РЭА
МИНЭНЕРГО РОССИИ

Мониторинг НИОКТР: развитие перспективных технологических направлений топливно-энергетического комплекса

Дайджест за 2024 год

Москва, 2025

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.

В дайджест вошли аннотации 305 научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, относящихся к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, дата начала которых зарегистрирована в ЕГИСУ НИОКТР в 2024 году.

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

- нефтяная отрасль – 71 НИОКТР;
- газовая отрасль – 15 НИОКТР;
- угольная отрасль – 22 НИОКТР;
- электроэнергетика – 140 НИОКТР;
- водородная энергетика – 49 НИОКТР;
- управление НТР энергетики – 8 НИОКТР.

Отбор работ производился из ЕГИСУ НИОКТР по состоянию на 11.03.2025 с использованием программного решения, позволяющего проводить анализ данных на предмет соответствия приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК по ключевым словам и кодам Государственного рубрикатора научно-технической информации (ГРНТИ) с последующей верификацией отобранного материала отраслевыми экспертами. 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.

Рисунок 1

Список основных заказчиков НИОКТР по количеству профинансированных работ, соотнесенных с приоритетами Прогноза НТР ТЭК, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Наименование организации	Количество работ
Российский научный фонд	**87**
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере»	**15**
Инновационный фонд Самарской области	**3**
Акционерное общество «СУЭК-Кузбасс»	**3**
Фонд поддержки проектов национальной технологической инициативы	**2**
Министерство образования Ставропольского края	**2**
Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации	**2**
Публичное акционерное общество «Газпром»	**2**

Список основных исполнителей НИОКТР по количеству выполненных работ, соотнесенных с приоритетами Прогноза НТР ТЭК, представлен в таблице 2.

Таблица 2

Наименование организации	Количество работ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»	**14**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»	**11**
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»	**9**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»	**7**
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук	**6**
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук	**6**

1. Нефтяная отрасль

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе нефтяной отрасли представлено в таблице 3.

Таблица 3

Рубрика	Количество работ
1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей	12
1.2 Технологии добычи трудно извлекаемых и нетрадиционных запасов углеводородов, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей	10
1.3 Технологии бурения и строительства скважин сложного профиля, интеллектуальные технологии управления бурением, сбора скважинной геофизической информации и ее обработки	5
1.4 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов	6
1.5 Технологии увеличения нефтеотдачи пластов, в том числе тепловые, химические и др., интеллектуальные технологии управления процессами интенсификации нефтеотдачи пластов	10
1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП	1
1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел	9
1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии	11
1.10 Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов	4
1.11 Технологии рециклинга полимерных отходов	3
Итого	71

2. Газовая отрасль

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе газовой отрасли представлено в таблице 4.

Таблица 4

Рубрика	Количество работ
2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты	4
2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного	1
2.3 Технологии морской и наземной транспортировки СПГ	2
2.5 Новые типы внутренних гладкостных покрытий для снижения гидравлического сопротивления труб и сокращения энергетических затрат на передачу газа	2
2.6 Новые типы наружных антикоррозийных покрытий для снижения коррозионной опасности трубопроводов, повышения срока их службы и сокращения затрат на ремонт	1
2.7 Интеллектуальные технологии мониторинга и диагностики газопроводов	2
2.8 Цифровые интерфейсы рыночного взаимодействия поставщиков и потребителей энергии	1
2.9 Технологии хранения газа	2
Итого	15

3. Угольная отрасль

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе угольной отрасли представлено в таблице 5.

Таблица 5

Рубрика	Количество работ
3.1 Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве	1
3.2 Интеллектуальные технологии обеспечения безопасного ведения горных работ	3
3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана	5
3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью	4
3.5 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи угля в реальном времени, цифровые образы объектов угледобычи	3
3.6 Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля	1
3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу	5
Итого	22

4. Электроэнергетика

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе электроэнергетики представлено в таблице 6.

Таблица 6

Рубрика	Количество работ
4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа	18
4.2 Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа	3
4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии	29
4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра	4
4.5 Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики	4
4.6 Технологии для освоения геотермальных ресурсов, в том числе глубоко залегающих горячих горных пород	4
4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими	7
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	15
4.9 Технологии аккумулирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими	24
4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа	23
4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем	9
Итого	140

5. Водородная энергетика

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе водородной энергетики представлено в таблице 7.

Таблица 7

Рубрика	Количество работ
5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз	19
5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)	4
5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей	3
5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде	7
5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции	3
5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон- обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо- оксидных керамик и др.	11
5.7 Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации	2
Итого	49

6. Управление научно-технологическим развитием энергетики

Количество отобранных НИОКТР, отнесенных к приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК, в разрезе управления научно-технологическим развитием энергетики представлено в таблице 8.

Таблица 8

Рубрика	Количество работ
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	3
6.3 Цифровые технологии для прогнозирования спроса на топливо и энергию на долгосрочную перспективу по стране и регионам с учетом изменений в экономике страны.	1
6.4 Модельно-информационные средства для обоснования приоритетных направлений научно-технологического развития отраслей ТЭК страны для различных внешних условий.	3
Итого	8

СОДЕРЖАНИЕ

1. Нефтяная отрасль

Создание модуля многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели ... 15

Комплексные исследования по использованию перспективных технологий при освоении нефтегазовых месторождений ... 15

Исследование термодинамических процессов Земли с позиции генезиса углеводородов на больших глубинах ... 15

Разработка технологически обоснованных решений прогноза и освоения нефтегазоносности глубокопогруженных толщ Каспийского бассейна и создание цифровой карты перспективных зон нефтегазонакопления и поисковых объектов ... 16

Исследование геотектонических условий формирования и распределения углеводородных газов в Среднеамурском осадочном бассейне (Дальний Восток России) с целью уточнения его нефтегазового потенциала ... 16

Геология и геохимия природных газов, газогеохимические индикаторы геологических процессов и полезных ископаемых Мирового океана ... 17

Разработка и тестирование прототипа модуля буровой телеметрической системы классификации горных пород и предсказания залегания на основе технологий искусственного интеллекта ... 17

Экологически безопасный невзрывной импульсный источник сейсмического сигнала (сейсмоисточник) для сейсмической разведки нефти и газа в условиях дневной поверхности, морских шельфов и исследования Арктики ... 17

Разработка и тестирование прототипа программного обеспечения, предназначенного для вероятностной оценки ресурсов углеводородного сырья с учётом вероятностной зависимости между подсчётными параметрами ... 18

Создание интегрированной модели Иргизского месторождения и Западно-Иргизского участка с учетом технологического процесса подготовки продукции ... 18

Способ решения обратной задачи восстановления фильтрационных параметров пласта при совместном использовании гидродинамической прокси-модели и инструментов нейросетевого моделирования ... 18

Повышение эффективности разработки малых нефтяных месторождений «Татнефть-Самара» по результатам геолого-гидродинамического моделирования ... 19

Развитие механики многофазных и аэрогидроупругих систем, оболочечных конструкций с приложениями в машиностроении и нефтедобыче ... 19

Разработка технологии увеличения нефтегазоконденсатоотдачи на малых нефтегазоконденсатных месторождениях ... 19

Разработка критических технологий повышения эффективности эксплуатации нефтяных скважин (ЭкоТРИЗ-2030) ... 20

Разработка технологии применения композиций химреагентов совместно с закачкой теплоносителя с использованием инструментов гидродинамического моделирования с целью повышения эффективности разработки коллекторов с вязкой (высоковязкой) нефтью ... 20

Исследование новых методов поиска экстремумов энергии Гиббса углеводородного флюида в многофазном состоянии и разработка быстрых алгоритмов расчета многофазных состояний ... 20

Разработка инициативных технологий для предприятий нефтегазовой отрасли на Арктическом шельфе ... 20

Способ разработки залежей высоковязкой и сверхвязкой нефти с применением U-образной многофункциональной скважины ... 21

Совершенствование геолого-гидродинамического симулятора FlowER и его адаптация к условиям эксплуатации в Компании ... 21

Разработка критериев выбора оптимальных забойных давлений добывающих скважин на поздней стадии разработки ... 21

Разработка технологии по применению растворителей при пароциклической эксплуатации одиночных горизонтальных скважин для добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых (пласт P2ss шешминский горизонт) ... 22

Научное обоснование и разработка технико-технологических и цифровых решений по управлению нефтегазовыми активами, приуроченными к сложнопостроенным карбонатным коллекторам ... 22

Модификация и тестирование опытного образца программно-аппаратного тренажерного комплекса бурения ... 23

Разработка и испытания прототипа программного комплекса для количественной интерпретации данных промыслово-геофизических исследований скважин ... 23

Разработка пакера-гильзы, спускаемого на геофизическом кабеле ... 23

Разработка математической модели фильтрации нелинейно вязкопластичной нефти и прототипа программного обеспечения для оценки запасов нефти, моделирования и проектирования оптимального расположения добывающих скважин ... 24

Разработка и программная реализация алгоритмов для моделирования фазовых равновесий углеводородных систем ... 24

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка цифровых моделей месторождений углеводородов. Этап 2024 г ... 24

Разработка методов и программного обеспечения замкнутого цикла управления добычей для повышения энергоэффективности и экономичности разработки месторождений трудноизвлекаемой сверхвязкой нефти ... 25

Физически-информированное машинное обучение для ускорения моделирования физических процессов путем упрощения графа вычислений ... 25

Утилизация диоксида углерода в подземных естественных резервуарах ... 26

Цифровая нефтесервисная компания: цифровое сопровождение добычи и переработки нефти и газа ... 26

