Technologies Inc. [power-stacks/ и Danish Power Systems <http://www.dapossy.com> Следует отметить, что по данным Hydrogen Energy \(<https://hydrogeneurope.eu/> ; an umbrella association representing the European Industry, Research, and National and Regional Associations in the Hydrogen and Fuel Cell sector\) к данной теме сохраняется повышенный интерес, зарегистрированы многочисленные проекты и значительные средства направлены на оптимизацию углеродных материалов и катализаторов для ТЭ, включая ВТ-ПОМТЭ. В проекты вовлечены многочисленные университеты и технологические компании Западной Европы, США, Ю. Кореи, ЮАР, Японии, Китая, Индии. Мировой лидер в сфере производства электрокатализаторов для ТЭ - компания Johnson Matthey \(Великобритания\) финансирует R&D департамент по исследованию электрокатализаторов в котором работает не менее 150 сотрудников. В сентябре 2021 года на 58 страницах с приложениями вышла статья \(Y.S. Kim et. al. Protonated Phosphonic Acid Electrodes for High Power Heavy-Duty Vehicle Fuel Cells. Nature Portfolio Journal. Research Square. In Review. 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-542999/v1\) от имени важнейших научных организаций США, Южной Кореи, и Германии о результатах исследования возможности использования ВТ-ПОМТЭ для тяжелого автотранспорта в которой ставится неотложная задача повышения мощности данного типа ТЭ.](https://www.advent.energy/advent-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А.Н.НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042600094-2

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проект направлен на разработку универсального модуля системы накопления энергии – Автономной Мобильной Гибридной Энергосистемы с Топливными Элементами на базе протонообменных Мембран (АМГЭ ПОМТЭ) и водородными баллонами в качестве накопителя. АМГЭ устроена по модульному принципу и может быть масштабируема как в части генерируемой мощности за счет объединения топливных элементов (ТЭ) в батарею, так и за счет объединения водородных баллонов в рампу. Для АМГЭ разрабатывается интеллектуальная система управления (СУ), повышающая эффективность работы за счет поиска точек максимальной мощности, оптимизации температурных

режимов ТЭ и обеспечивающая безопасность пневмосистем. Технология адаптирована для применения на наземных и морских беспилотных носителях, разработанных ЦТП СПбПУ, а также может быть применена в перспективных разработках – в стационарных системах мощностью от 1 до 100 кВт (в случае использования нескольких модулей) для сглаживания пиков мощности и резервного источника длительной подзарядки в проектах промышленных партнеров СПбПУ, а также в качестве лабораторного стенда для исследования режимов работы ТЭ и водородных систем. АМГЭ может работать в составе гибридных солнечно- и ветроводородных генераторов (СВВ).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122080800018-8

РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ДИЗАЙНУ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕЙ СМЕСИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вопросы, касающиеся перспектив получения энергоносителей и экологической защиты окружающей среды, являются жизненно необходимыми для устойчивого развития общества. Развитие общества напрямую связано с постоянно растущей потребностью в энергоносителях, что приводит к истощению природных ископаемых, изменению тектонических особенностей планеты и загрязнению атмосферы. Все эти негативные последствия техногенной деятельности обуславливают необходимость развития новых экологически приемлемых технологий, базирующихся на альтернативных сырьевых источниках. Одной из современных и быстроразвивающихся отраслей энергетики являются топливные элементы (ТЭ), для питания которых применяется водород или водородсодержащий газ, который получают путем превращения органических соединений (паровая, углекислотная, воздушная и автотермическая конверсии) в синтез-газ в специальных устройствах – риформерах. Наиболее широкое развитие получили топливные элементы с протонообменной мембраной (ПОМТЭ) и твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ). К преимуществам первых относится относительно не высокая рабочая температура (порядком 80 °C), однако для них в качестве топлива возможно применение водорода с остаточным содержанием CO не более 10 м.д. ТОТЭ работают при гораздо более высоких температурах (более 600 °C), однако в качестве топлива используется водородсодержащий газ с большим содержанием CO. Таким образом в случае применения ПОМТЭ необходимо проводить дополнительную очистку водородсодержащего газа от CO, в то время как в случае с ТОТЭ эта очистка не требуется, что позволяет существенно снизить стоимость используемого риформера, кроме того к преимуществам ТОТЭ так же стоит отнести более высокую степень утилизации топлива, что приводит к увеличению КПД энергоустановки. Актуальность проекта заключается в разработке катализаторов и способов получения водородсодержащего газа из различных растительных источников – кислородсодержащих органических соединений – биоэтанола, ацетона, 1-бутанола, изопропанола, и их обводненных смесей. Для этого возможно применение паровой или паровоздушной конверсии органических

соединений в присутствии катализаторов, состав которых может меняться в зависимости от используемого исходного сырья. Существенной проблемой для каждой реакции является необходимость контролировать тепло- и массоперенос. В случае паровой конверсии органических реагентов возникает проблема передачи тепла от стенок реактора в слой катализатора, т.к. реакция является эндотермической. Паровоздушная конверсия является или термонеutralной или слабо экзотермической, однако в лобовом слое возникают локальные перегревы, тепловой эффект которых необходимо перераспределить по слою катализатора для компенсации эндотермического эффекта. Для решения этих проблем хорошо подходят структурированные катализаторы на основе теплопроводящих подложек – металлических сеток, пен и т.д. Такие катализаторы представляют собой сложный композитный материал со многоуровневой структурой «структурированная металлическая подложка-структурный оксидный компонент-активный оксид-наночастицы металлов или сплавов», который совмещает в себе функции теплообменника, распределителя потока и собственно катализатора. Оригинальным и инновационным является подход к разработке катализатора, совмещающий одновременный анализ данных о структуре активных центров катализаторов, технологических особенностях проведения процесса и развитии методов получения синтез-газа с заданными характеристиками. Для успешного выполнения проекта будут сочетаться как методы исследования химических реакций на атомно-молекулярном уровне, так и экспериментальные и теоретические исследования. Одной из проблем в конверсии биооксигенатов является их избыточная обводненность (содержание большого количества воды). Новизной данного проекта является использование водной смеси биооксигенатов в качестве сырья для конверсии, что позволит получать оптимальное для паровой конверсии соотношение H₂O: C. Таким образом, решаемые в рамках проекта задачи, связанные с получением водородсодержащего газа из исходного растительного сырья, являются актуальными в области водородной энергетики и использования современных способов генерирования электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122111500098-4

МАКЕТИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Направлением исследований в рамках проекта является разработка конструкций, моделирование и оптимизация режимов работы электрохимических устройств, включая твердооксидные топливные элементы, работающие на водороде и углеводородных топливах, электролизеры для получения чистого водорода и синтез-газа, датчики состава газовой фазы, кислородные насосы, а также разработка и создание установок на их основе. Основной задачей является разработка энергоустановок и электролизных установок на уровне мировых эксплуатационных характеристик и выше на основе отечественных компонентов. Для этого предстоит решение ряда отдельных задач: - разработка технологии получения единичных элементов планарной конструкции заданной геометрии; - исследование макрокинетических

процессов, протекающих на границах электрод-электролит в единичных элементах; - исследование свойств единичных элементов; - разработка материалов интерконнекторов; - исследование зависимости эксплуатационных свойств материалов интерконнекторов от химического состава, структурно-фазового состояния и режимов обработки; - разработка технологий нанесения защитных покрытий на интерконнекторы; - исследование коррозионного поведения интерконнекторов в условиях электролиза; - создание герметизирующих материалов и разработка технологий их нанесения; - разработка конструкций стеков ТОТЭ и ТОЭ и моделирование макрокинетических процессов в них; - создание макетов установок на базе ТОТЭ и ТОЭ и отработка режимов эксплуатации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122052600049-1

ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БОЛЬШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Актуальность Электрохимическая энергетика представляет собой одну из ветвей энергосберегающих технологий за счет высокой эффективности преобразования энергии, высокой удельной энергоемкости носителей энергии, в частности водорода, маломощности, высокой автономности. Развитие таких направлений как низкотемпературные топливные элементы, суперконденсаторы, электролизеры воды привело к высоким требованиям к эффективности электродных процессов, и времени эксплуатации устройств без существенного снижения характеристик. При этом зачастую авторы публикуют работы о достижении высоких параметров мембранно-электродных блоков (МЭБ), не уделяя внимания долгосрочной стабильности его работы.

Срок службы электрохимических устройств и динамика ухудшения технических характеристик в процессе эксплуатации, как известно, является весьма важной потребительской характеристикой. Современные низкотемпературные твердополимерные топливные элементы и электролизеры построены на основе мембранно-электродных блоков, весьма большая доля которых представлена изделиями, содержащими протонпроводящий полимер Nafion. В процессе работы такие МЭБ под действием электрического поля и тока, протекающего через них, испытывают ряд превращений, связанных с различными процессами электроокисления, растворения, кристаллизации, перераспределения состава и др. В результате этого происходит изменение локальной структуры и состава электродов, что приводит, как правило, к ухудшению их характеристик, таких как напряжение разомкнутой цепи, плотность тока, КПД. Одним из существенных факторов, обуславливающих деградацию электродов, является перераспределение полимера Nafion в структуре электрода за счет коллоидизации и миграции. В результате этого существенно нарушается структура электрода, увеличивается его сопротивление переносу протонов, изменяется газодиффузионное сопротивление. Вопросы деградации МЭБ рассмотрены во многих работах и занимают в современной литературе большую долю исследований. В то же время в силу сложности и многообразия деградационных процессов на данное время этот вопрос все еще недостаточно изучен. То же самое можно сказать и о мерах борьбы с негативными процессами в МЭБ. Несмотря на определенные успехи, на данное время вопрос продления срока службы МЭБ остается актуальным.

Таким образом, работы, направленные на изучение механизмов деградации и поиск решений, обеспечивающих увеличение срока службы МЭБ, имеют высокую значимость и в настоящее время являются актуальными, представляют

собой одно из приоритетных направлений развития электрохимической энергетике. Современное состояние вопроса и предполагаемые подходы решения научной проблемы. Вопросам исследования деградационных процессов в МЭБ посвящено значительное количество работ. Отметим, что несмотря на то, что историческая глубина публикаций исчисляется внушительным периодом более 10 лет, срок службы современных МЭБ все еще недостаточно велик и составляет около 5000 часов при потере напряжения около 10% от исходного. Старение связано с обычными электрохимическими процессами, такими как электрохимическое и химическое окисление углеродных и металлических компонентов электрода, перекристаллизация металлов, прорастание металлических дендритов в протонпроводящую мембрану, нарушение целостности мембраны за счет химических и электрохимических процессов окисления-восстановления.

Отдельным направлением исследований и, связанных с ними технологий, является проблемы стабильности иономера Nafion (отечественный МФ-4СК) и его модификации Aquivion в составе МЭБ. Фокус внимания в опубликованных работах направлен на стабилизацию мембран, входящих в состав МЭБ. При этом можно выделить два магистральных направления: армирование и наполнение. Создание различных покрытий в форме полимерных сеток увеличивает срок службы Nafion за счет различных механизмов стабилизации или матриц обеспечивает более длительный срок службы мембран на основе Nafion и большую их механическую прочность. Использование наполнителей для создания композитных (наполненных) мембран зарекомендовало себя как способ увеличить устойчивость к потере воды и термическую стабильность.

Отдельным и сравнительно новым направлением является использование углеродных материалов в композитных протонпроводящих мембранах на основе Nafion для улучшения их характеристик, таких как влагосодержание при повышенных температурах, ионное сопротивление (проводимость), термическая стабильность. Для этого используют такие добавки как углеродные нанотрубки, графеновые материалы. Термическая стабильность топливных элементов (ТЭ) с протоннообменной мембраной и долговременность работы являются важными характеристиками, исследованию которых посвящено много работ.

Анализ научной литературы показывает, что вопросам электрофоретической миграции иономера в процессе функционирования МЭБ практически не уделено внимания. Особенности этих процессов практически не исследованы.

Кроме того, отметим, что основная часть работ направлена на стабилизацию собственно мембраны и практически обойдены вниманием проблемы стабилизации структуры Nafion в электроде.

В настоящем проекте с целью предотвращения деградации структуры Nafion в МЭБ (как электродов, так и мембраны) будет использован прием пространственной его стабилизации путем введения пространственных ограничений в виде сетки наноструктурированных материалов: перфорированного полиэтилена (ПТФЭ) и углеродных нанотрубок с различной морфологией и, соответственно размерами ячеек. Будет подобрана структура с эффективным размером ячеек, препятствующим миграцию частиц Nafion. Для этого планируется три части работы: 1. исследование миграции частиц Nafion в работающем, не стабилизированном МЭБ; 2. создание МЭБ, содержащих в структуре электродов и на поверхности мембраны стабилизирующую добавку ПТФЭ и/или УНТ различной морфологии в различных количествах; 3. ресурсные испытания стабилизированных МЭБ и подбор оптимальных параметров состава и структуры стабилизатора.