Экспериментальное и теоретическое моделирование 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 ... 26

Научное обоснование технологии повышения устойчивости водогазовых смесей для увеличения нефтеотдачи при одновременном снижении углеродного следа ... 27

Тема 2-13ф. Разработка научных основ волновых технологий и волновой техники, предназначенных для повышения качества скважин, увеличения добычи углеводородов и углеводородоотдачи пластов ... 27

Создание испытательного стенда для моделирования многомерной фильтрации парогравитационного дренажа ... 28

Цифровое моделирование процессов нефтеотдачи нефтеносных пластов при закачке углекислого газа ... 28

Создание модели парогравитационного дренажа на промысловых данных, разработка программы прогноза и оптимизации элементов разработки воздействия ... 28

Разработка новых жидкогорючих инициаторов горения тяжелой нефти на основе отработанных масел нефтяного происхождения и катализаторов, направленное на повышение эффективности внутрипластового горения ... 29

Разработка способа исследования взаимодействия пластовой воды с CO2 и породой пласта при подземном захоронении в водоносных пластах ... 29

Применение катализаторов для парных горизонтальных скважин для добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых (пласт P2ss шешминский горизонт) ... 29

Обоснование оптимальной системы разработки Гарейско-Бугинско-Татсуксинской группы месторождений с учетом системы транспорта добываемой продукции ... 30

Исследования химических реагентов, применяемых в процессах ГРП и ОПЗ, для повышения эффективности геолого-технических мероприятий на объектах разработки ПАО «Татнефть» ... 30

Декарбонизованный процесс производства энергии из газовых отходов нефтепереработки в гибридной энергосистеме с высокотемпературным топливным элементом ... 30

Новые наноматериалы для глубокой переработки и повышения эффективности использования углеводородного сырья ... 31

Функциональные присадки и реагенты для нефтегазовой отрасли ... 31

Разработка научных основ энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий в теплоэнергетике, добыче и глубокой переработке углеводородного сырья ... 32

Создание импортозамещающей системы технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти ... 32

Бифункциональные катализаторы для получения дизельных топлив в процессе Фишера-Тропша ... 32

Разработка катализаторов на основе природных и синтетических структурированных алюмосиликатов для гидрогенизационной переработки нефтяных фракций ... 33

Методы получения и коллоидно-химические принципы составления многофункциональных пакетов присадок для производства смазочных материалов ... 33

Разработка комплекса импортозамещающих присадок для нефтяных дизельных топлив ... 34

Разработка высокоэффективных металлсодержащих катализаторов на основе γ-Al_2O_3 для процесса неокислительного дегидрирования пропана ... 34

Новые катализаторы и методы интенсификации процессов нефтепереработки и нефтегазохимии (гидрогенизация, дегидроароматизация, крекинг, метатезис, алкилирование, полимеризация, поликонденсация, пиролиз, реакции в низкотемпературной плазме и др.) ... 34

Высокоэффективные мембраны и мембранные материалы для процессов разделения и очистки газовых и жидких смесей. Мембранный катализ ... 35

Фундаментальные основы новых каталитических технологий глубокой переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью ... 36

Создание и исследование новых каталитических материалов для целевого получения пропилена дегидрированием пропана ... 36

Разработка комплексной технологии, сочетающей гидрогенизационные и окислительные процессы, для переработки нетрадиционного углеродсодержащего сырья в компоненты топлив и полупродукты нефтехимических производств ... 37

Научные основы приготовления и масштабирования гетерогенных катализаторов для тонкого органического синтеза ... 37

Исследование и разработка гетерогенных катализаторов нефте(газо) переработки и полимеризации на основе магний-, кремний-, алюмосодержащих носителей и математическое моделирование процессов на вновь создаваемых катализаторах ... 38

Разработка и исследование гетерогенных и гомогенных катализаторов для процессов нефтехимии и тонкого органического синтеза ... 39

Методы формирования активной поверхности оксидных и углеродных материалов для получения адсорбентов и катализаторов ... 40

Сравнительные скрининговые и ресурсные испытания кислотных гетерогенных катализаторов олигомеризации пропилена для получения тримеров и тетрамеров пропилена в лабораторных условиях ... 42

Восстановительные превращения гетероатомных соединений тяжёлых нефтей в низших спиртах ... 42

Плазмохимический синтез водорода из углеводородов ... 43

Исследование состава продуктов дериватизации сернистых соединений тяжелых нефтей различных НГП методом жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии высокого разрешения на основе орбитальной ионной ловушки ... 43

Каталитические и комбинированные с СВЧ-полем технологии для получения энергоносителей с низким углеродным следом ... 43

Создание, развитие и усовершенствование технологических основ процессов переработки углеродсодержащего сырья для получения новых материалов и продуктов с высокой добавленной стоимостью ... 44

Теоретические основы и закономерности термокаталитических превращений ископаемого, альтернативного и возобновляемого углеродсодержащего сырья, полупродуктов нефтехимии и техногенных отходов для создания новых технологий, решения экологических проблем и устранения техногенных угроз ... 45

Каталитическая переработка полимеров и полимерных отходов на основе бисфенола А в ароматические углеводороды ... 45

2. Газовая отрасль

Аддитивное производство направляющих лопаток турбин высокого давления газотурбинных установок ... 46

Газодинамическая модернизация узлов двигателя НК-14СТ с использованием цифрового моделирования для повышения его эффективности и конкурентоспособности ... 46

Разработка опытной технологии изготовления, изготовление и испытание опытных образцов покрытий для повышения стойкости и эксплуатационных свойств элементов деталей и конструкций, работающих в экстремальных условиях ... 46

Разработка моделей рабочего процессе в центробежных компрессорах турбодетандерных агрегатов с учетом изменения свойств сжимаемого газа ... 47

Технология сжижения азотосодержащего природного газа и выделения гелия ... 48

Оценка влияния криогенного воздействия и теплового потока горящего СПГ на эффективность изоляционных материалов и средств огнезащиты для систем противопожарной защиты объектов СПГ ... 48

Обоснование облика танкера-газовоза с учетом вариативности критического оборудования, и разработка документации эскизного проекта танкера-газовоза высокого ледового класса для перевозки сжиженного природного газа по Северному морскому пути ... 48

Статика и динамика трубопроводов ... 49

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка новых полимерно-композиционных материалов и передовых производственных технологий для обеспечения опережающего развития нефтегазового комплекса. Этап 2024 г. 49

Исследование влияния режимов термомеханической обработки на особенности формирования структуры и комплекса свойств перспективных металлических материалов ... 50

Разработка, изготовление и испытания прототипа программно-аппаратного комплекса мониторинга опор трубопровода ... 51

Разработка интеллектуальной системы мониторинга и управления энергоэффективностью газотранспортной системы ООО «Газпром трансгаз Чайковский» с функциями нормирования и прогнозирования. Этап 1. Математическая модель расчёта ключевых показателей энергоэффективности газотранспортной системы, с функциями нормирования и прогнозирования потребления газа и электроэнергии ... 51

Исследование эффективности применения индивидуальных приборов учета теплоты в стояковых системах отопления для многоквартирных жилых домов ... 51

Комплексная оценка технологий транспортировки и подземного хранения природного газа ПАО «Газпром» и разработка предложений по актуализации информационно-технических справочников наилучших доступных технологий транспортировки и подземного хранения природного газа ... 52

Разработка способа и отработка условий получения гидратов природного газа, в том числе технологии транспортировки и хранения газа с процессом регазификации ... 52

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. 2024-2025 гг. ... 53

Методы моделирования и прогностического анализа аномалий в многомерных данных и оценка рисков ... 54

Разработка и тестирование прототипа модуля программного обеспечения для прогнозирования аварийных и нештатных ситуаций на опасных производственных объектах ... 54

Разработка фундаментальных основ возникновения, развития и прогнозирования катастрофических многофазных процессов в техногенно изменяемом массиве горных пород ... 54

Оценка эффективности и совершенствование технологии многостадийной дегазационной подготовки высокогазоносных угольных пластов для их интенсивной отработки на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» ... 55

Разработка и обоснование режимов воздействия при дегазации угольных пластов на основе моделирования проницаемости и напряженно-деформированного состояния углепородного массива ... 55

Создание многофункциональных систем мониторинга и прогноза газодинамических явлений, контроля напряженного состояния, разработка методов их предотвращения и оценки эффективности при подземной разработке угольных месторождений. 2024-2025 гг. ... 55

Создание экономических механизмов заблаговременной дегазации угольных месторождений для повышения безопасности труда в угольной отрасли России ... 56

Оценка эффективности и совершенствование технологии дегазационной подготовки угольного пласта скважинами с поверхности на перспективных выемочных участках шахты им. С.М. Кирова ... 56

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. 2024 - 2025 ... 57

Разработка технологии пирогенетического коксования углей с получением коксов с улучшенными экологическими и эксплуатационными характеристиками ... 58

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. 2024 - 2025 гг. ... 58

Разработка физико-химических основ получения игольчатого кокса и востребованных химических веществ с использованием нового полиароматического сырья - продуктов термического сольволиза углей ... 59

Теоретические основы цифровой трансформации горнотехнических систем предприятий минерально-сырьевого комплекса ... 59

Разработка фундаментальных основ моделирования, автоматизации и роботизации процессов горного производства для обеспечения оптимального управления и устойчивого функционирования горнотехнических систем ... 60

Математическое моделирование и создание компьютерных программ процессов наклонного бурения метан отводящих скважин на угольных шахтах ... 61

Разработка физико-химических основ перспективных технологий и материалов для энергоэффективного использования традиционных и альтернативных углеродсодержащих ресурсов ... 61

Ресурсосбережение и управление отходами добычи и переработки полезных ископаемых ... 61

Разработка научно-технических основ технологии получения продуктов СВЧ-пиролиза из био-угольных композиций ... 62

Разработка и испытание опытного образца эффективной зольной керамики на основе золошлаковых смесей ТЭЦ ... 62

Разработка технологии комплексной переработки техногенных отходов ТЭК с извлечением и использованием ценных компонентов для производства товарной продукции с высокой добавленной стоимостью ... 63

Полномасштабная утилизация отходов от сжигания бурых углей с получением высокотехнологичных продуктов строительного назначения ... 63

4. Электроэнергетика (кроме атомной энергетики)

Разработка фундаментальных и прикладных основ перспективных методов увеличения эффективности малоразмерных газотурбинных двигателей беспилотных летательных аппаратов и аэрокосмических транспортных систем, а также наземных энергетических установок ... 63

Разработка технологии изготовления, изготовление и испытания опытного образца композиционного порошкового материала на основе интерметаллидной матрицы NiAl для газотермического напыления прирабатываемых покрытий, работающих при температурах до 1000°С ... 64

Интеллектуальный анализ данных о техническом состоянии турбомашин и турбоустановок ... 64

Оптимизационные инструменты для перехода на отечественные парогазовые технологии ... 64

Научные основы создания природоподобных материалов и конструкций с заданным комплексом свойств с использованием передовых технологий цифрового проектирования, моделирования и аддитивного производства ... 64

Синтез и свойства композитов оксидное волокно/ высокоэнтропийный сплав для ультравысокотемпературного применения ... 65

Исследование и разработка порошкового композита Cr-Cr2Ta ... 65

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка научно-технических основ создания авиационного гибридного двигателя малой мощности и его системы автоматического управления. Этап 2024 г ... 66

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Цифровая платформа разработки и применения цифровых двойников CML-Bench. Разработка новой улучшенной версии. Этап 2024 г ... 67

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Исследовательские работы по разработке и внедрению технологии создания цифровых двойников газотурбинных двигателей авиационного, морского и наземного назначения. Этап 2024 г ... 67

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Отраслевая кастомизация и внедрение платформы по разработке цифровых двойников CML-Bench. Этап 2024 г ... 68

Разработка цифрового двойника технологического процесса литья в ХТС корпусных деталей ГТД ... 68

Разработка основных элементов теории процессов микровзрывной фрагментации гетерогенных жидкостей при микроволновом и плазменном нагреве применительно к подготовке топлив к сжиганию в камерах сгорания газотурбинных двигателей ... 68

Исследование и разработка перспективных технологий снижения удельного расхода топлива и повышения ресурса малогабаритных турбогенераторов и турбореактивных двигателей ... 69

Определение оптимальных факторов регулирования для обеспечения работы в широком климатическом диапазоне газотурбинной энергетической установки ... 69

Разработка мобильного газотурбинного энергетического агрегата (газотурбинной установки), предназначенного для производства электроэнергии и обеспечения промышленных и бытовых потребителей, в целях осуществления экспортных поставок ... 70

Новые высокоэнтропийные оксиды в качестве высокоэффективных термобарьерных покрытий ... 71

Разработка подходов и формирование концепции повышения энергоэффективности газотурбинных газоперекачивающих агрегатов в условиях эксплуатации ... 71

Научно-технические основы и прикладные решения ресурсоэффективной термической переработки органического сырья с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью для энергетической, металлургической и сельскохозяйственной отраслей ... 71

Разработка научных основ инструментальных методов исследования состава структуры и морфологии угля и продуктов углехимии. 2024 - 2025 гг. ... 72

Исследование процессов пиролиза, газификации и зажигания ископаемых углей под воздействием лазерного излучения. 2024 – 2025гг. ... 73

Перспективные органические и гибридные функциональные материалы для солнечных батарей и химических источников тока ... 74

Новые синтетические подходы к высокотехнологичным материалам, в том числе для технологии органического синтеза и электроники ... 74

Теоретические и экспериментальные основы разработки новых функциональных материалов и перспективных технологий ... 75

Разработка функциональных полимерных, органических и гибридных материалов с заданными полупроводниковыми, оптическими, электрохимическими, сенсорными и другими свойствами, необходимыми для обеспечения создания элементной базы электроники, фотоники и оптоэлектроники нового поколения на основе нанотехнологий ... 75

Органо-неорганические твердые растворы перовскитного типа: термодинамика, стабильность ... 76

Наногетероструктурные фотоэлектрические преобразователи ... 76

Практико-ориентированные фундаментальные исследования процессов генерации, рекомбинации и транспорта носителей заряда в перспективных полимерных материалах космической техники и солнечной энергетики ... 76

Разработка метода синтеза, масштабирование, синтез и испытания опытных образцов полупроводниковых материалов для фотовольтаических устройств и других устройств органической электроники ... 77

Дизайн и технологии создания перспективных функциональных материалов на основе орто-карборана для молекулярной электроники ... 77

Разработка технологии формирования монолитных кремниевых трубок в субмикронном диапазоне с помощью машинного обучения для создания энергоэффективных солнечных элементов ... 78

Оптически чёрные силициды и германиды щелочноземельных металлов (Ca, Mg) для фотоэлектрической, фототермальной и гибридной конверсии солнечной энергии ... 78

Разработка конструкции и технологии изготовления высокоэффективных солнечных элементов на базе установки газофазной эпитаксии ... 79

Изучение инкапсулирующих свойств поли-пара-ксилилена и его производных в перовскитных фотоэлементах ... 79

Разработка интеллектуальной технологии максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции на основе модифицированной нечеткой нейросети ... 79

Электронные процессы в наноструктурированных органических материалах. Этап 2 ... 80

Синтез и исследование фотофизических свойств новых 1,2,5-халькогенадиазолов с тяжелыми халькогенами ... 80

Система электропитания малой мощности на основе возобновляемых источников энергии солнечной или тепловой природы (КФ-974) ... 81

Разработка электрон-транспортного слоя для широкозонных перовскитных фотопреобразователей с повышенной эксплуатационной стабильностью ... 81

Экспериментальное исследование физических процессов и явлений, возникающих в тонких пленках металлов при воздействии субпикосекундных импульсов излучения в видимом, ближнем инфракрасном и терагерцевом спектральных диапазонах ... 82

Разработка, изготовление и испытания опытного образца высокоэффективного преобразовательного устройства для возобновляемых источников энергии на основе фотоэлектрических панелей номинальной мощностью 5 кВт ... 83

Выявление влияния металлического атомного легирования и контроля свойств углеродных наноматериалов на их применение в оптоэлектронике ... 83

«Разработка и обоснование метода повышения энергоэффективности солнечных панелей» ... 83

Разработка энергоэффективной технологии газофазного синтеза кремния повышенной чистоты ... 84

Разработка, изготовление и испытание прототипа люминесцентной оптической композитной пленки для солнечных элементов ... 84

Высокоэффективные солнечные элементы на основе наноструктурированного «черного» кремния с оксидными пассивирующими слоями ... 84

Разработка физико-технологических принципов формирования многослойных структур на основе фосфидов III группы на Si подложках для фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии ... 85

Гетероструктурные фотокатализаторы на основе металл-органических каркасов для генерации солнечного топлива: дизайн и детальное изучение механизмов действия ... 85

Разработка и исследование катализаторов и процессов переработки природного газа и широкой фракции легких углеводородов в востребованные химические продукты ... 86

Повышение эффективности обратного осмоса на солнечной энергии за счет изменения морфологии мембраны и извлечения тепловой энергии из солнечной фотоэлектрической панели. Заказчик ... 87

Разработка и освоение производства гистерезисграфа для определения статических магнитных характеристик магнитотвердых материалов ... 87

Совершенствование технологий использования альтернативных источников энергии в Арктической зоне Российской Федерации ... 87

Разработка современной методики проектирования и технологии производства вертикально-осевых ветроэнергетических установок мощностью более 200 кВт ... 88

Роторные системы для ветроэнергетики и транспорта Арктической зоны ... 88

Разработка и испытание экспериментальной установки гидроэлектростанции на базе обращенного насосного агрегата ... 90

Изучение перспектив использования энергии малых водотоков Краснодарского края ... 90

Создание системы оценки технического состояния гидрооборудования ГЭС/ТЭЦ/АЭС ... 90

Разработка методики контроля раскрытия трещины в теле плотины СШ ГЭС ... 90

Исследование структуры и динамики геотермальных систем, выделение источников тепла и металлоносных флюидов, физико-химическое моделирование минералообразования в зонах разгрузки парогидротерм ... 91

Научно-обоснованные технико-технологические решения для комплексного использования геотермальных ресурсов (Геотермика-2030) ... 91

Физико-химические и экологические исследования, оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов и разработка энергоэффективных технологий освоения геотермальной и других видов возобновляемой энергии ... 91

Геотермальные технологии для энергоснабжения автономных объектов ... 92

Комплексное развитие энергетических систем и технологий распределенной энергетики ... 93

Создание научных основ разработки гибких комбинированных установок с интегрированными возобновляемыми источниками энергии и использованием местных ресурсов холода ... 93

Разработка и исследование научно-технических решений по созданию электрооборудования, обеспечивающего функционирование электрических сетей по принципу интернета энергии ... 93

Разработка научных основ энергетической концепции формирования городской среды обитания человека при ее реконструкции ... 94