Стабилизирующие материалы будут вводиться в структуру электрода путем добавления в каталитическую дисперсию в необходимых количествах, которая впоследствии будет наноситься на поверхность мембраны.

Для исследования процессов миграции Nafion в работающем МЭБ будут использованы электрохимические методы, метод динамического рассеяния света, микроскопические методы исследования, совмещенные с методом элементного анализа (EDX), атомная силовая микроскопия. МЭБ будет подвергаться электрохимическому состариванию в стандартной ячейке в различных режимах. Для исследования миграции Nafion будут использованы потенциостатический и гальваностатический

режимы с целью исследования миграции в постоянном электрическом поле и при постоянной плотности тока. В дальнейшем при окончательной оценке стабильности МЭБ будет использована следующая общепринятая методика. Электродные материалы будут исследованы на дисковом электроде в трехэлектродной ячейке в различных режимах электрохимического воздействия. Старение МЭБ будет проводиться при комнатной температуре и атмосферном давлении при заданном количестве циклов (0, 100, 300, 1000 и т.д.) развертки напряжения в диапазоне 0.6 – 1.0 В со скоростью развертки потенциала 50 мВ с-1. На электроды будут подаваться влажные (~100%) N₂ и H₂. На электрод, который подвергается старению, будет подаваться N₂.

Для оценки размера и концентрации частиц, мигрирующего Nafion будет использован анализ воды, вырабатываемой при функционировании МЭБ, методом динамического рассеяния света. Изменение структура и компонентного состава электродов в процессе того или иного электрохимического воздействия будут оцениваться микроскопическими методами и методом элементного анализа. Структура стабилизирующих сеток и частиц Nafion будет исследована методом атомной силовой микроскопии.

Динамика ионного сопротивления электродов будет исследована методом спектроскопии электрохимического импеданса. Научная новизна. Впервые будут получены новые знания об особенностях миграции Nafion в МЭБ в процессе их функционирования и зависимости этих процессов от структуры электрода. Впервые будет использован прием пространственной стабилизации Nafion в МЭБ посредством ограничения его электрофоретической миграции ячейным каркасом стабилизирующей сетки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122042600012-6

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ТВЕРДОКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Электроустановки (ЭУ) на ТОТЭ – высокоэффективные генераторы электрической энергии и тепла, напрямую преобразующие химическую энергию окисления газообразных углеводородов. Энергоустановки на основе топливных элементов имеют следующие достоинства: - высокий КПД (40-70%); - количество удельных выбросов вредных компонентов на 1,5-2,5 порядка ниже, чем у традиционных, а количество таких выбросов как CO и NO_x в сотни раз ниже, чем значения, указанные в экологических стандартах Euro-6 и Tier-4; - возможность использования различных видов топлива; - высокий ресурс работы; - высокий межсервисный интервал. Эти достоинства

обеспечивают большой интерес к разработке и применению ЭУ с ТЭ во многих странах. Для повышения экономической конкурентоспособности энергоустановок на основе ТОТЭ необходимо преодолеть ряд технических и технологических проблем. В первую очередь требуется снизить рабочую температуру ТОТЭ до 500-600° С, обеспечив при этой температуре высокую ионную проводимость используемых твердых электролитов. Также интерес представляет проблема масштабирования (увеличения геометрических размеров ТОТЭ) при сохранении характеристик ТОТЭ на необходимом уровне и обеспечение воспроизводимости процесса для получения ТОТЭ различного масштаба.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

№ 122050600009-1

ГЕКСАГОНАЛЬНЫЕ ПЕРОВСКИТЫ – НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В РАЗРАБОТКЕ СРЕДНТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОТОНИКОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Экономика и основа бюджета России традиционно строятся на экспорте нефти и газа. Реальной возможностью постепенного снижения такой зависимости является создание индустрии, связанной с получением, хранением, транспортировкой водородных энергоносителей и производством различных видов топливных элементов. Недавно (октябрь 2020) Председателем Правительства РФ был утвержден план мероприятий по развитию водородной энергетики до 2024 года. Все это демонстрирует важность задачи укрепления позиций страны в области водородной энергетики. В настоящее время наиболее перспективными и интенсивно развивающимися являются электрохимические способы прямого преобразования энергии топлива в электрическую энергию. Электрохимический способ

осуществляется в топливных элементах (ТЭ), в которых химическая энергия топлива и окислителя превращается непосредственно в электрическую с очень высоким КПД - до 70%. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) – это наиболее перспективный тип источников энергии данного вида. Преимущества ТОТЭ, например, по сравнению с ТЭ, работающие на комнатных температурах, в том, что они не нуждаются в дорогом катализаторе (платине). Кроме того, к преимуществам ТОТЭ относится их экологическая чистота, так как продуктом сгорания водорода, при использовании его как топлива, является вода. В последнее время существует мировой тренд на понижение рабочей температуры ТОТЭ вплоть до 500-700°С, что значительно уменьшает коррозию металлических и деградацию керамических компонентов,

существенно повышает срок службы топливного элемента, и в, конечном итоге, позволяет добиться существенного удешевления стоимости производимой электроэнергии. Перспективными проводниками для этого температурного диапазона являются протонные электролиты на основе сложных оксидов. Основная проблема, препятствующая широкой коммерциализации ТОТЭ, состоит в разработке твердого электролита с высокой ионной проводимостью, стабильного как в окислительной, так и восстановительной атмосферах, надежно сопрягаемого с электродами по обширнейшему комплексу физико-химических, механических и функциональных характеристик. Пока не найдены такие материалы, сочетающие весь комплекс необходимых свойств. Поэтому разработка новых материалов с высоким уровнем электролитической проводимости при сравнительно низких температурах, позволяющих свести к минимуму процессы деградации, является одной из главных задач современной энергетики. Основной целью Проекта является разработка новых протонных проводников на основе сложных оксидов со структурой анион-дефицитных гексагональных перовскитов, способных к доминирующему протонному переносу в области средних температур ($T < 700^\circ\text{C}$), обладающих химической устойчивостью в окислительных и восстановительных условиях, а также к высоким $p\text{CO}_2$ и $p\text{H}_2\text{O}$. Кристаллическая структура соединений, исследуемых в

настоящем Проекте, характеризуется своими особенностями – она может быть представлена как структура срастания с различными структурными блоками, в которых присутствуют координационно-ненасыщенные полиэдры, способные менять координационное число при интеркаляции воды. Как результат, формируются протонные дефекты, и материал приобретает протонную проводимость. Структурная гибкость этого класса материалов позволяет в рамках одного структурного типа сочетать комплекс свойств и, в тоже время, осуществлять «подгонку» необходимых характеристик. Научная новизна определяется тем, что впервые на основе комплексного физико-химического подхода будут изучены новые соединения, ранее не описанные в литературе как протон-проводящие электролиты. Накопление материала о формировании протонной проводимости в новых структурных типах позволит понять роль кристаллохимического фактора в процессах интеркаляции воды из газовой фазы, что является важным в понимании механизмов транспорта протонов в сложных оксидах. На основе проведенных исследований кристаллической и локальной структуры, транспортных, термических свойств будут установлены основные закономерности формирования протонной проводимости и факторы, обеспечивающие значимый уровень электролитических свойств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

2023

№ 123110700076-2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И СИНТЕЗ НОВЫХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Получение чистого водорода является сложной задачей, поэтому важнейшей задачей является разработка топливных элементов (ТЭ), способных эффективно работать на водороде, содержащем некоторые количества примесей. Основными компонентами, определяющими работоспособность топливных элементов (ТЭ) с полимерной мембраной в присутствии примесей, являются катализаторы. Будут разработаны экспериментальные образцы анодных и, при необходимости, катодных катализаторов, обеспечивающих

стабильное функционирование макетов ТЭ. На основе разработанных катализаторов будут созданы макеты топливных элементов (ТЭ) с полимерной мембраной, оптимизированные под максимальное сохранение мощностных характеристик в течение длительного времени при приемлемом содержании примесей (CO , метан, CO_2) в исходном топливе. Развитие уровня технологической готовности по толерантным к отравлению катализаторам будет увеличено с УГТ-2 до УГТ-5.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123020700106-8

НОВЫЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПЕРФОРИРОВАННЫХ МЕМБРАН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСУРЬЯНЫМИ КИСЛОТАМИ, ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На сегодняшний день скрининг твердых электролитов для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) – чрезвычайно важное стратегическое направление, имеющее перспективы развития не только за рубежом, но и в России. При этом принципиальное значение имеет разработка государственной программы по развитию водородной энергетики, которая должна стимулировать внедрение водородных технологий и содействовать развитию рынка водородной энергетики в России. Поставленная задача в рамках настоящего проекта обусловлена непростой сложившейся экологической ситуацией в мире, связанной с большим «углеродным следом» существующих энергоносителей. В связи с этим переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике позволит отказаться от использования углерода в целом ряде секторов. Одним из перспективных способов решения научной проблемы является разработка новых эффективных наноматериалов и технологий для водородной энергетики, в частности, для низкотемпературных топливных элементов (ТЭ). На сегодняшний день на мировом рынке им соответствует свыше 90% продаж. Однако несмотря на высокий спрос, их практическое применение

ограничено низким интервалом рабочих температур и необходимостью поддерживать высокую влажность при работе в ТЭ. Существующие недостатки препятствуют скорейшему развитию крупномасштабного производства ТЭ и их повсеместному внедрению. В связи с этим в России необходима разработка новых, более дешевых, мембранных материалов, обеспечивающих их эффективную работу при пониженной влажности и повышенной температуре, а также катализаторов, отличающихся большей толерантностью к примесям CO в водороде [А.Б. Ярославцев. Топливные элементы в России: Современное состояние и материалы]. Научная идея проекта состоит в реализации высокой ионной проводимости в межфазном граничном слое композитов за счет обогащения этого слоя подвижными носителями заряда в результате ионного обмена между компонентами композита. Для всестороннего изучения этой возможности и ее потенциала в смысле синтеза новых неорганических протонных проводников необходимо провести исследования этого эффекта для широкого набора составов композита с участием гидрофосфатов и производных полисульфамной кислоты, на которых авторами проекта был обнаружен

этот эффект. Новым в проекте является применение комплексного подхода (модифицирование мембран типа Нафлон нанодисперсными частицами неорганического протонного проводника) по созданию новых ионообменных наноконпозиционных материалов, обладающих высокой протонной проводимостью, способных работать при средних температурах и пониженной влажности в топливных элементах и других электрохимических преобразователях и накопителях энергии. При этом известно, что использование модификаторов с кислотной поверхностью обеспечивает ряд преимуществ. Вполне обоснованным является и выбор объекта исследования - полисульфамной кислоты (ПСК) - модифицирующей добавки, известной в литературе как хороший ионообменник и протонный проводник. Поскольку

ПСК и соединения на ее основе практически не растворимы в воде, это не может привести к вымыванию их из мембран при работе в различных устройствах. С этой точки зрения для полимерных протонпроводящих мембран представляется перспективным использование частиц с модифицированной поверхностью, содержащей дополнительные атомы полисульфамных кислот для улучшения сродства частиц к мембране. При реализации задач проекта научным коллективом планируется получить новые данные о способах синтеза наноконпозиционных материалов, модифицированных неорганическими протонпроводящими соединениями, и представлениях о протонном транспорте в таких материалах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123091100077-7

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НЕДОРОГИХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Загрязнение окружающей среды, а также нехватка электроэнергии в мире стали основными факторами, сдерживающими развитие человеческого общества. Общество остро нуждается в освоении новых возобновляемых источников энергии, являющихся альтернативой традиционным энергоносителям. Поэтому в последние годы страны во всем мире ускорили разработку новых источников энергии и новых «чистых» технологий производства электроэнергии. Среди них водородная энергетика рассматривается как наиболее идеальный возобновляемый источник энергии для человека в будущем благодаря разнообразным формам ее использования и своим преимуществам в области охраны окружающей среды. Переход к водородной энергетике позволит существенно улучшить экологическую ситуацию, а также решить ряд других проблем. Стоимость ТЭ сильно зависит от применяемых в них платиновых катализаторов. Тенденции в области создания катализаторов, применяемых в ТЭ, направлены на снижение расхода платины или ее полное замещение. Проблема, вытекающая из названия проекта, предполагает решение ряда задач, касающихся разработки технологий получения недорогих, приближающихся по эффективности к платиновым, катализаторов для ТЭ. Это, во-первых, выбор носителей для катализатора. Сейчас существует тенденция к использованию углеродных носителей — углеродных нанотрубок (УНТ), ультрадисперсных алмазов (УДА), графена, его оксида (ОГ), мезопористого углерода и т.п. Наиболее перспективным, на наш взгляд, являются углеродные нанотрубки, электронные свойства которых можно изменять в широких пределах путем модифицирования, и они производятся в России. Наряду с этими носителями в проекте будет осуществлена разработка новых электрон проводящих материалов на основе оксидов алюминия, титана и др.,