Катализаторы, носители и сорбенты для экологически ориентированных процессов, основанных на принципах «зелёной химии», для преобразования и запасания энергии ... 94

Совершенствование умных сетей электроснабжения, содержащих альтернативные и возобновляемые источники электроэнергии ... 95

Разработка системы мониторинга и управления распределительными сетями на основе интеллектуальных систем учета ... 96

Разработка и исследование теплового накопителя с использованием высокотемпературного рабочего тела ... 96

Модели и методы обслуживания трафика приложений систем критической инфраструктуры в сотовых технологиях Интернета Вещей 5G/6G ... 97

Трансформация коммунальных систем энергоснабжения малых и средних городов ... 97

Моделирование информационного, программного и методического обеспечения полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ ... 98

Разработка и совершенствование научных основ исследования топливоиспользования, теплоснабжения, режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных видах топлива ... 98

Адаптивное и интеллектуальное управление сетевыми и распределенными системами с использованием методов искусственного интеллекта ... 98

Искусственный интеллект в диагностике неисправностей и оценке состояния электросетевого оборудования ... 99

Платформа анализа технологических данных и диагностики оборудования ... 99

Разработка методического подхода к автоматизации мультиагентного моделирования с использованием цифрового двойника интегрированной энергетической системы при ее проектировании ... 99

Кибер-физическая среда на базе цифровых двойников энергетических, информационных и коммуникационных систем ... 100

Разработка и лабораторная апробация технологии интеллектуального управления системами отопления ... 100

Разработка технологии и пакета цифровых сервисов для автоматической проверки правильности проектных решений по цифровым системам защиты и автоматики электрических сетей 6-220 кВ ... 100

Технологии интеллектуального управления перетоками и балансами мощности в электроэнергетических системах ... 101

Исследование интегрального воздействия геосреды для построения интеллектуальных агентов в электроэнергетике ... 101

Выявление недобросовестных потребителей электроэнергии, причастных к хищениям электроэнергии и майнингу, методами машинного обучения ... 102

Многофункциональные редокс-активные материалы для устройств накопления, преобразования и экономии энергии ... 102

Исследование рабочих процессов криогенных систем накопления энергии и разработка способов повышения их эффективности ... 103

Формирование тонкопленочных структур микротрубчатых среднетемпературных твердооксидных топливных элементов ... 104

Поиск, исследование и оптимизация свойств сложнооксидных материалов с тройной проводимостью для систем преобразования энергии ... 104

Одностадийный синтез покрытий на основе Co-Mn шпинели, допированной катионами переходных металлов, и их применение для токовых коллекторов твердооксидных топливных элементов ... 105

Функциональные углеродные наноструктурированные материалы ... 105

Углеродные материалы и углерод-полимерные композиты как активные компоненты положительных и отрицательных электродов перспективных накопителей энергии. Синтез, строение, свойства ... 106

Магнитные наносплавы, наноразмерные оксиды, гидроксиды и наполненные ими углеродматричные наноструктурированные композиты для использования в низковольтной электронике, магнитотехнике и в качестве электродных материалов суперконденсаторов. 2024 – 2025 гг. ... 106

Разработка научных основ получения из отечественного возобновляемого растительного сырья биоматериалов для устройств хранения энергии ... 108

Синтез новых композитных материалов на основе пористого германия, и наночастиц никеля, платины для электродов электрохимических источников тока ... 108

Разработка цифровых структур и программно-аппаратного обеспечения автономных энергосистем с масштабируемыми накопителями электроэнергии ... 109

Разработка технологии объединения источников распределенной генерации в виртуальные электростанции с применением твердотельного трансформатора ... 109

Развитие новых подходов к получению микротрубчатых анодных подложек для твердооксидных топливных элементов с варьируемой асимметрией пористой структуры ... 110

Изготовление материалов для герметизации и токовой коммутации твердооксидных топливных элементов, испытания их свойств и наработка опытных партий для макета энергоустановки ... 110

Технологии электрохимических накопителей электроэнергии ... 110

Разработка и тестирование прототипа сервиса для прогнозирования новых кристаллических материалов для твёрдооксидных топливных элементов ... 111

Развитие научных принципов создания функциональных материалов для преобразования и накопления энергии на основе сложных оксидов ... 111

Улучшение стабильности и ионной проводимости межфазных границ раздела в твердотельных аккумуляторах: компьютерное моделирование и экспериментальная проверка ... 112

Перспективные материалы для накопления и преобразования энергии, базирующиеся на спиновых и зарядовых степенях свободы ... 112

Разработка новых электродных материалов и исследование фундаментальных проблем переноса заряда и контактных явлений в функциональных слоях тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов ... 113

Определение оптимального строения катион-анионной пары для низкотемпературных электролитов на основе водородосвязанных ионных жидкостей ... 113

Дизайн, синтез и исследование свойств новых материалов для преобразования/хранения энергии, распределенной энергетики и энергоэффективных технологий ... 114

Разработка сверхконцентрированных электролитов для органических аккумуляторов ... 114

Разработка и освоение серийного производства ряда высокомощных литий-ионных цилиндрических аккумуляторов ... 115

Разработка способа утилизации углекислого газа методом гидрирования в присутствии катализаторов на основе комплексных солей ... 115

Разработка способов получения и тестирования систем, позволяющих осуществлять синтез гидратов с максимальной скоростью и степенью превращения воды в гидрат для реализации газогидратных технологий транспорта и хранения природных газов, а также утилизации и захоронения парниковых газов ... 116

Конверсия оксидов углерода на композитных MXene-содержащих фотокатализаторах под действием солнечного света ... 116

Безметальные электрокатализаторы селективного восстановления диоксида углерода до C1-строительных блоков: кинетика, механизм и структурный дизайн катализаторов ... 117

Научные основы организации газогидратного хранения углекислого газа в неоднородных пористых коллекторах ... 117

Разработка и исследование гидратных технологий для утилизации, хранения и транспортировки диоксида углерода и углеводородных газов (природного газа, попутного нефтяного газа) для повышения эффективности процессов добычи углеводородного сырья и снижения выбросов в атмосферу ... 118

Разработка теории устойчивого зажигания и экологически эффективного сжигания газовых гидратов с целью снижения негативного воздействия энергетических установок на окружающую среду ... 118

Разработка CO_2-нейтральной технологии получения полифункциональных катализаторов на основе металлов с разной электроотрицательностью для СВЧ-пиролиза твердого органического сырья ... 118

Обоснование реализации проектов CCUS в РФ: критерии оценки гидрогеологических бассейнов, картирование и геохимические последствия захоронения CO_2 в различных геологических формациях. 2024 год ... 119

Моделирование процесса захоронения CO_2 и биогенерации метана в угольных пластах ... 120

Разработка новых подходов к получению этилена и пропилена путем каталитического гидрирования смеси оксидов углерода ... 120

Разработка высокоэффективных каталитических систем для утилизации CO2 и H2, применительно к системам замкнутого цикла жизнеобеспечения ... 120

Фундаментальные аспекты технологий утилизации углерода в осадочных породах ... 121

Инновационные катализаторы для утилизации углекислого газа и его превращение в ценные органические вещества в мягких условиях ... 121

Разработка каталитических систем для утилизации парниковых газов ... 121

Технология утилизации диоксида углерода для добычи метана из газогидратных месторождений ... 122

Физико-химические основы формирования и функционирования катализаторов и сорбентов на атомно-молекулярном уровне ... 122

Получение ценных средне - и малотоннажных продуктов из дешевого и доступного сырья современными каталитическими методами ... 123

Развитие методов синтеза и управления функциональными характеристиками наноразмерных материалов для решения задач экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики ... 124

Термо- и фотокаталитические превращения для конверсии диоксида углерода в низкоуглеродные авиационные топлива ... 125

Гетероструктуры на основе переходных металлов (Fe, Co, Ni) и их оксидов для конверсии, в том числе фотостимулированной, диоксида углерода в метан ... 125

Кинетические исследования и разработка математического описания одностадийной конверсии диоксида углерода в алкиламины ... 126

Мембранное выделение диоксида углерода из газовых смесей и его переработка в плазме в ценные химические продукты ... 126

Устройства повышения качества электроэнергии интеллектуальных сетей электроснабжения на основе технологий твердотельного трансформатора ... 126

Оптическая спектроскопия материалов для микро- и оптоэлектроники ... 127

Физические основы получения объёмных кристаллов, подложек и эпитаксиальных структур в системе в-(AlxGa1-x)2O_3 / в-(InxGa1-x)2O_3 / в-Ga2O_3 ... 127

Силовая электроника на основе карбида кремния ... 127

Разработка типоряда силовых полупроводниковых модулей ... 127

Разработка аппаратно-программного комплекса для определения параметров тиристоров при электрических переходных процессах включения при повышенной скорости нарастания тока в открытом состоянии ... 127

Разработка устройств силовой электроники, систем управления и программного обеспечения для применения в энергетических установках ... 128

Разработка фундаментальных основ и научно обоснованных технических решений по повышению энергетической эффективности автономных инверторов напряжения на основе метода предварительно запрограммированной широтно-импульсной модуляции с удалением выделенных гармоник ... 129

Разработка передовых оксидных материалов с особыми магнитными, электрическими и тепловыми свойствами для импортозамещающего производства компонентов электронной техники ... 129

5. Водородная энергетика

Развитие методов численного моделирования и прогнозирования свойств новых соединений и материалов, создание цифровых двойников процессов и технологий их получения ... 130

Понимание кинетики фотоэлектрокаталитических реакций на основе in-situ диагностики методами синхротронного излучения и искусственного интеллекта ... 130