обеспечивающих высокую коррозионную устойчивость. Таким образом, будут исследованы в качестве носителей как углеродные, так и не углеродные материалы. На основании результатов физико-химических исследований будут исследованы и охарактеризованы свойства носителей. Во-вторых, будут использованы различные переходные металлы и неметаллы в качестве модификаторов. Научная новизна исследований будет заключаться в том, что впервые в качестве допирующих и модифицирующих агентов будут использованы фталоцианины металлов, ионные жидкости и другие органические субстраты, которые после соответствующей обработки обеспечат увеличение активности, величины электрохимически активной поверхности и устойчивости при одновременном образовании пористой структуры катализатора. В задачи исследований, предусмотренных при выполнении проекта, впервые также войдут испытания серии катодных и анодных катализаторов в условиях, приближенных к режиму функционирования водородно-кислородного (воздушного) ТЭ с твердым полимерным электролитом (ТПЭ) анионпроводящего (щелочного) типа (ЩТЭ). При разработке архитектуры активных слоев (АС) будет проведена оптимизация массы катализатора на электроде, обеспечивающая достижение максимальной активности в исследуемой реакции (окисление водорода на аноде и восстановление кислорода на катоде). При использовании платиносодержащих катализаторов одной из ключевых задач будет минимизация общего содержания платины с сохранением приемлемой скорости процесса. Методами квантово-химической теории функционала плотности (DFT) будут смоделированы поверхности катализаторов на углеродных и неуглеродных носителях, модифицированных фталоцианинами переходных металлов (кобальтом, никелем, серебром, медью), биметаллические катализаторы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

№ 123121100020-7

СОЗДАНИЕ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА

Важность «энергетического перехода» и водородной энергетики нередко вызывает споры, но невозможно отрицать рост производства водорода в мире. Производство электроэнергии с помощью солнечных батарей и ветрогенераторов предполагает использование водорода в качестве аккумулятора энергии. Несмотря на то, что водород нетоксичен, его применение является рискованным, так как смесь с воздухом крайне взрывоопасна. Увеличение производства водорода и расширение областей его применения предполагает необходимость создания недорогих компактных газоанализаторов, которые могли бы также использоваться в качестве пожарных извещателей,

поскольку появлению дыма при пожаре предшествует увеличение концентрации водорода. Единственный путь к созданию недорогих компактных анализаторов состоит в использовании химических газовых сенсоров, причем требованиям высокой чувствительности и длительной стабильной работы удовлетворяют в первую очередь металлооксидные сенсоры. Главным недостатком химических газовых сенсоров является недостаточная селективность, поэтому данный проект ориентирован в первую очередь на ее повышение. Кроме того, предполагается создание сенсоров с повышенной чувствительностью по отношению к водороду и повышенной стабильностью. Существует два подхода к

повышению селективности анализа. Первый из них связан с созданием высокоселективных сенсоров. Если говорить именно о водороде, то главное направление при создании подобных сенсоров – нанесение на газочувствительный слой газопроницаемых мембран. В рамках проекта предполагается создание многослойных структур, включающих не только диэлектрическую газопроницаемую мембрану, но также палладиевую мембрану. Другой подход к повышению селективности анализа – использование малоселективных сенсоров, работающих в нестационарном температурном режиме. В этом случае можно частично разделить во времени хемосорбцию аналита, его химическое взаимодействие с хемосорбированным на поверхности кислородом и десорбцию образовавшихся продуктов. Благодаря этому аналит проявляет свою индивидуальность – полученная зависимость электрического сопротивления от времени может содержать особенности, характеризующие данный аналит, что открывает возможности для селективного анализа. При определении водорода можно найти такое сочетание газочувствительного слоя с температурным режимом сенсора, при котором кривая зависимости электрического сопротивления от времени будет содержать характерные экстремумы. Благодаря этим экстремумам можно проводить селективное определение водорода даже в его смеси с другими газами. Для селективного определения

водорода с помощью малоселективных сенсоров следует решить ряд задач. Во-первых, необходимо подобрать такие газочувствительные материалы, у которых характерные для водорода экстремумы имеют максимальную интенсивность, причем эти экстремумы должны сохраняться при длительной эксплуатации прибора. Во-вторых, необходимо подобрать температурные режимы, при которых данные экстремумы имеют максимальную интенсивность. В-третьих, необходимо разработать алгоритмы обработки многомерных данных, позволяющие решать задачи селективного определения водорода при использовании минимальных вычислительных ресурсов. Это необходимо для создания недорогих компактных газоанализаторов на основе микроконтроллеров. Наряду с решением сугубо практических задач, реализация данного проекта должна внести существенный вклад в понимание процессов хемосорбции водорода на каталитических поверхностях, а также взаимодействия водорода с хемосорбированным кислородом. Экстремумы на кривых зависимости электрического сопротивления от времени при изменении температуры получены только при определении водорода и веществ, способных к дегидрогенизации. Природа этих экстремумов не получила объяснения из-за недостатка экспериментальных данных. В рамках данного проекта планируется проведение экспериментов, позволяющих найти объяснение данного феномена.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»

№ 123022100068-9

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ НЕВОДОРОДНЫХ УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНЫХ И ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Проект направлен на формирование научных основ создания углеродно-нейтральных энергетических систем. В рамках проекта планируется разработка комплекса научно-технических решений для создания отечественных термохимических и электрохимических технологий производства водорода или безуглеродных соединений, интегрированных в перспективные кислородно-топливные энергоустановки, научно-методических основ систем транспорта безуглеродных энергоносителей, углеродно-нейтральных энергетических установок малой мощности для производства тепловой и электрической энергии. В состав проекта включены научные задачи: - разработка

и исследование тепловых схем энерготехнологических комплексов с интегрированными аккумуляторами энергии; - разработка моделей оценки технико-экономической эффективности систем транспорта безуглеродных веществ от места производства до места потребления; - разработка и расчетно-экспериментальные исследования ключевых решений в обеспечение создания углеродно-нейтральных энергетических установок малой мощности; - исследование и разработка новых материалов и технологий их получения для создания российских щелочных электролизеров и топливных элементов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 123100600263-8

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАКЕТА ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Выполнение настоящего проекта позволит создать отечественную высокоэффективную технологию получения водорода на основе твердооксидных топливных элементов (ТОЭЛЭ), работающих с использованием высокопотенциального пара, производимого с использованием тепла ВТГР, и создаст научный задел для организации эффективного производства высококачественного водорода на АЭС. Цели работы: 1.1 Исследование характеристик электролит- и анод-поддерживающих твердооксидных

электролизных элементов (ТОЭЛЭ), 1.2 Создание макета электролизной установки производительностью (3,00±0,25) Нм³/ч, 1.3 Разработка проекта технического задания (ТЗ) на выполнение ОКР по теме «Разработка электролизной установки на основе высокотемпературных твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ) с производительностью по водороду не менее 5 Нм³/ч», 1.4 Создание научно-технического и технологического заделов по электролизным установкам на твердооксидных электролизных элементах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123032400031-9

РАЗРАБОТКА И КАЛИБРОВКА ПОТЕНЦИАЛОВ СИЛОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МНОГОСТЕННЫХ НАНОТРУБОК НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Проект направлен на теоретическое исследование структуры, устойчивости, термодинамических и упругих свойств многостенных нанотрубок на основе простых и смешанных (разноповерхностных) халькогенидов

переходных металлов. Уникальные электронные и оптические свойства многостенных нанотрубок на основе указанных соединений делают их перспективными кандидатами для фотокаталитических, электрохимических

и нанoeлектронных приложений. К настоящему времени синтезировано достаточно много нанотрубок на основе халькогенидов металлов, и все они являются многостенными. Однако абсолютное большинство теоретических работ ограничивается рассмотрением одностенных нанотрубок, а многостенные нанотрубки фактически выпадают из круга рассматриваемых нанообъектов. Это связано с практической невозможностью, даже на основе современных суперкомпьютеров, проводить расчеты многостенных нанотрубок из первых принципов (например, в рамках теории функционала плотности). Так, 12-стенная нанотрубка MoS₂ типа «зигзаг» с внешним диаметром 23 нм содержит более 11000 атомов в трансляционной единице. Тем не менее, теоретическое моделирование структуры, устойчивости, упругих и термодинамических свойств бинарных и смешанных многостенных нанотрубок необходимо не только для интерпретации наблюдаемых характеристик уже известных наноматериалов, но также для прогнозирования свойств еще не синтезированных наносистем. Это обстоятельство определяет актуальность и новизну предлагаемого проекта. В качестве основных инструментов для данного исследования выбраны методы моделирования, основанные на классических силовых полях. Причина такого выбора достаточно очевидна и заключается в уже упомянутом размере экспериментально наблюдаемых многостенных нанотрубок. Поэтому центральное место в проекте занимает разработка методики конструирования и калибровки («обучения») силовых полей, предназначенных для моделирования свойств многостенных нанотрубок, образованных монослоями слоистых кристаллов. Использование элементов машинного обучения, надо полагать, ускорит трудоемкий процесс создания силовых полей. Предлагаемая методика включает три этапа. На первом этапе создания силового поля будет выбран

«обучающий» набор тестовых систем, характер межатомных взаимодействий в которых должен в совокупности отражать особенности взаимодействий в многостенных нанотрубках. Требуемые характеристики тестовых систем будут определены в результате неэмпирических расчетов. На втором этапе создания силового поля будет определен аналитический вид двух- и трехчастичных вкладов в потенциальную энергию рассматриваемых систем. Опыт предыдущих исследований показывает, что для неорганических наносистем удовлетворительные результаты могут быть достигнуты при использовании классической схемы, в которой учитываются вклады, допускающие физическую интерпретацию. Третий этап будет заключаться в написании программного кода, необходимого для параметризации силовых полей на основе многокритериальных (многофакторных) методов оптимизации. Для решения указанной задачи будет использован высокоуровневый язык объектно-ориентированного программирования Python 3, а также соответствующие библиотеки. Представленная методика будет использована для разработки силовых полей, способных предоставить корректную информацию о структуре, устойчивости и других свойствах многостенных нанотрубок на основе простых и смешанных сульфидов и селенидов вольфрама и гафния. Эти системы актуальны тем, что они являются перспективными материалами для создания полевых транзисторов, перезаряжаемых литий-ионных аккумуляторов, устройств для фотокаталитического расщепления воды и электрохимических накопителей водорода. Найденные потенциалы будут применены для расчета энергий образования, плотности фононных состояний, модулей упругости и термодинамических функций указанных систем. Моделирование планируется осуществить в рамках методов молекулярной механики и динамики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123100400152-7

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИНТЕРКОННЕКТОРОВ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Высокотемпературные топливные элементы (ТОТЭ) и электролизеры (ТОЭ) являются устройствами по прямому преобразованию химической энергии топлива в электричество и обратно. Они отличаются наибольшей эффективностью в сравнении с другими типами устройств. Однако высокая температура эксплуатации (700-800)°C предъявляет жесткие требования к материалам и компонентам, из которых состоят ТОТЭ и ТОЭ. Одним из компонентов стеков ТОТЭ и ТОЭ являются интерконнекторы. Они используются при сборке отдельных ячеек топливных элементов и электролизеров в стек и предназначены для разделения газовых пространств, распределения топлива и окислителя по поверхности единичных ячеек ТОТЭ и ТОЭ, а также выполняют функцию электрического интерфейса, объединяя ряд единичных элементов в последовательную электрическую цепь. В связи с этим к материалам интерконнекторов предъявляются высокие требования к коррозионной стойкости при температуре эксплуатации до 800°C, электропроводности как

самого материала, так и образующейся оксидной пленки, а ввиду наличия механического контакта с хрупкой керамикой дополнительно предъявляются требования к температурному коэффициенту линейного расширения. Данный проект посвящен разработке материала интерконнекторов и технологии его производства. При этом рассматривается работа электрохимического устройства в режиме электролизера для получения чистого водорода. В работе выполняется анализ известных материалов интерконнекторов и технологий их производства на основе литературного и патентного поиска. В рамках проекта разрабатывается технологическая инструкция для изготовления выбранных материалов интерконнекторов, а также программа и методика их испытаний, включая оценку эффективности самой технологии. В результате выполнения научных исследований должны быть получены и аттестованы опытные образцы материалов интерконнекторов для ТОЭ и технология их изготовления.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123012500122-5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ И СОЗДАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С ПРОТОНОПРОВОДЯЩЕЙ МЕМБРАНОЙ

Настоящий проект направлен на разработку технологий получения и создание на их основе новых материалов - нанесенных платиносодержащих электрокатализаторов, являющихся важным компонентом электролизеров и топливных элементов с протонопроводящей мембраной (ПОМ ТЭ). Опыт исследований, накопленный заявителями проекта, учет современных научных данных позволяют

ожидать создания электрокатализаторов, значительно превосходящих существующие коммерческие аналоги. Высокие функциональные характеристики получаемых катализаторов будут достигнуты с помощью применения запатентованных методик синтеза таких материалов, обеспечивающих равномерное распределение равноразмерных платиновых наночастиц по поверхности

углеродного носителя за счет его допирования атомами азота. Созданные электрокатализаторы будут использованы в водородных топливных элементах различной мощности и энергоустановках на их основе, применяемых для различных транспортных средств. Как мембранные электролизеры, так и топливные элементы с протонопроводящей мембраной — важные компоненты формирующейся инфраструктуры Водородной энергетики. Электролизеры необходимы для получения чистого («зеленого») водорода, не имеющего углеродного следа и пригодного для использования в водородо-воздушных топливных элементах, энергоэффективных и высокоэкологических устройствах прямого преобразования химической энергии в электрическую. Спектр энергетических приложений ПОМ

ТЭ чрезвычайно широк — от разнообразных подвижных (железнодорожный, автомобильный, речной и воздушный транспорт) до стационарных потребителей энергии. В то же время платиносодержащие электрокатализаторы являются наноструктурными композиционными материалами, содержащими наночастицы платины или ее сплавов, нанесенные на нано/микрочастицы носителя. Разработка технологий их получения, изучение взаимосвязи условий синтеза, состава/структуры и электрохимического поведения таких материалов имеет значение для развития индустрии производства наносистем. Отметим, одной из задач настоящего проекта является разработка базовых технологий их производства, пригодных для последующего масштабирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123071800003-1

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ СО-ТОЛЕРАНТНОСТИ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Проект направлен на разработку стратегии обеспечения высокой производительности мембранно-электродного блока низкотемпературного топливного элемента (НТЭ) при использовании топлива (водород), содержащего примеси монооксида углерода. Проект соответствует Стратегии СНТР направлению б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии. Топливные элементы (ТЭ) — это высокоэффективные источники энергии, преимуществом которых является отсутствие выбросов углекислого газа в их месте использования при работе на водородном топливе. Широкое применение ТЭ может способствовать не только удовлетворению глобальных потребностей в энергии, но и решению экологических проблем. Особое внимание уделяется низкотемпературным топливным элементам, поскольку они имеют высокую удельную мощность и быстрое время запуска. НТЭ потенциально могут заменить двигатели внутреннего сгорания на транспорте, а также накопители энергии для стационарных приложений. С 2019 по 2021 годы произошел двойной рост объема мощности произведенной с помощью ТЭ энергии (с 1,1 до 2,3 ГВт) и наибольшая доля поставок (порядка 55 тыс. единиц с мощностью более чем 2000 МВт) пришлась на НТЭ. Наиболее важные проблемы, с которыми сталкивается производитель и пользователи ТЭ — стоимость, производительность и долговечность таких систем. Проблемы водного менеджмента (увлажнение, замерзание или высыхание мембраны, затопление катода), адсорбция загрязняющих веществ приводят к деградации и отравлению электрокатализаторов и, как следствие, к падению характеристик ТЭ. Такие загрязняющие вещества, как окись углерода (СО) особенно вредны и ведут к деградации НТЭ, даже если присутствуют в следовых количествах. Сегодня половина мирового производства водорода приходится на паровую конверсию метана, природного газа или других углеводородов. Этот процесс обеспечивает высокую конверсию в водород при низких затратах и высокой эффективности. Другие отработанные и коммерциализированные технологии — это автотермический риформинг метана и газификация угля. Хотя это наиболее отработанные и экономически обоснованные технологии, получаемый таким водород не подходит для прямого использования в НТЭ. Продукт риформинга, полученный

после первой стадии очистки с помощью реакции конверсии водяного газа — конвертированный газ, имеет типичный состав: от 40 до 70% H₂, от 15 до 25% CO₂, от 1 до 2% CO, плюс небольшие количества инертных газов, таких как метан, водяной пар и азот. Для снижения концентрации СО до уровня, приемлемого для использования в НТЭ (менее 10 ppm) необходимы несколько стадий очистки конвертированного газа. Методы очистки включают адсорбцию, мембранное разделение, скрубберы и селективное окисление. Наиболее распространенными методами являются абсорбционные, на них приходится 85% очищаемого водорода. При этом для стадий очистки требуется на порядок больший объем установки, чем для риформинга и блока топливных элементов вместе взятых, что увеличивает затраты и паразитное потребление энергии. На крупных химических заводах на выделение и очистку водорода может приходиться от 50 до 80% общих капиталовложений. Основным механизмом снижения параметров НТЭ в присутствии СО в составе топлива — отравление платиносодержащих катализаторов за счет необратимой адсорбции СО, ведущее к снижению доли доступных для целевого процесса активных центров и тем самым влияющих на кинетику электрокаталитического окисления водорода. Метан и CO₂ не столь активно адсорбируются на катализаторах, но, являясь условно инертными компонентами, могут приводить к топливному голоданию за счет понижения доли водорода в топливном газе. Кроме того, в присутствии водяного пара возможно протекание реакции водяного сдвига с образованием СО и его последующей адсорбцией на платине. Нивелировать последствия отравления НТЭ возможно путем предварительной очистки конвертированного газа или разработки стратегии восстановления характеристик НТЭ непосредственно в процессе эксплуатации, что является наиболее перспективным, особенно при использовании НТЭ в мобильных энергоустановках с жесткими требованиями по объему и/или массе установки (беспилотная авиация, специальные назначения). Таким образом, разработка экономически целесообразных способов обеспечения высокой эффективности энергоустановок на основе низкотемпературных топливных элементов, использующих в качестве топлива водородсодержащий конвертированный газ, содержащий примеси монооксида углерода, актуальна и будет способствовать более широкому внедрению энергоустановок на НТЭ в различных сферах деятельности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

5.7 Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации

2021

№ 122030300158-1

Оценка углеродного и токсического следа для автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ российского и мирового опыта и перспектив использования газомоторного топлива, энергоносителей гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей, обеспечивающего сокращение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов от автомобильного транспорта; оценка углеродного и токсического следа жизненного цикла газомоторного топлива, энергоносителей гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей в автомобильном транспорте; сравнительный анализ сокращения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов при переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том

числе на водородных топливных элементах) автомобили и электрические силовые установки. Результат работы - отчет о НИР «Оценка углеродного и токсического следа автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития экологической безопасности, управления, функционирования и развития системы стандартизации общества, при планировании и организации перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 122031700248-2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО И БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С ВЫСОКОЙ ДОЛЕЙ АЭС

Современное развитие Российской Единой Энергетической Системы имеет тенденции к росту дефицита пиковых и полупиковых энергоустановок, способных экономично и надежно проходить ночные провалы нагрузки и обеспечивать энергосистему электроэнергией в часы максимумов нагрузок. Активный рост доли АЭС только усугубляет проблемы, связанные с прохождением минимумов и максимумов нагрузок, вследствие экономической оправданной загрузки атомных электростанций с максимальным коэффициентом использования установленной мощности. Кроме того, для АЭС, кроме экономической нецелесообразности, имеются технологические ограничения маневренных характеристик по условиям безопасности эксплуатации реакторных установок. При этом современная стратегия холдинга «Росатом» предполагает широкомасштабное развитие водородной энергетики в РФ и освоение методов производства водорода с использованием мощностей АЭС. Выработка пиковой электроэнергии на АЭС за счет производства и использования электролизного водорода позволяет решить несколько проблем, возникающих в настоящее время перед энергетикой РФ: 1. Производство водорода повышает эффективность АЭС за счет обеспечения ее базовой нагрузкой в условиях роста доли АЭС в энергосистеме и прогрессирующего дефицита маневренных мощностей; 2. Производство водорода обеспечивает аккумулирование невостребованной ночной электроэнергии; 3. Водородное топливо является экологически чистым энергоносителем как при производстве на АЭС, так и при его использовании. В результате выполнения проекта предполагается получение новых схем аккумулирования и производства электроэнергии на АЭС, использующие водородные технологии с учетом их

эффективной работы в требуемом режиме. Для обоснования будет разработана методика, использующая комплекс интегральных относительных удельных коэффициентов, отражающих динамические характеристики используемых водородных технологий относительно затрат на них с учетом изменяющихся системных факторов. Предлагаемые расчетные математические модели и уравнения соответствуют мировому уровню и разрабатываются впервые. Для прогнозной оценки системной эффективности предлагаемых вариантов реализации водородных технологий на АЭС с учетом изменяющихся системных факторов будет разработан программный комплекс, который позволит обосновать оптимальный вариант для заданных условий развития энергосистемы. Результаты выполнения научного исследования направлены на развитие новых подходов к использованию водородных технологий на АЭС и обоснование предлагаемых схемно-параметрических решений по производству пиковой электроэнергии на АЭС за счет использования энергии водородного топлива. При этом, будет учтено влияние переменного режима работы АЭС и тарифообразования в условиях неравномерности графика электрических нагрузок, а также изменяющиеся системные факторы. Результаты исследования могут быть использованы для разработки проектов по повышению маневренной эффективности существующих и перспективных АЭС и обеспечить дальнейшее развитие научных основ использования водородных технологий на атомных электростанциях, как одного из направлений «Стратегии научно-технического развития РФ» при переходе к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «САРАТОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 123041200003-0

Оценка влияния водородсодержащего газа на изменение механических свойств и характера разрушения металла труб магистральных газопроводов существующей газотранспортной системы

В процессе работы проводятся следующие исследования: сбор и анализ информации о влиянии водорода на металл труб МГ разных классов (групп) прочности (низколегированные стали в различном структурном состоянии в зависимости от

технологии изготовления); анализ материального исполнения труб МГ (контактирующих с водородсодержащим газом), отбор наиболее характерных материалов для исследований по прогнозируемому влиянию параметров структуры стали

на механические свойства и диффузию водорода в стали; оценка технологических характеристик транспортируемого водородсодержащего газа: состава, диапазона изменения его давлений и температур на объектах ГТС применительно к МГ; проведение испытаний с определением механических свойств основного металла труб МГ (изготовленных по разным вариантам технологии) и их сварных соединений до и после воздействия водородсодержащего газа с различной концентрацией водорода; исследование влияния водородсодержащего газа с различной концентрацией водорода на характеристики долговечности труб МГ и их сварных соединений (циклические испытания до и после воздействия водородсодержащего газа с различным содержанием водорода с определением скорости роста трещин); фратографические исследования поверхности разрушения трубных сталей до и после воздействия водородсодержащего газа с различной концентрацией водорода; исследование микроструктуры трубных сталей,

изготовленных по различным технологиям, разных классов (групп) прочности; анализ влияния состава и характеристик структуры стали на изменение механических свойств и характера разрушения основного металла труб МГ и сварных соединений труб под воздействием водородсодержащего газа с различной концентрацией водорода. Результат работы – отчет о НИР «Влияние водородсодержащего газа на изменение механических свойств и характера разрушения металла труб магистральных газопроводов существующей газотранспортной системы». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию, строительству и реконструкции ГТС.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

№ 123061300014-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВОДОРОДА, РАСТВОРЕННОГО В ГАЗЕ, НА РАЗВИТИЕ РАНЕЕ ОБРАЗОВАВШИХСЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ТРУБ В ГАЗОПРОВОДАХ С ДЛИТЕЛЬНЫМИ СРОКАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ современных моделей оценки влияния водорода на скорость образования и развития дефектов коррозии, коррозионно-механических трещин, в том числе коррозионного растрескивания под напряжением (КРН); разработка комплекса экспериментальных методов, моделирующих влияние различных концентраций водорода в газовой смеси на развитие ранее образованных эксплуатационных дефектов металла труб; разработка расчетно-экспериментальных методов оценки скоростей внедрения атомарного водорода в объем металла и концентраций водорода в металле; экспериментальная оценка влияний различных концентраций водорода на скорость роста трещин при одновременном наводороживании образцов, в предварительно наводороженных образцах и в образцах без наводороживания при статической и циклической нагрузках; экспериментальная оценка влияния различных концентраций водорода на развитие дефектов коррозии металла труб; экспериментальная оценка влияния различных концентраций водорода на возможное развитие ранее образованных трещин КРН на внешней поверхности металла труб по результатам испытаний предварительно наводороженных полнотолщинных

образцов; оценка пороговой (критической) концентрации водорода, необходимой для развития ранее образованных эксплуатационных дефектов, в том числе для повторной инициации развития трещин КРН; металлографические и фратографические исследования образцов металла труб после коррозионных и коррозионно-механических испытаний; разработка модели по учету влияния различной концентрации водорода на развитие ранее образованных эксплуатационных дефектов. Результат работы – отчет о НИР «Влияние различных концентраций водорода, растворенного в газе, на развитие ранее образованных эксплуатационных дефектов на внешней поверхности металла труб в газопроводах с длительными сроками эксплуатации». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании, организации и контроле мероприятий по транспортировке водородсодержащего газа с использованием действующих газопроводов с длительными сроками эксплуатации.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ - ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

2022

№ 122111500050-2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕЙ И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ГОРЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Цель НИР – определение условий самовоспламенения водородсодержащих смесей при истечении из сосудов высокого давления в целях системного обеспечения функционирования и безопасности объектов водородной энергетики. Для достижения поставленной цели в рамках настоящей НИР запланировано решение следующих задач: 1. дооснащение существующего стенда для исследования самовоспламенения горючих смесей при истечении из сосуда высокого давления в частично ограниченное пространство, заполненное воздухом, 2. проведение экспериментов по самовоспламенению смеси водорода и монооксида углерода

при выбросе в частично ограниченное пространство, заполненное воздухом, 3. формулировка эмпирических зависимостей по условиям самовоспламенения при истечении водорода и смесей водорода с монооксидом углерода из сосуда высокого давления на основании данных проведенных экспериментов и известных данных, 4. разработка новых методов исследования горения газовых смесей, 5. реализация методик преобразования первичных экспериментальных данных в физические характеристики горючей смеси и продуктов сгорания.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 122062000007-6

ПОВОРОТНЫЙ ЗАТВОР «ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

РОЛЬ И МЕСТО ТЕМЫ НИОКР (РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР) В РЕШЕНИИ ТЕМЫ «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» раздел VI пункт 1 поз.11,12,13 перечня Постановления Правительства РФ №988 от 24.12.2008:

разработка поворотного затвора для обеспечения надежности и безопасности технологии использования водорода в энергетике, промышленности.