Разработка наноструктурированных функциональных материалов для процессов получения и преобразования возобновляемого водорода ... 131

Структурированные микроволокнистые катализаторы новых геометрических форм и сорбционно-каталитические процессы одностадийного производства водорода на их основе ... 131

Разработка новых катализаторов получения водорода из возобновляемого сырья (биоэтанол) на основе высокоэнтропийных оксидов со структурой перовскита и флюорита ... 132

Н-донорный потенциал спиртов в процессах каталитической переработки хлорорганических соединений ... 132

Новые мембранные материалы и электрохимические устройства водородной энергетики ... 132

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Цифровой инжиниринг водородных технологий. Этап 2024 г ... 133

Разработка и исследование катализаторов окисления воды для модифицированных природных, биогибридных и искусственных систем генерации протонов с целью производства молекулярного водорода ... 134

Разработка научных основ низкоуглеродной технологии получения водорода и графита из углеводородных газов ... 134

Исследование теплообменных характеристик орто-параконвертора водорода при температурах свыше 77 К и математическое моделирование аппаратов орто-параконверсии водорода различного типа ... 134

Исследование процесса разделения газовых смесей, содержащих водород и гелий, мембранно-сорбционным методом ... 135

НАРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ ВОДОРОДА ИЗ РЕАЛЬНОГО СЫРЬЯ ... 135

Исследование активности и стабильности катализаторов процесса каталитического пиролиза природного газа ... 135

Разработка сверхэффективного композитного наноструктурированного мембранного модуля для выделения водорода в процессах парового риформинга углеводородов ... 135

Разработка технического предложения по использованию плазменной технологии для производства водорода и углерода ... 136

Разработка макета лабораторного мембранного модуля для выделения водорода из смесей H_2/CH_4 ... 136

Создание технологий углеродных материалов и водорода ... 136

Каталитический пиролиз углеводородов: синтез катализаторов, изучение кинетики процесса и математическое моделирование процесса ... 136

Электролизер воды с увеличенным сроком службы ... 137

Бифункциональные электрокатализаторы для безмембранного разделенного электролиза в щелочных растворах ... 137

Оптимизация состава и структуры катализаторов с пониженным содержанием иридия для анодов электролизеров с протонообменной мембраной с целью повышения активности и стабильности каталитических материалов в реакции выделения кислорода ... 138

Разработка новых фотокатодов на основе полупроводников группы I-III-VI для прямого разложения воды под действием света ... 138

Разработка перспективных материалов и технологий контроля для компонентов водородных энергосистем ... 139

Новые полиимиды и разработка мембран на их основе для выделения водорода в процессах синтеза и разложения аммиака ... 139

Кинетическое сопряжение стационарных и автоколебательных гетерогенных каталитических реакций и его применение для утилизации CO_2, получения водорода и других перспективных процессов ... 140

Гидридообразующие сплавы с микро- и нано-иерархической пористой структурой для обратимого хранения водорода ... 140

Теплоперенос и интенсивные пульсации при фазовых переходах в теплоносителях ... 140

Многомасштабное описание зернограничной пластической релаксации в алюминиевых сплавах ... 141

Тема № 45.3. Создание новых неорганических веществ и материалов для современных наукоемких технологий ... 141

Генерация, хранение и транспортировка водорода и энергоносителей с низким углеродным следом ... 143

«Исследование закономерностей процессов гидрирования-дегидрирования жидких органических носителей водорода (ЖОНВ) на основе фракций каменноугольной смолы» ... 143

Материалы и критические компоненты для водородных энерготехнологий ... 143

Определение режимов и сроков эксплуатации элементов конструкций с учетом структурных неоднородностей материалов, вызванных абсорбцией водорода из внешней среды ... 143

Разработка и исследование композиционного мембранного материала нового поколения для мембранных реакторов парового риформинга углеводородов ... 144

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка и обоснование использования материалов и технологий для водородной энергетики. Этап 2024 г ... 144

Взаимодействие метана и водорода газовой фазы с перспективными электрохимическими оксидными материалами для водородной энергетики и переработки углеводородного сырья ... 144

Новые материалы и устройства для водородной и электрохимической энергетики и сенсорных приложений ... 145

Высокоэффективные протон-проводящие твердооксидные электролиты на основе допированного цирконата-церата бария ... 148

Применение нейросетевых технологий для построения адаптивных систем управления автономными гибридными энергетическими комплексами на основе водородных топливных элементов ... 148

Новый класс электролитов с супер-протонной проводимостью на основе сложных оксидов, построенных по блочному типу из фрагментов различных структур, для практического применения в среднетемпературных электрохимических устройствах для водородной энергетики и экологической безопасности ... 149

Совершенствование свойств и технологий получения твердооксидных функциональных материалов для электрохимических приложений 149

Инновационный подход к химическому дизайну “all-perovskite” электрохимических ячеек: идентичный ионный состав катода, анода и электролита 150

Материалы для «зеленой» энергетики 150

Разработка новых подходов к высокотемпературному синтезу PtCo/C катализаторов 150

Повышение долговечности электрокатализаторов для топливных элементов посредством направленной модификации углеродных носителей с учетом механизма деградации материалов в процессе их функционирования 151

Исследования в области повышения эффективности батареи топливных элементов 151

Методы водородопроницаемости и рентгенофазного анализа для определения предельной растворимости водорода в гафнии и цирконии 151

Фотоника и оптоэлектроника на основе наногетероструктур полупроводников A3B5 для экологического мониторинга, водородной энергетики и медицины 152

6. Управление научно-технологическим развитием энергетики

Разработка и исследование моделей машинного обучения для решения фундаментальных задач искусственного интеллекта в топливно-энергетическом комплексе 153

Концептуальные основы конструирования информационно-аналитической системы управления сбалансированным природопользованием ресурсных территорий 153

Анализ динамики энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации, энергоемкости валового регионального продукта субъектов Российской Федерации, анализ изменения объемов потребляемых ресурсов (в том числе выраженных в CO2-экв.) 154

Выполнение научно-исследовательской работы «Формирование фактического топливно-энергетического баланса Амурской области за 2023 год и актуализация целевого прогнозного топливно-энергетического баланса Амурской области в зависимости от цены на природный газ с учетом межтопливной конкуренции на 2025 год оценкой до 2030 года» 154

Сценарное моделирование торговых потоков российской нефтегазовой отрасли 155

Комплексные исследования приоритетов развития энергетики Республики Саха (Якутия) с учётом влияния на окружающую среду и разработка способов, методов повышения энергетической эффективности и надежности локальных электроэнергетических систем труднодоступных, изолированных территорий Севера и Арктики 155

Разработка материалов к разделам проекта Генеральной схемы развития газовой отрасли Российской Федерации на период до 2050 года в части сценарных условий, государственного регулирования и институционального развития газовой отрасли с учетом текущих и ожидаемых направлений стратегического развития топливно-энергетического комплекса страны и Проекта Концепции развития внутреннего рынка газа 155

Разработка теоретических основ построения горнотехнических систем при переходе к роботизированным и дистанционно управляемым технологическим процессам 155

1. Нефтяная отрасль

1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей

№ 124020600029-0

Создание модуля многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования: разработка математической модели для модуля многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели, разработка блока автоматизации рабочего процесса построения 1D и 3D – геомеханической модели, разработка блока многовариантного расчета для анализа неопределенности построения геомеханической модели на основе автоматизированного рабочего процесса, разработка технического задания на разработку программы для ЭВМ «Модуль многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели», разработка программы и методики приемочных испытаний программы для ЭВМ, разработка архитектуры модуля многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели. Результаты работы – Математическая модель модуля многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели; программа для ЭВМ «Модуль многовариантного расчета для прогноза и анализа неопределенности построения геомеханической модели». Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, и дочерними обществами и организациями ПАО «Газпром» при планировании геологоразведочных работ в условиях шельфа и транзитных зон, поиска и разведки месторождений углеводородов, включая освоение нетрадиционных ресурсов, при организации работ по проектированию разработки залежей углеводородов на лицензионных участках и месторождениях ПАО «Газпром», а также для техногенных объектов долгосрочного хранения газа в сорбированном, гидратном и сжиженном состоянии (ПХГ).

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

№ 124112700017-8

Комплексные исследования по использованию перспективных технологий при освоении нефтегазовых месторождений

Для проведения исследований будет задействован уникальный лабораторных парк оборудования Инновационно-технологического центра арктических нефтегазовых лабораторных исследований САФУ им. М.В. Ломоносова. Наиболее значимыми установками, используемыми в выполнении задач могут являться: - Установка для исследований фазового поведения асфальто-смоло-парафиновых веществ AWAI 1000, производства фирмы «Sanchez Technologies» (Франция); - Установка для исследований керна УИК-5(7), производства фирмы «Гло-Бел лаборатория» (Россия); - Установка для исследований пластовых флюидов PVT-3000, производства фирмы «Chandler Engineering» (США). Вышеперечисленные установки аттестованы. Участники проекта обладают необходимыми навыками и опытом работы на данных установках. В процессе работы в рамках проекта будет задействовано и другое оборудование Инновационно-технологического центра арктических нефтегазовых лабораторных исследований САФУ им. М.В. Ломоносова. Уникальность исследований заключается в том, что результаты будут основываться не только на данных, полученных в ходе экспериментальных исследований пластовых флюидов или данных, полученных на керновом материале, а по результатам комплексных работ. В работе может быть использован уже накопленный коллективом опыт в выполнении опытно-промышленных работ по исследованиям пластовых флюидов и кернового материала, в том числе уникальным исследованиям по тестированию смесей углеводородных газов и углекислоты с пластовыми нефти при изменении термобарических условий и дальнейшим анализом динамики выпадения асфальтосмолопарафиновых веществ.