Исполнитель: ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НПО ФЛЕЙМ»

№ 122111000058-3

РАЗРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ И ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЙ С ВЫХОДОМ ВОДОРОДА В ГЕРМЕТИЧНЫЙ ОБЪЕМ АСММ С РУ ШЕЛЬФ-М

Цели настоящей работы - разработка исходных данных необходимых для численного анализа в обоснование водородной безопасности реакторной установки (РУ) ШЕЛЬФ-М, анализ исходных событий проектных и запроектных аварий с выходом водорода в герметичный объем АСММ, оценка динамики генерации водорода в результате паро-циркониевой реакции во время аварии с потерей теплоносителя, в условиях множественных дополнительных отказов оборудования. Для достижения поставленных целей решены следующие задачи: - разработаны исходные данные для расчетов в обоснование обеспечения водородной безопасности РУ ШЕЛЬФ-М, - проведен анализ исходных событий проектных и запроектных аварий с выходом водорода в герметичный объем АСММ, - определены критерии приемлемости моделирования процессов генерации водорода, соответствующие сценарию с наибольшей интенсивностью генерации водорода в объеме реакторной установки (РУ) ШЕЛЬФ-М, - создана модель, описывающая процессы, протекающие в РУ ШЕЛЬФ-М и отвечающая критериям приемлемости, - проведено

моделирование процессов и анализ результатов. Рассмотрено исходное событие: нарушение герметичности первого контура - разрыв трубопровода системы компенсации давления. В качестве критериев приемлемости рассматривалось достижение температур плавления материалов активной зоны. В работе дано подробное описание реактора и систем реакторной установки ШЕЛЬФ-М, исходные данные для моделирования циркониевых сплавов. Определен перечень рассматриваемых исходных событий. Проведен подробный анализ потенциальных аварий. Приняты критерии приемлемости результатов анализа. Приведены результаты детального моделирования аварии с разрывом полным сечением трубопровода системы компенсации давления и множественными отказами оборудования. Изложен сценарий аварии с разрывом трубопровода системы компенсации давления при потере электроснабжения собственных нужд и полном отказе систем отвода тепла. Дана оценка максимальной интегральной генерации водорода в результате паро-циркониевой реакции, краткое обсуждение результатов, выводы и рекомендации.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГОТЕХНИКИ ИМЕНИ Н.А. ДОЛЛЕЖАЛЯ»

2023

№ 123052200042-5

Методы физического воздействия для построения новых C-S, S-S связей в полифункциональных соединениях

Цель НИОКР – использование «зеленых» технологий – электро- (прямого и косвенного), микроволнового синтеза – для формирования новых C-S, S-S связей в полифункциональных соединениях и получения водорода, биологически активных органических производных серы,

широко применяемых в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, на основе серосодержащих отходов (сероводорода, низкомолекулярных алкантиолов и дисульфидов), что позволит повысить атом-эффективность и экологическую безопасность технологических процессов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123101900034-8

Фундаментальные принципы создания экспресс диагностики топливных смесей на основе микрогорения

Целью проекта является выполнение фундаментальных исследований, направленных на создание измерительных приборов для он-лайн диагностики горючих смесей на основе измерений характеристик пламени при горении в микро каналах с контролируемой температурой стенок. Будут получены данные о структуре пламени и на их основе выполнена верификация существующих кинетических механизмов химических реакций горения перспективных, с точки зрения экологии, топлив: водород, сингаз, хитан, аммиак и другие, которые рассматриваются как ключевые элементы водородной энергетики и инфраструктуры.

Реализация проекта позволит разработать основы создания малоразмерных датчиков для экспресс диагностики горючих газовых смесей, которые в дальнейшем найдут широкое применение в энергетике и промышленности, например, для измерений калорийности и состава газовых горючих смесей, состава продуктов горения при различных условиях сжигания, будут обладать гибкостью в масштабировании параметров и иметь характеристики, удовлетворяющие самым жестким мировым стандартам в области экологии и безопасности использования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 123112000033-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИВЕРТОРА ТОКАМАКА ГЛОБУС-M2 С ЦЕЛЬЮ ОТРАБОТКИ РЕЖИМОВ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ СНИЖЕНИЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛАЗМЫ СО СТЕНКОЙ

Ожидаемые результаты:

за первый год:

- сделана оценка предела увеличения плотности (уменьшение температуры) плазмы в диверторе без существенной деградации профиля электронной температуры, нарушения условия устойчивости и роста эффективного заряда (Z_{эф}) основного плазменного разряда
- проведено описание физических механизмов и сформулированы требования к диагностикам
- разработано ТЗ на диагностику томсоновского рассеяния диверторной плазмы, включая разработку оптической схемы, расчет ожидаемых сигналов и ошибок, с учетом измеренных сигналов

за второй год:

- подготовлено оборудование для проведения эксперимента по диагностике томсоновского рассеяния диверторной плазмы токамака Глобус-M2
- подготовлено оборудование для одновременного измерения электронной температуры и концентрации в нескольких точках в районе сепаратрисы, включая область под сепаратрисой
- получена зависимость нагрузок на диверторные пластины, от параметров электронного компонента, в диверторе и основном объеме плазмы и проведено сравнение с моделированием плазмы кодом SOLPS-ITER
- разработано ТЗ на диагностику плотности атомов водорода в диверторной плазме, включая разработку оптической схемы, расчет ожидаемых сигналов и ошибок, с учетом измеренных сигналов, с использованием нестационарной столкновительно-излучательной модели описывающей динамику изменения населенностей возбужденных состояний атома водорода в результате воздействия окружающей плазмы и импульсного лазерного

излучения

- проведен модельный эксперимент для выбранной спектроскопической схемы атома водорода в квазинепрерывном плазменном разряде на стенде

за третий год:

- исследована зависимость режима работы дивертора и эффективности удержания от скорости напуска и места напуска примеси
- проведен анализ влияния интенсивности рециклинга нейтрального водорода на режим работы дивертора в модельных экспериментах кодом SOLPS-ITER

за четвертый год:

- разработан численный код для расчета ожидаемых сигналов свечения водородных линий в геометрии диверторной диагностики токамака Глобус-M2
- сделан расчет ожидаемых сигналов гашения для параметров плазмы токамака Глобус-M2 и выбрана оптимальная геометрия для проведения эксперимента

за пятый год:

- подготовлено оборудование для проведения эксперимента по диагностике атомов водорода (дейтерия) в плазме токамака Глобус-M2 (активным и пассивным методами)
- выполнена калибровка системы регистрации сигналов свечения водорода для (для активного и пассивного методов) и проведены эксперименты по измерению концентрации водорода (дейтерия) в плазме токамака

за шестой год:

- измерены профили концентрации атомов водорода в краевой и пристеночной плазме для режимов работы установки, различающихся мощностью нагрева плазмы, расстоянием последней замкнутой магнитной поверхности до лимитера и средней концентрацией плазмы
- исследованы алгоритмы управления разрядом с локализацией излученной мощности в различных областях разряда.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. Ф. ИОФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 123092700006-8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШЕНИЯ ВОДОРОДА С ВОЗДУХОМ В ЗАКРЫТОМ ОБЪЁМЕ

Проект направлен на получение временных характеристик диффузионного и турбулентного смешения водорода с воздухом в закрытом объёме. Смешение водорода с воздухом играет важную роль в следующих процессах: образование горючей смеси в камерах сгорания двигателей внутреннего сгорания и аккумуляторных отсеках электронных устройств, формировании взрывоопасной атмосферы в помещениях энергетических и промышленных объектов, а также объектов транспортной инфраструктуры. Современное развитие альтернативных энергоносителей, в том числе, водорода, требует всестороннего анализа возможных нештатных ситуаций, связанных с аварийным или плановым выбросом водорода в атмосферу. В связи с этим, наиболее актуальными научными задачами являются повышение безопасности и снижение рисков при использовании водорода. Фундаментальный аспект обозначенной проблемы заключается в получении временных характеристик взаимной диффузии водорода и воздуха. Прикладной аспект обозначенной проблемы заключается в определении необходимого времени подготовки горючей газовой смеси с одинаковой концентрацией горючего и окислителя по всему объёму смеси для проведения экспериментов по ламинарному и турбулентному горению предварительно смешанных газов. Научная значимость обозначенной проблемы заключается в необходимости получения экспериментальных данных о диффузии водорода и валидации численных моделей статического и турбулентного смешения водорода с воздухом в закрытом объёме. Научная новизна исследования

заключается в получении экспериментальных данных о смешении водорода с воздухом за счёт двух различных механизмов: турбулентного смешения и диффузии. При инжекции водорода в закрытый объём, заполненный воздухом газодинамический механизм сменяется диффузионным. Для практического применения полученных смесей и решения задач безопасности необходимо знать время, когда происходит этот переход и динамику профиля концентраций водорода по объёму. В ходе выполнения проекта планируется провести параметрическое экспериментальное исследование динамики смешения водорода с воздухом в закрытом объёме. В связи с тем, что смешивание газов в закрытой ёмкости определяется диффузионным и турбулентным механизмами, экспериментальное исследование поделено на две соответствующие части. Предварительные эксперименты посвящены исследованию потоков газа при его инжектировании в закрытую ёмкость. Определяются характерные времена релаксации газовых потоков внутри ёмкости. Эти данные позволят разделить стадии турбулентного и диффузионного смешения газа. Измерения производятся термоанемометрическими датчиками внутри ёмкости. Исследование смешения водорода и воздуха производится в специальной ёмкости, оборудованной датчиками концентрации водорода и анемометрами на различной высоте. Ёмкость подключается к пульту, объединяющему вакуумный насос, воздушный компрессор, манометр, мановакуумметр и расходомер. Ёмкость вакуумируется, заполняется первым компонентом смеси: в зависимости от

эксперимента - сухим воздухом или водородом до заданного давления. После этого в ёмкость подаётся второй компонент смеси. В процессе заполнения и после него контролируются скорость подачи газа, скорости потоков внутри ёмкости и профиль концентрации водорода. В результате реализации проекта ожидается получение экспериментальных данных о временных характеристиках взаимной диффузии водорода

и воздуха, необходимых для выбора и обоснования процедуры подготовки горючих смесей в экспериментах по исследованию горения; валидации численных и инженерных моделей смешения водорода с воздухом; отработки методики экспериментов по газодинамическому и диффузионному смешению различных газов в закрытых объёмах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

6. Управление научно-технологическим развитием энергетики

6.1 Межотраслевая цифровая платформа для управления технологическим развитием отраслей ТЭК (при Минэнерго России)

2022

№ 122100700016-0

Подготовка раздела описания топливно-энергетического комплекса в рамках методики разработки сценариев декарбонизации мировой и российской экономики, включая ключевые отрасли

Политика низкоуглеродного развития энергетики России в контексте начавшегося энергоперехода в мировой энергетике должна быть неотъемлемой частью системной политики по декарбонизации российской экономики. При этом имеется множество технологических возможностей реализации такой политики в энергетике, кардинально различающихся между собой, но требующих огромных финансовых ресурсов. Выбор наилучшего (оптимального) решения для отдельных энергетических отраслей и ТЭК в целом является нетривиальной межотраслевой технико-экономической задачей. Эту задачу придется решать в условиях чрезвычайно большой неопределенности значительного количества разнородных и разнонаправленно действующих внешних и внутренних факторов (технологических, экономических, институциональных и др.). Сложность задачи увеличивается из-за рассмотрения сверхдальней перспективы, где существенно расширяется спектр угроз и вызовов различной природы (геополитических, экономических, технологических

и др.) для энергетики и экономики страны. Все они потребуют адекватного учета, возможно, с применением методов риск-анализа. Для корректного обоснования рекомендуемых решений целесообразно обеспечить выполнение анализа рекомендуемых решений на чувствительность к ключевым влияющим факторам. В результате выполнения НИР будет разработана методика подготовки сценариев декарбонизации мировой и российской энергетики, включая ключевые отрасли топливно-энергетического комплекса страны, на период до 2030–2035 гг., а также на долгосрочный период до 2050–2060 гг. с учетом перспективных технологий, целей достижения углеродной нейтральности, социально-экономических эффектов. Будут даны предложения по учету неопределенностей основных влияющих внешних и внутренних факторов, анализу угроз и вызовов различной природы и чувствительности задачи к ключевым влияющим факторам.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

2021

№ 121111100056-9

Разработка научно обоснованных предложений по прогнозированию балансов производства и потребления углей в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока с учетом состояния конкурентной среды рынка энергетических углей и альтернативных энергетических ресурсов

Прогнозирование и государственное регулирование топливно-энергетических балансов в регионах потребления и производства угля – Дальнего Востока и Восточной Сибири с оценкой экономических и экологических последствий,

в случае перевода ТЭС на другой вид топлива или вывода из эксплуатации угольных котельных и ТЭС с вводом генерирующих объектов возобновляемых источников энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

№ 121122000120-4

Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Челябинской области на 2023–2027 годы

Основные цели выполнения НИР: - планирование развития сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей для обеспечения удовлетворения долгосрочного и среднесрочного спроса на электрическую энергию (мощность) и тепловую энергию, - формирование стабильных и благоприятных условий привлечения инвестиций для создания эффективной и сбалансированной энергетической инфраструктуры, обеспечивающей социально-экономическое развитие и экологически ответственное использование энергии и энергетических ресурсов на территории Челябинской области. Основные задачи выполнения НИР: - создание условий для обеспечения перспективного баланса производства и потребления электроэнергии в энергосистеме Челябинской области; - определение необходимости размещения новых и реконструкции существующих линий электропередачи, а также подстанций и генерирующих мощностей для обеспечения баланса производства, потребления электроэнергии в энергосистеме, а также выдачи мощности электрических

станций; - недопущение ограничения пропускной способности электрических сетей энергосистемы Челябинской области; - обеспечение надежного и эффективного энергоснабжения потребителей энергосистемы Челябинской области; - обеспечение скоординированного ввода в эксплуатацию и вывода из эксплуатации объектов сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, в том числе: разработка предложений по скоординированному развитию объектов генерации (с учетом демонтажей) и электросетевых объектов номинальным классом напряжения 110 кВ и выше по энергосистеме Челябинской области на пятилетний период по годам; разработка предложений по развитию электрических сетей номинальным классом напряжения 110 кВ и выше по энергосистеме Челябинской области на период 2023–2027 годов для обеспечения надежности функционирования в долгосрочной перспективе; - обеспечение координации планов развития топливно-энергетического, промышленного комплексов, транспортной инфраструктуры и программ

(схем) территориального планирования Челябинской области (при наличии); - информационное обеспечение деятельности органов государственной власти Челябинской области при формировании политики в сфере электроэнергетики,

а также организаций коммерческой и технологической инфраструктуры отрасли, субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, инвесторов.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

2022

№ 122022200428-1

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ НА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Исследование научно-технических аспектов функционирования и устойчивого развития энергетических систем в Арктической зоне РФ на новой технологической основе с использованием разработок ЦЭС КНЦ РАН в областях электроэнергетики и электротехники, возобновляемых источников энергии, энергоэффективности и энергосбережения, электроимпульсных технологий и современной приборной базы для научных исследований. Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость): 1. В ходе выполнения исследований предполагается выполнить анализ состояния энергопотребления в районах Крайнего Севера с учетом структурных изменений в экономике, оценить эффективность современных систем энергообеспечения потребителей, уточнить потенциал возобновляемых источников энергии. Полученные результаты позволят сформировать направления развития региональной энергетики, перспективные направления использования возобновляемых источников энергии в районах Крайнего Севера с учетом социальных аспектов и надежности энергоснабжения потребителей. Выполнение запланированной НИР позволит оценить влияние отдельных мероприятий по экономии энергоресурсов на выполнение программ энергосбережения, сформировать направления изменения структуры энергопотребления с учетом энергосбережения, определить показатели оценки энергоэффективности, потенциал и ресурсы возобновляемых источников энергии, выявить перспективные направления их использования, оценить возможные масштабы включения ВИЭ в топливно-энергетический баланс районов Крайнего Севера. 2. Будут оценены электрофизические характеристики исследуемых материалов, обуславливающие применимость электроимпульсной технологии для разрушения выбранных техногенных отходов. Будут установлены конструктивные параметры установок и энергетические параметры электроимпульсного воздействия, определяющие бризантность разрядов и степень разрушения исследуемых материалов, определены оптимальные энергетические параметры синхронного электроимпульсного воздействия нескольких высоковольтных генераторов, обеспечивающие одновременно высокую производительность и избирательность переработки композиционных диэлектрических материалов. Будет выполнен сравнительный анализ вариантов схем импульсных генераторов как в одноконтурном, так и многоконтурном исполнении, произведен выбор оптимальных схем генераторов с учетом

вида техногенного сырья, минимума удельных энергозатрат и избирательности разрушения, а также максимального ресурса электроимпульсных устройств. 3. Будет создан новый блок маломощного измерения магнитного поля в отклоняющей системе масс-спектрометра, скорректирована работа программной части с введением ПИ-регуляции магнитного поля, разработан блок питания и управления индукционного нагрева титановых геттеров масс-спектрометра и блоки индукционного нагрева, создан и апробирован модуль измерения и счёта импульсов с вторичного электронного умножителя масс-спектрометра. Работа выполняется в сотрудничестве и в интересах фундаментальных научных исследований ГИ КНЦ РАН и ИГЕМ РАН. 4. Будет выполнен анализ источников подмагничивания: геоиндуктированные токи, пусковые токи при включении трансформаторов, блуждающие токи от тяговых сетей постоянного тока. Будут разработаны аналитические и компьютерные модели подмагничивания постоянным током и феррорезонансных процессов в силовых и измерительных трансформаторах с нелинейной веберамперной характеристикой. Будут выявлены маркеры искажений показателей качества электроэнергии в высоковольтной сети горнодобывающих предприятий Арктического региона РФ на примере Кольской энергосистемы. Будет выполнен анализ феррорезонансных процессов в сетях среднего напряжения Кировского филиала АО «Апатит» и высокого напряжения МЭС Северо-Запада ФСК ЕЭС, проведено исследование влияния подмагничивания постоянным током на развитие феррорезонансных процессов в сетях с заземленной нейтралью. 5. Будут выполнены экспериментальные исследования электрических параметров грунтов, характерных для Арктической зоны РФ, по результатам которых усовершенствованы измерительные устройства и методики полевых измерений электрических параметров плохопроводящих грунтов с учетом их неоднородностей в частотном диапазоне токов молний. Будут исследованы импульсные электрические характеристики конструктивных материалов, используемых в качестве естественных заземлителей. Будут разработаны совмещенные с картами молниевой активности цифровые модели воздушных линий электропередачи, которые в реальном времени помогут выявлять опасные с точки зрения молниезащиты участки воздушных линий региона, что позволит оперативно ликвидировать технологические нарушения, вызванные атмосферными перенапряжениями.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 122022600028-9

РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2020 ГОД И ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности

прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НЕВСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

№ 122041300055-9

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ ДО 2030 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПОБЕДА»

№ 122041300117-4

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2031 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

№ 122051800025-6

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

№ 122062800059-7

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПО ОБЪЕКТАМ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД 2021-2025 ГОДЫ С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ДО 2035 ГОДА

В процессе работы по этапу 1 выполнены укрупненная оценка сокращения уровня выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газификации, введенным в эксплуатацию в 2020 году в соответствии с План-графиками синхронизации выполнения программ газификации регионов Российской Федерации на 2020 год, анализ требований нормативной документации федерального и ведомственного уровня, регламентирующих выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ на промышленных предприятиях, экологические показатели в городах и населенных пунктах, анализ показателей состояния окружающей среды в регионах Российской Федерации, планируемых к газификации, анализ информации о ретроспективном и текущем уровнях выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, в том числе на основе опросных листов, разработанных и направленных крупным потребителям, планируемым к газификации, разработаны методические рекомендации по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации, проведен расчет сокращения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газификации на основе данных топливно-энергетического баланса разработанных/откорректированных Генеральных схем газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации, выполнена апробация методических рекомендаций на нескольких субъектах Российской Федерации; по этапу 2 выполнены

анализ существующих экологических проблем регионов с обоснованием приоритетных мероприятий по улучшению экологических показателей при переводе промышленных предприятий и других потребителей на природный газ в качестве топлива, технико-экономическая оценка мероприятий по снижению выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в регионах Российской Федерации, планируемых к газификации, разработаны рекомендации по первоочередным мероприятиям по улучшению экологических показателей регионов при газификации, предложения по созданию системы мониторинга и прогнозирования экологических показателей региона с учетом динамики перевода потребителей на природный газ. Результатами работ являются: по этапу 1: Отчет о НИР «Методические рекомендации по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации», по этапу 2: Отчет о НИР «Комплексный анализ потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам программ развития газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации на период 2021-2025 годы с учетом перспектив развития газификации до 2035 года». Результаты работы предназначены для использования Департаментом ПАО «Газпром», отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ ПРОМГАЗ»

№ 122100600056-7

РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО И ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Работа выполняется в соответствии с Приказом Минэнерго России от 29.10.2021 №1169 «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований».

Основными целями разработки фактического и прогнозного топливно-энергетического баланса Томской области являются: - исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной

дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы; - определение перспектив сбалансированного развития газотранспортной и газораспределительной систем Томской области для обеспечения прогнозной потребности субъекта Российской Федерации в природном газе на период до 2035 года и формировании на её основе экономически и технически обоснованной региональной программы развития газификации до 2030 года; - анализ и прогнозирование развития топливно-энергетических комплексов с помощью

экономико-математического моделирования и применения программно-вычислительных средств, позволяющих оперативно варьировать и рассчитывать процессы и различные параметры энергетического производств; - анализ и прогноз индикаторов повышения энергоэффективности, факторов и причин их изменения; - анализ динамики, факторов и причин изменения потребления энергии ВРП и энергоемкости ВРП, включая использование методов декомпозиции. Результатом работы является отчетный топливно-энергетический баланс Томской области на 2021 год и прогнозный топливно-энергетический баланс Томской области на период до 2035 года.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПРОЕКТБАЛТЭНЕРГО»

№ 122110800080-9

РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2021 ГОД

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности

прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

№ 122121500007-5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ, ВКЛЮЧАЯ КЛЮЧЕВЫЕ ОТРАСЛИ

Исследование направлено на решение одной из задач фундаментальной научной проблемы реализации мировой и национальной климатической повестки и политики низкоуглеродного развития при формировании стратегических направлений развития энергетики России. Перед Россией стоят непростые задачи, требующие кардинального изменения не только структуры топливно-энергетического баланса, но и производственной структуры экономики страны в целом. В России, как и в других странах, имеются свои специфические особенности «энергетического» перехода, связанные с существующим состоянием экономики и энергетики страны и её регионов. Важную роль в энергоснабжении страны и поставках энергетических ресурсов на внутренний и мировой рынки играют её азиатские регионы: Сибирь и Дальний Восток. В условиях активно разрабатываемых сценариев декарбонизации экономики и энергетики России и мира необходимо учитывать региональные особенности азиатских регионов вследствие сложившейся ситуации с преобладанием угля в топливно-энергетическом балансе и огромных площадей лесов и других земельных угодий, участвующих в поглощении

парниковых газов. Неотъемлемыми являются задачи актуализации имеющихся и разработки новых подходов к анализу возможностей обеспечения надежного топливно- и энергоснабжения потребителей в азиатских регионах РФ. Целью НИР является анализ региональных особенностей, влияющих на развитие энергетики Азиатской России, и разработка концептуальной системы моделей оптимизации развития энергетики этих регионов с учетом экономических, технологических, экологических и политических факторов. Качественная и количественная характеристика указанных особенностей азиатских регионов позволит наиболее полно выявить ограничения («узкие» места) энергетического перехода России к безуглеродной энергетике. Исследование ориентировано на развитие методологии и модельных средств исследования проблем обеспечения надежности топливно- и энергоснабжения потребителей в рамках общей задачи обеспечения учета особенностей региональных энергетических систем Российской Федерации в методике разработки сценариев декарбонизации мировой и российской экономики, включая ключевые отрасли.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРGETИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2023