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

№ 124122500043-8

Исследование термодинамических процессов Земли с позиции генезиса углеводородов на больших глубинах

Изучение термобарических процессов в глубинах Земли и геологических процессов аккумуляции, миграции и закономерностей локализации углеводородов в нестандартных геолого-структурных обстановках на больших глубинах, а также выявление эндогенных и эпигенетических процессов и их влияния на формирование скоплений нефти являются одним из приоритетных направлений нефтегазовой геологии. Факты, полученные в результате бурения глубоких и сверхглубоких скважин, подтверждающие возможность существования скоплений нефти и газа на больших глубинах и частичную возобновляемость запасов нефти и природного газа, позволяют предположить возможность формирования многоуровневых месторождений углеводородов с широким стратиграфическим диапазоном продуктивности в разных нефтегазоносных провинциях. Поэтому разработка новых теоретических представлений образования и формирования скоплений нефти на больших глубинах, а также методологии поиска и разведки месторождений с формированием научных компетенций при подготовке аспирантов является актуальной проблемой.

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

№ 124091700015-2

Разработка технологически обоснованных решений прогноза и освоения нефтегазоносности глубокопогруженных толщ Каспийского бассейна и создание цифровой карты перспективных зон нефтегазонакопления и поисковых объектов

Глубокие горизонты осадочных бассейнов, в настоящее время, рассматриваются как один из основных резервов углеводородов на ближайшие десятилетия. Как показывают исследования ученых США, Канады, России и др. стран освоение глубокопогруженных горизонтов известных нефтегазоносных бассейнов с развитой инфраструктурой добычи и транспортировки нефти и газа требует гораздо меньших капиталовложений, чем разведка и разработка уже выявленных месторождений УВ на арктическом шельфе или глубоководных частях акваторий. Это, безусловно, является веским аргументом в пользу актуальности и практической значимости исследуемой проблемы. На сегодняшний день промышленная нефтегазоносность сверхбольших глубин уже доказана – открыты углеводородные гиганты в Каспийской впадине (7,1 км), Персидском заливе (10,2 км), Мексиканском заливе (10,69 км), и другие месторождения в интервале глубин 6–10 км. Однако, несмотря на это, общепринятой технологии оценки углеводородного потенциала больших глубин сейчас нет. Причина этому – существенные отличия условий формирования сверхглубоких углеводородных систем от обычных (неглубоких), заключающиеся в онтогенезе углеводородов, геофлюидодинамических процессах, термобарических условиях, физических свойствах пород и флюидов, специфических структурных особенностях каналов и зон миграции, и многих других факторах. Прогнозные оценки ресурсов углеводородов, выполненные различными отечественными и зарубежными учеными, сильно расходятся. Результаты многолетних комплексных исследований Каспийского бассейна позволяют с уверенностью утверждать о его гетерогенности (неоднородности). Это подтверждается неравномерным региональным нефтегазонасыщением. В связи с этим весьма актуально внедрение здесь подходов и методов, снижающих экономический и технологический риск поисков УВ. Нет сомнения, что поиски УВ здесь должны предварять серьезные фундаментальные научные исследования с привлечением широкого комплекса геологических, геохимических и других данных и с использованием 3D бассейнового моделирования. Изучение такой сложной системы представляется возможным исключительно на основе комплексных геолого-геофизических, седиментологических, минеролого-геохимических исследований и интеграцией их результатов в численные модели тепломассопереноса и формирования углеводородных скоплений. Специфические черты сверхглубоких углеводородных систем и их принципиальное различие от традиционных требует разработки совершенно новой методологии оценки их потенциала, прогнозирования, поиска и разведки. Цель проекта: предоставление российским потребителям (недропользователям/ научно-исследовательским и проектным организациям): - технологически обоснованных решений прогноза нефтегазоносности глубокопогруженных горизонтов с использованием результатов геолого-геофизических, геохимических исследований, полнообъемной сейсмической интерпретации и численного бассейнового моделирования; - цифровой карты перспективных зон нефтегазонакопления и поисковых объектов Каспийского бассейна, планируемой к использованию при выборе объектов последующего лицензирования, что снижает коммерческие риски российских недропользователей и ведет к повышению эффективности геологоразведочных работ. Теоретическая значимость заключается в целостном анализе факторов формирования месторождений углеводородов Каспийского бассейна, определении фундаментальных закономерностей геологического развития региона, совершенствования теоретических основ формирования глубокопогруженных углеводородных систем. Практическая значимость заключается в определении перспектив поисков месторождений углеводородов и выработке основных направлений поисково-разведочных работ в регионе исследований, что важно для конечного потребителя планируемого к созданию научно-практического результата. Проект имеет мультидисциплинарный характер и включает современные геохимические исследования, инновационные цифровые технологии, бассейновый анализ и моделирование углеводородных систем, что соответствует мировым тенденциям в исследованиях геологии, геохимии и геологоразведки на нефть и газ, а также о высоком научно-техническом уровне применяемых технологий и методов. Цифровые методы и приёмы численного моделирования позволят переоценить ресурсы углеводородов, что даст возможность повысить капитализацию ТЭК и значимость РФ по уровню своих извлекаемых ресурсов и перспективам добычи. Очевидно, что развитие геологоразведочных работ по результатам проекта, в целом, в будущем приведёт к новым серьезным открытиям, новым крупным экономическим проектам и интенсивному развитию нефтегазового комплекса. Направленность предлагаемого проекта входит в число приоритетов научно-технологического развития в соответствии со Стратегией НТР РФ, ориентировано на приоритетные направления экономики, связанные с развитием минерально-сырьевого комплекса в условиях глобальных вызовов и необходимости ускоренного достижения технологического суверенитета в геологоразведке.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ»

№ 124062700079-4

Исследование геотектонических условий формирования и распределения углеводородных газов в Среднеамурском осадочном бассейне (Дальний Восток России) с целью уточнения его нефтегазового потенциала

Цель исследований по проекту - определение пространственных и геоструктурных закономерностей распределения природных газов в пределах Переяславского грабена Среднеамурского осадочного бассейна, как индикаторов оценки газоматеринских источников и перспектив нефтегазоносности.

Будет проведена оценка степени влияния основных геолого-структурных и литогеохимических факторов на распределение природных газов, что позволит детализировать основные региональные факторы, влияющие на формирование газогеохимических полей в природных объектах исследуемого региона; установлены достоверные корреляционно-генетические связи между газогенетическими индикаторами, позволяющие проводить газогеохимическое районирование Переяславского грабена для выбора перспективных районов поиска углеводородного сырья.

В результате проведенных исследований будет получена новая информация, которая позволит уточнить перспективы нефтегазоносности слабоизученных осадочных бассейнов Хабаровского края.

Результаты региональных работ будут использованы при

дальнейшем планировании детальных поисковых работ на нефть и газ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕКТОНИКИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. Ю.А. КОСЫГИНА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124022100076-3

Геология и геохимия природных газов, газогеохимические индикаторы геологических процессов и полезных ископаемых Мирового океана

НИР посвящена фундаментальным и фундаментально-прикладным исследованиям геохимии и геологии природных газов и флюидов, их применения в области геологии нефти и газа, газогидратов, минеральных ресурсов, геологического строения и связанных с ними эндогенных и экзогенных процессов. Будет выполнено сопутствующее изучение газо- и нефтеносных, а также подстилающих геоструктур ряда перспективных бассейнов в морях Восточной Арктики, западной части Тихого океана и ряда других районов Мирового океана. Изучение природных газов в Мировом океане и переходной зоне «континент-океан», оценка их взаимосвязи с геодинамическими процессами и формированием геологических структур с залежами углеводородов, и твердых полезных ископаемых отражает важнейший аспект современных морских и прибрежных исследований: быстрый рост в понимании важности газогеохимического режима акваторий в формировании вещественного состава и структуры перспективных районов, которые содержат залежи углеводородов, включая альтернативные виды (газогидраты и другие), твердых полезных ископаемых. Сопутствующей целью является комплексный анализ влияния геологических факторов и газоматеринских источников на процессы миграции, аккумуляции и трансформации природных газов, минералов и элементов в геосферах, разработка методики газогеохимических исследований с целью поиска залежей углеводородов и других полезных ископаемых. Результаты исследований востребованы в прикладных организациях геолого-геофизического профиля, организаций нефтегазового сектора и экологических работах.