№ 123022200058-9

МЕТОДЫ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ПОИСКА ПУТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ТОПЛИВНО- И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЧС В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Энергетическая безопасность России трактуется как состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушения бесперебойности энергоснабжения. Сегодня в России в основной массе производство и коммунально-бытовой сектор ориентированы на использование традиционных топливно-энергетических ресурсов. Доля газа в потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов страны составляет 52-54%, а в балансах потребления котельно-печного топлива – 72-74%. Доля газа в потреблении топлива электроэнергетикой в России составляет порядка 75%. При серьезных нарушениях работы газовой отрасли в периоды пикового потребления

газа снижение объемов подачи электроэнергии потребителям может составлять в некоторых регионах 50-60%. Сегодня более 90% российского природного газа добывается на Севере Тюменской области и на Ямале. Эти районы находятся в 2,5–3,5 тыс. км от мест основного потребления газа и в 4-5 тыс. км от стран – импортеров этого газа. Несмотря на столь важную роль природного газа сегодня возраст значительной доли многокилометровых магистральных газопроводов - 30 лет и более. Этот факт вместе с большой территориальной удаленностью месторождений от конечных потребителей газа негативным образом сказывается на надежности функционирования газотранспортной системы страны. Газотранспортная система страны – сложнейшая закольцованная многоконтурная система с многочисленными

пересечениями магистральных газопроводов, узлами разделения и объединения потоков газа. В условиях резких перерывов в поставках газа в значительной части регионов возникают существенные проблемы с топливно- и энергоснабжением. В то же время в ТЭК России есть возможности по повышению уровня надежности топливно- и энергоснабжения регионов в условиях крупномасштабных ЧС. На основе предлагаемых комплексных исследований проводимых с использованием специально разработанных математических моделей и соответствующего инструментария возможно сформировать набор приоритетных инвариантных мероприятий по перспективному снижению уязвимости систем топливно- и энергоснабжения газопотребляющих регионов России. Без применения соответствующих математических моделей, чаще всего в такой системе невозможно определить какие конкретно регионы могут пострадать от дефицита газа в условиях реализации той или иной ЧС в газотранспортной системе. Так же сложно ответить на вопрос какие конкретно единичные ЧС могут вызвать наибольший дефицит газа у потребителей и каким образом этот дефицит повлияет на всю систему топливоснабжения конкретного региона. Актуальным является вопрос, каким образом прекращение работы отдельных объектов газовой

отрасли будет влиять на процесс поставки требуемых объемов газа конкретному региону – потребителю природного газа. И каким наименее затратным образом обеспечить надежное топливно- и энергоснабжение потребителей пострадавших регионов в этой ситуации. Отдельной сложной задачей при этом является выявление особо значимых сочетаний объектов газовой отрасли, прекращение работы которых может критическим образом повлиять на процессы топливно- и энергоснабжения потребителей. Поэтому необходима методика анализа условий функционирования систем топливно- и энергоснабжения регионов России в условиях крупномасштабных ЧС в газовой отрасли страны. Применение данной методики позволит оценить и проанализировать уязвимость систем топливоснабжения регионов – потребителей природного газа и определить объекты газовой отрасли, наиболее сильно влияющие на уязвимость конкретных регионов. По результатам такого анализа, с помощью разработанных методических подходов и соответствующих математических моделей, станет возможным создание комплекса мер, направленных на снижение уязвимости регионов, повышение надежности Единой системы газоснабжения и повышение энергетической безопасности, как отдельных регионов, так и страны в целом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

6.3 ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА ТОПЛИВО И ЭНЕРГИЮ НА ДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ ПО СТРАНЕ И РЕГИОНАМ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ СТРАНЫ

2021

№ 121072800075-7

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ И ПРОГРАММЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА НА ПЕРИОД 2023-2027 ГОДЫ

Основные цели выполнения научно-исследовательской работы: Развитие сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, обеспечение удовлетворения долгосрочного и среднесрочного спроса на электрическую энергию и мощность, формирование стабильных и благоприятных условий для привлечения инвестиций в строительство объектов электроэнергетики, создание эффективной и сбалансированной инфраструктуры, обеспечивающей социально-экономическое развитие Ямало-Ненецкого автономного округа на период до 2027 года. Задачи выполнения научно-исследовательской работы: - обеспечение надежного функционирования Единой энергетической системы России на территории ЯНАО и технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем в долгосрочной и среднесрочной перспективе; - скоординированное планирование строительства и ввода в эксплуатацию (вывода из эксплуатации) объектов

сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей; - информационное обеспечение деятельности органов государственной власти при формировании государственной политики в сфере электроэнергетики, а также организаций коммерческой и технологической инфраструктуры отрасли, субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии и инвесторов; - обеспечение координации планов развития топливно-энергетического комплекса, транспортной инфраструктуры, программ (схем) территориального планирования и схем и программ перспективного развития электроэнергетики; - развитие Единой энергетической системы России на территории Ямало-Ненецкого автономного округа и технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем, в том числе расширение зоны централизованного электроснабжения, использование возобновляемых источников энергии и местного топлива.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОСИСТЕМ»

№ 121102100016-1

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО АКТУАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ДО 2035 ГОДА С ПРОЛОНГАЦИЕЙ ДО 2040 ГОДА

Основные задачи выполнения НИР:
- формирование структуры генерирующих мощностей и электросетевых объектов, а также создание условий для обеспечения перспективного баланса производства и потребления энергии в Единой энергетической системе России и технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах;
- предотвращение прогнозируемых дефицитов электрической энергии и мощности наиболее эффективными способами с учетом прогнозируемых режимов работы энергосистем при работе в условиях максимальных и минимальных нагрузок, необходимого технологического резерва и основных технологических ограничений перетока

электрической энергии;
- определение основных направлений размещения линий электропередачи и подстанций, относимых к межсистемным связям и необходимых для обеспечения баланса производства и потребления энергии по объединенным энергетическим системам, а также обеспечения нормального электроэнергетического режима работы Единой энергетической системы России и выдачи мощности новых либо увеличения выдачи мощности существующих электрических станций, установленная мощность которых превышает 500 МВт, а также данные об атомных, гидро- и гидроаккумулирующих электростанциях и электростанциях, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), установленная мощность которых

превышает 100 МВт, в том числе информация о месте расположения, количестве и типе блоков, виде используемого топлива, схеме выдачи мощности указанных электростанций, а также суммарные данные об иных электростанциях с учетом

данных о выводе из эксплуатации; - исследование сценариев эффективной низкоуглеродной трансформации структуры генерирующих мощностей к 2040 году.

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

6.4 Модельно-информационные средства для обоснования приоритетных направлений научно-технологического развития отраслей ТЭК страны для различных внешних условий

2021

№ 121062300190-3

Модернизация системы управления базы данных «Промышленные инновации»

Проведение научно-обоснованного анализа, содержащейся в общесистемной базе данных «Промышленные инновации» (БД ПИ) информации на предмет ее соответствия критериям отнесения объекта техники (технологии) к современным высокотехнологичным (перспективным) технологиям, возможным к применению в ТЭК. Разработка научно-обоснованных решений по модернизации системы управления базы данных БД ПИ, с учетом ее сопоставления с перечнем перспективных потребностей госкомпаний ТЭК в продукции гражданского назначения, с Прогнозом научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года и перечнем наилучших доступных технологий в ТЭК в целях развития производства

высокотехнологичной продукции гражданского назначения на территории Российской Федерации. Разработка научно-обоснованного комплекса моделей, обеспечивающих интерактивное информационное взаимодействие, интеграцию и информационную поддержку субъектов научно-технологической деятельности ТЭК, создание программного обеспечения специализированного сервиса аналитической обработки массива БД ПИ, обеспечивающего его сопоставление с перечнем перспективных потребностей госкомпаний ТЭК в продукции гражданского назначения, с Прогнозом научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года и перечнем наилучших доступных технологий в ТЭК.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

№ 121062300193-4

Модернизация системы управления базы данных «Информационная карта энергетики и промышленности регионов Российской Федерации»

Проведение научно-обоснованного анализа, содержащейся в общесистемной базе данных «Информационная карта энергетики и промышленности регионов Российской Федерации» (БД ИКЭР) информации на предмет ее соответствия критериям отнесения объекта техники (технологии) к современным высокотехнологичным (перспективным) технологиям, возможным к применению в ТЭК. Разработка научно-обоснованных решений по модернизации системы управления базы данных БД ИКЭР, с учетом ее сопоставления с перечнем перспективных потребностей госкомпаний ТЭК в продукции гражданского назначения в разрезе регионов Российской Федерации, с Прогнозом научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года и перечнем наилучших доступных технологий в

ТЭК в целях развития производства высокотехнологичной продукции гражданского назначения на территории Российской Федерации. Разработка научно-обоснованного комплекса моделей, обеспечивающих интерактивное информационное взаимодействие, интеграцию и информационную поддержку субъектов научно-технологической деятельности ТЭК, создание программного обеспечения специализированного сервиса аналитической обработки массива БД ИКЭР, обеспечивающего его сопоставление с перечнем перспективных потребностей госкомпаний ТЭК в продукции гражданского назначения, с Прогнозом научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года и перечнем наилучших доступных технологий в ТЭК.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2022

№ 123052200139-2

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В БАЗАХ ДАННЫХ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИИ», «ТИПОВЫЕ ПРОЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ» И «ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ»

Учитывая пункт 20.а – «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия), а также практического опыта Российского энергетического агентства по формированию и эксплуатации общесистемных баз данных разработать цифровой сервис интегрированной обработки информации о спросе и предложениях на промышленные инновации и технологические проекты,

размещенных в БД ПИ и БД ТПЭ, а также сведений о значимых (системообразующих) предприятиях, содержащихся в БД ППЭР для поддержки процессов принятия управленческих решений в рамках научно-технологического развития отраслей ТЭК России. Основные задачи: - Провести исследование процессов информационно-аналитической поддержки принятия управленческих решений в рамках научно-технологического развития отраслей ТЭК России, с учетом Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года и Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК до 2035 года. - Разработать комплекс теоретико-множественных, онтологических,

функциональных и процедурных моделей, направленных на поддержку процессов принятия управленческих решений в рамках научно-технологического развития отраслей ТЭК России. - Осуществить разработку прототипа сервиса, обеспечивающего представление отчетности для поддержки процессов принятия управленческих решений в рамках научно-технологического развития отраслей ТЭК России. - Провести экспериментальную апробацию разработанных решений, обеспечивающих обработку информации в ОСБД. Решение указанных задач должно обеспечить

эффективное информационно-аналитическое обеспечение Российского энергетического агентства, Минэнерго России и организаций ТЭК, позволит сформировать единое цифровое информационное пространство для поддержки процессов принятия управленческих решений в рамках научно-технологического развития отраслей ТЭК России, на основе использования существующих ОСБД научно-технической информации, в рамках государственной системы научно-технической информации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

№ 123052200138-5

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИИ»

Учитывая пункт 20.а – «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия), а также практического опыта Агентства по формированию и эксплуатации общесистемных баз данных осуществить модернизацию системы управления БД ПИ с целью содействия созданию рынка информационной продукции и услуг с учетом отраслевых планов по импортозамещению и уровня готовности технологии (УГТ). Основные задачи: - Провести анализ актуальных нормативно-правовых актов и отраслевых документов с целью формирования перечня технологического оборудования и перспективных технологий, востребованных к импортозамещению в области ТЭК. - Разработать комплекс теоретико-множественных, онтологических, функциональных и процедурных моделей, направленных на создание единого (интегрированного) пространства сбора, хранения и обработки информации об импортозамещающих объектах техники, предназначенных для применения в производственной

деятельности организаций ТЭК; - Осуществить разработку прототипа модернизированной системы, обеспечивающей формирование данных БД ПИ по импортозамещающим объектам техники, предназначенным для применения в производственной деятельности организаций ТЭК. - Осуществить разработку прототипа сервиса, обеспечивающего представление отчетности по импортозамещающим объектам техники, предназначенным для применения в производственной деятельности организаций ТЭК. - Провести экспериментальную апробацию разработанных решений, обеспечивающих формирование данных БД ПИ и сервисов обработки информации по импортозамещающим объектам техники, применяемым в производственной деятельности организаций ТЭК. Решение указанных задач должно обеспечить эффективную информационно-аналитическую поддержку Агентства, Минэнерго России и организаций ТЭК данными о разрабатываемых (производимых) субъектами отраслей экономики импортозамещающих объектов техники, технологий, продукции и материалов на основе использования модернизированной БД ПИ, в рамках государственной системы научно-технической информации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