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

№ 124110100034-7

Разработка и тестирование прототипа модуля буровой телеметрической системы классификации горных пород и предсказания залегания на основе технологий искусственного интеллекта

Целью НИОКР является разработка и испытания прототипа модуля буровой телеметрической системы классификации горных пород и предсказания залегания на основе технологий искусственного интеллекта. Реализация настоящей НИОКР обусловлена следующими причинами: Существующие модули не способны эффективно отбивать направление съемки каротажа. Направление должно выставляться машинистом буровой установки вручную. Данный модуль сразу учитывает в каком направлении производилась съемка и на основании этого делается вывод о залегании пород (расстояние до кровли или почвы). Ни одна существующая подземная телесистема не оборудована возможностью интерпретации данных с помощью обученных моделей классификации горных пород. Ни одна подземная телесистема не обладает возможностью прогнозирования геологической информации перед долотом. Разрабатываемый модуль буровой телеметрической системы классификации горных пород и предсказания залегания предназначен для использования в составе телеметрических систем, производящих измерения скважин в процессе бурения (MWD), при бурении горизонтальных направленных скважин, в которых критически важно проведение траектории скважины в конкретных видах пород (угольный пласт, нефтенасыщенный песчаник). Обученная модель модуля буровой телеметрической системы способна: однозначно, либо с определенной долей вероятности классифицировать вид горных пород, окружающих прибор; делать прогноз по пространственному расположению (гипсометрии) пластов горных пород, окружающих буровой инструмент, а также, находящихся перед буровым инструментом.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОДАРТ»

№ 124041700112-3

Экологически безопасный невзрывной импульсный источник сейсмического сигнала (сейсмоисточник) для сейсмической разведки нефти и газа в условиях дневной поверхности, морских шельфов и исследования Арктики

В основе исследований и разработки методики проектирования лежит подход создания мощного механического воздействия с учетом влияния реологических свойств грунта, как акустической нагрузки на динамику работы источника при создании сейсмической волны (в случае работы источника на шельфе, мелководье или иных условиях требуется учитывать другие характерные свойства среды распространения волнового воздействия). Цель работы: проект направлен на решение вопросов повышения эффективности, производительности и качества геофизических исследований, в частности невзрывной сейсмической разведки, путем исследования процессов и факторов влияния свойств среды на возбуждение и распространение сейсмических волн и разработки методики проектирования невзрывных геофизических комплексов возбуждения сейсмических волн различного типа (сейсмоисточников), на основе источников мощного механического воздействия электромеханического типа. Объектом исследования является сейсмоисточник создающий волны различного типа (продольные, поперечные), включая его основные элементы, определяющие эффективность преобразования потребляемой сейсмоисточником энергии в энергию воздействия на поверхность грунта. Одной из основных частей сейсмоисточника данного типа, определяющей его силовые характеристики, является импульсный электромеханический, а именно электромагнитный привод. Привод представляет собой специальный электромеханический преобразователь, полупроводниковую схему формирования тока в обмотке возбуждения, накопитель энергии емкостного типа с системой его заряда от первичного источника электропитания и системы регулирования и контроля электрических и силовых параметров привода. Задача исследования состоит в определении технических требований к системам привода и возможных способов их реализации для обеспечения необходимых силовых показателей, в том числе: а – изучение форсированных режимов возбуждения магнитного поля, обеспечивающих условие получения наибольших значений сил и удельных механических мощностей, развиваемых

электромеханическим преобразователем, в частности специальным короткоходовым электромагнитом; б – определение рациональных значений длительности и величин развиваемых сил и их влияния на динамику работы сейсмоисточника и излучаемую им сейсмическую мощность, с учетом влияния реологических и (или) иных свойств среды распространения воздействия (грунта, воды и т.п.); в – обоснование рекомендаций по выбору параметров элементов сейсмоисточника, в значительной мере определяющих эффективность его работы, а так же весовые, стоимостные и надежностные характеристики и конструктивное исполнение: вес и площадь излучающего элемента сейсмоисточника, массу пригруза и т.д.

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

№ 124121100050-3

Разработка и тестирование прототипа программного обеспечения, предназначенного для вероятностной оценки ресурсов углеводородного сырья с учётом вероятностной зависимости между подсчётными параметрами

В рамках реализации проекта предполагается создание программы ЭВМ для вероятностного подсчёта локализованных ресурсов углеводородного сырья объемным методом с учётом зависимостей между характеристиками оцениваемых ловушек. Программа предназначена для оценки ресурсов нефти и газа недоизученных геологических структур, количественные характеристики которых имеют пока высокую степень неопределенности. При оценке ресурсов таких структур обычно рассматривают множество сценариев с вариациями различных значений их количественных характеристик (подсчетных параметров). При этом, зачастую, упускается тот факт, что подсчетные параметры могут быть статистически зависимы между собой. Авторы проекта планируют интегрировать в программу статистику по характеристикам реальных месторождений, что позволит также включить в ее функционал поиск вероятностных зависимостей между подсчетными параметрами. Появление подобного программного обеспечения позволит предприятиям нефтегазодобывающей отрасли получать значительно более корректное представление о ресурсном потенциале слабо изученных территорий, что очень важно в условиях естественной геологической неопределенности. Потребители программы - предприятия добывающей отрасли, сервисные компании и научно-технические центры.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СОФТГЕОРИСК»

№ 124080900003-1

Создание интегрированной модели Иргизского месторождения и Западно-Иргизского участка с учетом технологического процесса подготовки продукции

В рамках данной научно-исследовательской работы по договору «Создание интегрированной модели Иргизского и Западно-Иргизского месторождений с учетом технологического процесса подготовки продукции» выполняются следующие виды работ: 1. Сбор исходной информации. 2. Геолого-гидродинамическое моделирование. 3. Интегрированное моделирование, включая моделирование завода (модель нефтеналивного пункта и установки подготовки газа). 4. Формирование комплексных планов развития Иргизского и Западно-Иргизского месторождений с учетом влияния системы добычи и подготовки продукции. Для решения задач оптимизации добычи нефти в условиях различных ограничений, локализации зон остаточных запасов, нахождения узких мест и возможных осложнений в системе сбора. Устойчивость модели достигается за счет ее адаптации на ретроспективный временной период, что повышает точность прогнозных и сценарных расчетов. Интегрированная модель становится основой для создания цифровых двойников месторождений, обеспечивающих возможность автоматизированного управления нефтепромыслом. Объединение моделей компонент в единую систему моделирования создает синергетический эффект, выражающийся в приросте информации и улучшении представления об объектах моделирования. Целью работы является построение геолого-гидродинамической и интегрированной модели группы – Иргизского месторождений и Западно-Иргизского участка, – с учетом системы сбора и транспорта и узлов подготовки продукции ННП-8 и УПГ «Иргизская». Площадь моделирования ограничена контуром работ МОГТ 3D (Иргизская с/п 3/09-11, Иргизская с/п 5/23 и Западно-Иргизская с/п 5/23). В границах Иргизская с/п 3/09-11 в 2020-2021 гг. были созданы геолого-гидродинамическая и интегрированная модели – в новом проекте планируется обеспечить преемственность моделей. Особенностью данной группы месторождений является потребность в поддержании определенного компонентного состава газа на уровне узла подготовки, в связи с этим необходимо построение интегрированной модели, включающей композиционные модели флюидов по каждой из залежей (поскольку имеется существенная изменчивость свойств по площади месторождения), моделей скважин (с целью учета выбытия фонтанных скважин из фонтанирования и внедрения глубинно-насосного оборудования), модели системы сбора и транспорта (с целью учета взаимовлияния скважин с точки зрения поверхностного оборудования) и моделей пласта (геолого-гидродинамических моделей пласта, учитывающих фациальную изменчивость коллекторов).

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

№ 124100400199-1

Способ решения обратной задачи восстановления фильтрационных параметров пласта при совместном использовании гидродинамической прокси-модели и инструментов нейросетевого моделирования

Основным направлением проекта является создание эффективных методов решения обратных задач для нефтяных месторождений, применимых для оперативного принятия решений. Цель работы: апробация алгоритма решения обратной задачи восстановления распределения фильтрационных параметров зонально-неоднородного пласта. Исследование прогнозных свойств адаптированных моделей в краткосрочной и среднесрочной перспективе. В основе предлагаемого подхода лежит идея бесшовного совместного использования методов машинного обучения (нейронных сетей) и упрощенной однофазной фильтрационной модели. Фильтрационная модель выступает

в качестве одного из слоев нейронной сети, что позволяет естественным образом удовлетворить основным физическим законам, заложенным в эту модель. Выполнение физических законов приводит к получению наиболее достоверных результатов, даже при условии малой обучающей выборки. Использование подходов машинного обучения позволяет применить весь инструментарий оптимизационных алгоритмов, встроенных в пакеты для нейросетевого моделирования. Кроме того, использование нейронной сети позволяет гибко использовать весь набор доступной исходной информации (режимы работы скважин, ГДИС, РИГИС). Унификация слоя, основанного на фильтрационной модели, позволит использовать нейронные сети произвольной архитектуры (в зависимости от объема данных и сложности задачи). В работе планируется использование языков программирования Julia, Python и пакетов Flux и PyTorch. В условиях реального объекта наблюдается постоянный дефицит данных, формирующих обучающую выборку. Это затрудняет прямое использование стандартных подходов для машинного обучения, которые требуют больших объемов данных для обучения. Использование предлагаемого подхода позволяет регуляризировать получаемые решения в условиях небольшого объема исходной информации, что позволяет повысить качество получаемых решений.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА НЕФТИ»

№ 124080900011-6

Повышение эффективности разработки малых нефтяных месторождений «Татнефть-Самара» по результатам геолого-гидродинамического моделирования

Основная проблема современного состояния разработки «старых» нефтяных провинций — это поиск перспективных участков с целью наращивания отборов нефти за счет ввода в разработку новых месторождений. Насущной задачей при этом является оперативная оценка геологических и извлекаемых запасов углеводородов таких объектов и определение возможности ввода их разработку с учетом технико-экономических показателей. Целью работы является определение геологических запасов 13 месторождений нефти - Миндальное, Мускатное, Шенталинское, Лубочное, Отрадное, Канашское, Моисеевское, Ново-Краснодольское, Старицкое, Незнайкинское, Моторинское, Чекалинское, Большепруднинское. При технологической перспективности разработки месторождений строится ГДМ месторождения, на основе которой предлагаются варианты разработки и определяются технико-экономические показатели.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

1.2 Технологии добычи трудно извлекаемых и нетрадиционных запасов углеводородов, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей

№ 124060500016-7

Развитие механики многофазных и аэрогидроупругих систем, оболочечных конструкций с приложениями в машиностроении и нефтедобыче

Планируются проведение теоретических и экспериментальных исследований динамики многофазных сред, в том числе изучение нелинейной волновой динамики пузырьковых и газокапельных сред; акустики вязкоупругой жидкости с покрытыми каплями другой жидкости; нелинейных волн в многофракционных газовзвесях и пузырьковых жидкостях; динамики газа и газовзвесей в резонаторах различной формы; динамики порошковой среды; падения акустических волн на границу и слой газовзвеси; динамики одиночных и гидродинамически взаимодействующих газовых и кавитационных пузырьков в жидкости; изучение влияния состава и структуры композитных материалов на их физико-механические свойства; структуры потока многофазной системы; исследование влияния вибрации на адгезию пленки к подложке; изучение НДС цилиндрических и тороидальных оболочек с дефектами; развитие методов теории устойчивости и управления для непрерывно-дискретных систем; изучение распространения волн давления в пористой среде; выявление закономерностей осаждения различных примесей на поверхности пор; разработка алгоритмов идентификации абсолютной проницаемости углеводородного месторождения; прогнозирование результатов теплового воздействия на пласт; создание математических моделей фильтрации и развитие термогидродинамических методов исследования скважин при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов.