№ 123052200137-8

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ПРОТОТИПА ОТРАСЛЕВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Учитывая пункт 20.а – «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия), а также практического опыта Агентства по формированию и эксплуатации общесистемных баз данных разработать концепцию и прототип отраслевой автоматизированной информационной системы управления данными научно-технологического развития топливно-энергетического комплекса. Основные задачи: - Провести исследование процессов информационной интеграции и информационного взаимодействия субъектов НТР отраслей ТЭК и смежных отраслей экономики, в рамках реализации Энергетической стратегии Российской Федерации и Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК, с учетом требований и приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. - Разработать концептуальную модель формирования и управления взаимосвязанными данными НТР отраслей ТЭК и смежных отраслей экономики, в том числе с учетом организации их взаимодействия с использованием НСУД и ОСБД ГСНТИ. - Разработать комплекс теоретико-множественных и онтологических моделей описания предметных областей НТР отраслей ТЭК и смежных отраслей экономики, устанавливающих однозначную

идентификацию информационных объектов НТР на основе масштабируемых и расширяемых справочников и классификаторов. - Разработать комплекс функциональных и процедурных моделей, направленных на формирование и управление взаимосвязанными данными НТР отраслей ТЭК и смежных отраслей экономики по средствам ОСБД ГСНТИ; - Разработать концепцию и комплекс взаимодополняющих требований к отраслевой автоматизированной информационной системе управления данными НТР отраслей ТЭК; - Осуществить разработку прототипа отраслевой автоматизированной информационной системы управления данными НТР отраслей ТЭК; - Провести экспериментальную апробацию разработанных решений прототипа отраслевой автоматизированной информационной системы управления данными НТР отраслей ТЭК на основе ОСБД ГСНТИ. Решение указанных задач должно создать предпосылки формирования единого контура обработки информации и принятия решений НТР отраслей ТЭК, предоставляющего возможность подключения источников данных ОСБД ГСНТИ, обеспечивающего информационную поддержку процессов реализации Энергетической стратегии Российской Федерации и Прогноза научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса до 2035 года, с учетом Стратегии научно-технологического развития Российской

Федерации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО» МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2023

№ 123081000003-8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА К «ЗЕЛЕННОЙ» ПАРАДИГМЕ

Данная работа посвящена изучению экономических и управленческих аспектов перехода российских регионов к устойчивому развитию в контексте распространения технологий чистой энергии и сопровождающих такие проекты специфических инвестиционных инструментов. Потребность в своевременной активизации действий по обеспечению устойчивого развития российских регионов обусловлена множеством причин. С одной стороны, это важность первоочередного выполнения поставленных социальных, экологических, экономических, энергетических, научно-технических и других обязательств перед обществом. Данные обязательства сформулированы в виде целей устойчивого развития в ООН (документ «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»), а некоторые из них – уточнены в рамках Парижского соглашения по климату. Российская Федерация ратифицировала данные документы, на уровне Правительства страны разработаны и утверждены соответствующие распоряжения, а планы по устойчивому развитию (ESG-повестка) включены в стратегии развития российских регионов. С другой стороны, реализация планов по устойчивому развитию связана не только с глобальной повесткой, но и важнейшими практическими задачами развития отечественного энергосектора – это преодоление высокого уровня морального и физического износа производственных фондов энергосистемы (в среднем по отрасли – более 60%), восполнение потребности в росте энергоэффективности, внедрении энергосберегающих технологий, автоматизация и цифровизация основных процессов при сохранении высокой надежности и качества энергоснабжения. Реализацию проектов устойчивого развития сопровождают специфические риски, затрудняющие переход регионов к новой парадигме. В их число входят: 1) технологические, связанные с инерционностью сложившейся структуры электроэнергетики; 2) экономические – потребность в значительных капиталовложениях и

низкая инвестиционная привлекательность отрасли; 3) экологические – высокий уровень эмиссии парниковых газов, наблюдающийся даже от «зеленых» проектов; 4) социальные – недостаточное количество квалифицированных работников, сопротивление общества изменениям. Одной из наиболее важных групп являются риски, вызванные политической неопределенностью. Так, отсутствие четкой государственной политики в вопросах поддержки проектов возобновляемой энергетики приводит к упущениям и пробелам при инвестировании в сектор, включая развитие рынка «зеленых» ценных бумаг. В результате должна быть достигнута синергия экономических, технологических, экологических, управленческих и иных результатов для обеспечения эффективного устойчивого развития на уровне регионов. Современные тенденции сформировали специфическую среду, которая обнаруживает существенный недостаток в научно-методологических разработках в области устойчивого развития российских регионов, учитывающих распространение возобновляемых источников энергии, водородной энергетики, инструменты «зеленого» финансирования и факторы неопределенности среды. В проекте будут изучены экономические и управленческие аспекты следующих энерготехнологий, обеспечивающих устойчивое развитие регионов: возобновляемой энергетики, в частности солнечные, ветряные, малые гидроэлектростанции, биогазовые комплексы, поддерживаемые на государственном уровне и реализуемые в частном порядке, а также водородной энергетики, в первую очередь, технология «зеленого» водорода. Высокая степень научной новизны состоит в приращении теоретико-методологических знаний в области управления устойчивым развитием российских регионов на основе формирования и реализации экономических преимуществ технологий чистой энергии, «зеленых» инвестиций в специфических условиях российского энергорынка и неопределенности, определяемой внешней и внутренней средой.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 123092800045-6

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ СЕТИ ВОДОРОДНЫХ КЛАСТЕРОВ

В настоящее время, в условиях санкционной политики стран Запада, ограничивающих РФ доступ к технологиям добычи углеводородного сырья, остро встает вопрос энергетической безопасности государства. С другой стороны, международные экологические инициативы, направленные на снижение углеродного следа, требуют замены традиционных источников энергии на альтернативные, позволяющие снизить эмиссию углерода. Намечившиеся таким образом энергетические вызовы, требуют от РФ поиска альтернативы природному газу, который обладает высокой парниковой активностью. В этой связи Правительством РФ в 2021 г. была утверждена концепция развития водородной энергетики, декларирующей использование водорода, как перспективного энергоносителя и инструмента для решения задач по развитию низкоуглеродной экономики и снижению антропогенного

влияния на климат. Таким образом, актуальность заявляемого проекта обуславливается необходимостью реализации в России пилотных проектов производства низкоуглеродного водорода, что может быть реализовано путем создания и развития водородных промышленных и технологических кластеров, а также соответствующей инфраструктуры. Такие водородные кластеры будут способствовать созданию экспортно-ориентированного производства водорода, а также обеспечивать его поставки на внутренний рынок Российской Федерации. Помимо создания производственной инфраструктуры, требуется проведение исследований, направленных на разработку требований к научно-технологической инфраструктуре, объединяющей носителей компетенций в области водородной энергетики, что также является актуальной задачей заявляемого проекта.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УПРАВЛЕНИЯ»

№ 123083000089-6

АКТУАЛИЗАЦИЯ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ НА ОСНОВЕ КОНСЕНСУС-ПРОГНОЗОВ ВЕДУЩИХ ЭКСПЕРТОВ

Цель исследования - актуализация проведенного в 2022 г. сценарного анализа социально-экономического развития России на основе консенсус-прогнозов ведущих экспертов. Задачи исследования: 1) Актуализация доклада «Сценарии развития российской экономики и социальной сферы в условиях геополитической турбулентности» с фокусом на формирование нового облика экономики, изменение ее структуры под влиянием санкций. Доклад будет содержать следующие разделы: Сценарии развития РФ в условиях геополитической турбулентности, оценка ключевых макроэкономических последствий их реализации, в том числе: макроэкономические сценарии развития России до 2030 года; предпосылки сценариев в части влияния санкций и конъюнктуры мировой экономики. Сценарии развития РФ по направлениям: «Демография и миграционные потоки», «Рынок труда и социальные процессы», «Образование»,

«Научно-технологическое развитие», «Культура и система общественных ценностей», «Климатическая повестка и «зеленая» экономика», «ТЭК, экспорт энергоресурсов и нефтегазовые доходы», «Продовольственная безопасность», «Логистические коридоры и транспортная мобильность», «Трансформация модели пространственного развития». 2) Обзор актуальных прогнозов (не позднее 2021 г.) отраслей экономики и социальной сферы ключевых международных организаций, ведущих стран, корпораций, аналитических центров. Полученные результаты могут быть использованы федеральными и региональными органами власти для определения возможных направлений развития России до 2030 г., разработки оптимальных мер государственной политики при реализации различных сценариев, а также бизнесом, при выборе приоритетов стратегического развития.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Приложение. Перечень приоритетных технологических направлений Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года

№ п/п	Приоритетные технологии
1.1	Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей
1.2	Технологии добычи трудно извлекаемых и нетрадиционных запасов углеводородов, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей
1.3	Технологии бурения и строительства скважин сложного профиля, интеллектуальные технологии управления бурением, сбора скважинной геофизической информации и ее обработки
1.4	Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов
1.5	Технологии увеличения нефтеотдачи пластов, в том числе тепловые, химические и др., интеллектуальные технологии управления процессами интенсификации нефтеотдачи пластов
1.6	Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП
1.7	Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел
1.8	Технологии глубокой переработки углеводородного сырья с производством востребованных крупно-, средне- и малотоннажных полимерных продуктов с конкурентной стоимостью
1.9	Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии
1.10	Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов
1.11	Технологии рециклинга полимерных отходов
2.1	Эффективные газоперекачивающие агрегаты
2.2	Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного
2.3	Технологии морской и наземной транспортировки СПГ
2.4	Новые высокопрочные материалы для повышения рабочего давления в трубопроводах большого диаметра с целью увеличения пропускной способности труб
2.5	Новые типы внутренних гладкостных покрытий для снижения гидравлического сопротивления труб и сокращения энергетических затрат на передачу газа
2.6	Новые типы наружных антикоррозионных покрытий для снижения коррозионной опасности трубопроводов, повышения срока их службы и сокращения затрат на ремонт
2.7	Интеллектуальные технологии мониторинга и диагностики газопроводов
2.8	Цифровые интерфейсы рыночного взаимодействия поставщиков и потребителей энергии
3.1	Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве
3.2	Интеллектуальные технологии обеспечения безопасного ведения горных работ
3.3	Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана
3.4	Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью
3.5	Интеллектуальные технологии управления процессами добычи угля в реальном времени, цифровые образы объектов угледобычи
3.6	Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля
3.7	Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу
4.1	Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа
4.2	Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа
4.3	Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии
4.4	Технологии электрогенерации на основе энергии ветра
4.5	Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики
4.6	Технологии для освоения геотермальных ресурсов, в том числе глубоко залегающих горячих горных пород.

№ п/п	Приоритетные технологии
4.7	Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими
4.8	Интеллектуальные технологии управления электроэнергетическими и теплоснабжающими системами, включая передачу электрической энергии, управление спросом на электрическую и тепловую энергию и мощность, цифровые двойники объектов электроэнергетики, цифровые информационные модели электроэнергетических систем
4.9	Технологии аккумулирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими
4.10	Технологии скоростной зарядки электромобилей, использования электромобилей в качестве пиковых источников электрической мощности и системы интеллектуального управления ими
4.11	Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа
4.12	Конкурентоспособное электротехническое оборудование высокого и сверхвысокого напряжения и интеллектуальные системы управления им
4.13	Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем
5.1	Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.
5.2	Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз).
5.3	Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей.
5.4	Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде.
5.5	Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции.
5.6	Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон- обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо- оксидных керамик и др.
5.7	Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации.
6.1	Межотраслевая цифровая платформа для управления технологическим развитием отраслей ТЭК (при Минэнерго России)
6.2	Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов.
6.3	Цифровые технологии для прогнозирования спроса на топливо и энергию на долгосрочную перспективу по стране и регионам с учетом изменений в экономике страны.
6.4	Модельно-информационные средства для обоснования приоритетных направлений научно-технологического развития отраслей ТЭК страны для различных внешних условий.

Все материалы, представленные в настоящем документе, носят исключительно информационный характер, не претендуют на полноту охвата и не могут рассматриваться как рекомендации к совершению тех или иных действий, в том числе в рамках реализации государственной политики. Любое использование и распространение данной публикации полностью или частично допускается только при оформлении надлежащей ссылки на источник информации. Использование информации в нарушение указанных требований или в незаконных целях запрещено.

РЭА Минэнерго России имеет более чем полувековую историю и за это время стало важным элементом системы информационно-аналитического сопровождения реализации государственной энергетической политики и выстраивания диалога между государством и компаниями ТЭК.

В числе ключевых направлений деятельности РЭА Минэнерго России: исследование, анализ, моделирование и разработка сценариев развития отраслей ТЭК, поставок и использования энергии в современном обществе, содействие обеспечению энергетической безопасности страны, развитию новых и возобновляемых источников энергии, научно-технологическому развитию.

РЭА Минэнерго России обладает уникальным опытом ведения баз данных и создания информационных систем, в основе которых лежит официальная энергетическая статистика.

📍 **127083, г. Москва, улица 8 Марта, д. 12**
(станция МЦД-2 «Гражданская»)

☎ +7 (495) 789-92-92

✉ info@rosenergo.gov.ru

🌐 <https://rosenergo.gov.ru>

🔗 https://t.me/rea_minenergo

👍 <https://vk.com/rea.minenergo>

👤 <https://ok.ru/group/61614265991251>