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

№ 124080900004-8

Разработка технологии увеличения нефтегазоконденсатоотдачи на малых нефтегазоконденсатных месторождениях

Эффективная разработка месторождений углеводородов с растущей долей трудноизвлекаемых запасов возможна только на основе применения комплекса технологий для оптимального режима разработки, обеспечиваемого внедрением цифровых, технических и технологических решений. Для устранения технических рисков, повышения качества построения и использования интегрированного моделирования требует разработки методологической основы по нетрадиционным запасам. Целью работы является разработка технологий совместной эксплуатации нефтяных и газоконденсатных залежей на основе интегрированной модели.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

№ 124111200011-4

Разработка критических технологий повышения эффективности эксплуатации нефтяных скважин (ЭкоТРИЗ-2030)

В современных условиях проблема увеличения добычи нефти ряда нефтяных провинций мира и России, в том числе, связана с поиском и ускорением промышленного освоения новых месторождений и залежей. Актуальным, с точки зрения оптимизации добычи нефти, является совершенствование существующих и разработка новых технологических процессов, направленных на повышение коэффициента извлечения нефти путем эффективной разработки остаточных трудноизвлекаемых запасов (ТрИЗ) нефти месторождений на завершающей стадии разработки и улучшение работы скважинного фонда. Доля трудноизвлекаемой нефти в общем объеме ее добычи в России растет по мере сокращения более доступных запасов углеводородов. По данным Роснедр, в 2021 г. она составила 31,7%. К 2030 г., по прогнозам Минэнерго, этот показатель превысит 70%. Таким образом, повышение нефтеотдачи пласта месторождений с ТрИЗ является важнейшей задачей нефтяной отрасли страны. А это значит, что в ближайшем будущем, российским нефтяникам придется иметь дело в основном с ТрИЗ. На территории Чеченской Республики, имеющей 130-тилетний опыт промышленной добычи нефти, в настоящее время на балансе АО «Чеченнефтехимпром» и «Грознефтегаз» (ПАО «НК Роснефть») находится около 1200 скважин распределенного фонда, большинство из которых эксплуатируются в сложных геологических условиях и на завершающей стадии разработки, и более 1000 - нераспределенного фонда, требующих вместе с первыми всестороннего мониторинга с целью принятия дальнейших решений по их ликвидации, консервации или поиску методов их интенсификации, направленных на увеличение дебита скважин или перевода в статус геотермальных. В проекте ставится амбициозная цель – разработка научных основ и критических технологий повышения эффективности эксплуатации скважин на заключительных стадиях разработки нефтяных месторождений Чеченской Республики в интересах устойчивого развития нефтегазодобывающих регионов России. Повышение эффективности эксплуатации скважин будет обеспечиваться воздействием на призабойную зону пласта, подземное оборудование, систему сбора и транспортировки нефти и газа для повышения эффективности эксплуатации скважин, в том числе в условиях ТрИЗ, обводнения залежей и отложений минеральных и органических солей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВА»

№ 124121300063-1

Разработка технологии применения композиций химреагентов совместно с закачкой теплоносителя с использованием инструментов гидродинамического моделирования с целью повышения эффективности разработки коллекторов с вязкой (высоковязкой) нефтью

Тепловые методы занимают лидирующую позицию при разработке залежей высоковязкой, сверхвязкой нефти и природных битумов в мировой практике. Как показывает опыт их применения для разработки месторождений, особенно с трудноизвлекаемыми запасами, чем раньше время начала их реализации, тем выше как технологические, так и экономические показатели разработки. Предлагаемые пути, связанные с применением щелочи, ПАВ и полимерных составов, отличаются использованием недефицитных материалов и самое главное отсутствием необходимости приготовления горячей воды, что обеспечивает относительно невысокую себестоимость проведения работ. Для условий ПАО «Татнефть», это одна из не многих возможностей разработать и опробовать собственные технологии термохимического воздействия на пласт для увеличения нефтеизвлечения из коллекторов с высоковязкой нефтью, что для компании является актуальной и значимой задачей.

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

№ 124040100008-8

Исследование новых методов поиска экстремумов энергии Гиббса углеводородного флюида в многофазном состоянии и разработка быстрых алгоритмов расчета многофазных состояний

Важной задачей при моделировании процессов добычи нефти и газа является расчет PVT-свойств флюида, для чего применяются различные методы, среди которых особое место занимает метод расчета фазового равновесия. Преимуществом метода расчета фазового равновесия является возможность использования фундаментальных положений равновесной термодинамики и применение их к уравнению состояния, что позволяет получать физические свойства смеси в широком диапазоне температур и давлений. Основной задачей текущего проекта, является реализация стабильного и быстрого алгоритма расчета трехфазного равновесия и его реализация в виде программного модуля. Суть работы состоит в исследовании новых методов поиска экстремумов энергии Гиббса углеводородного флюида в многофазном состоянии. Также предполагается развитие новых математических моделей многокомпонентного флюида, а также подходы к расчетам многофазных состояний, на основе чего будет создано универсальное прикладное программное обеспечение для моделирования технологических процессов нефтегазодобычи, с возможностью быстрой взаимной интеграцией и замещения существующих цифровых решений иностранного производства.

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

№ 124050700060-9

Разработка инициативных технологий для предприятий нефтегазовой отрасли на Арктическом шельфе

Инициативная НИОКР направлена на разработку инновационных технологий для предприятий нефтегазового комплекса, работающих на Арктическом шельфе. Направления исследования связаны с созданием композиций экологически нейтральных буровых растворов для морского бурения на шельфе Арктики, силовых агрегатов, позволяющих интенсифицировать гидродинамические процессы в гидравлических системах буровых установок за счет преобразования энергии и на создание технологических решений в области геолого-геофизических исследований,

в том числе, многолетнемерзлых пород и газогидратных отложений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124102100632-0

Способ разработки залежей высоковязкой и сверхвязкой нефти с применением U-образной многофункциональной скважины

Целью работы является обоснование конфигурации горизонтальных стволов U-образной многофункциональной скважины (МФС) для разработки залежей высоковязкой и сверхвязкой нефти с применением теплового воздействия. В данной работе предлагается решить поисковую задачу обоснования взаимного положения горизонтальных стволов МФС в пласте с высоковязкой и сверхвязкой нефтью с применением теплового воздействия на пласт. Также необходимо исследовать эффективность системы разработки, состоящей из U-образных МФС, с применением тепловых методов. Задача будет решаться с использованием серии расчетов на геолого-гидродинамических моделях месторождений ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, в том числе с привлечением ряда синтетических моделей. В результате выполнения работ будут сформированы выводы по применимости данной технологии на залежах с высоковязкой и сверхвязкой нефтью ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

№ 124120500037-3

Совершенствование геолого-гидродинамического симулятора FlowER и его адаптация к условиям эксплуатации в Компании

Симулятор предназначен для автоматического построения геологической основы с использованием базы данных ПО «ЛАЗУРИТ», гидродинамической модели и ее автоматической адаптации к истории разработки месторождения, а также проведения многовариантных расчетов для оперативного определения оптимальных режимов скважин с учетом задаваемой целевой функции.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА НЕФТИ»

№ 124120500041-0

Разработка критериев выбора оптимальных забойных давлений добывающих скважин на поздней стадии разработки

Выбор режимов работы скважин (значений дебитов или забойных давлений) является ключевым фактором, определяющим технико-экономическую эффективность разработки месторождений углеводородов. Специфика нефтяных месторождений в том, что у каждого объекта есть давление насыщения нефти газом и газосодержание. Так при снижении давления отбора ниже давления насыщения из нефти в пористой среде выделяется газ, что способствует снижению продуктивности скважин, с другой стороны при снижении давления отбора увеличивается депрессия на пласт и дебит скважины должен возрастать. Исследовательская работа направлена на поиск баланса положительных и отрицательных факторов с учетом неоднородности нефтяных месторождений. Определение оптимальных забойных давлений с учетом особенностей скважин должен дать хороший эффект за счет оптимизации удельных эксплуатационных затрат и сокращения периода эксплуатации. Научно-исследовательская работа предполагает создание методики обоснования режимов работы добывающих скважин применительно к Ромашкинскому месторождению (девон) с использованием результатов специальных керновых исследований, выполненных ГБОУ ВО АГТУ ВШН ранее в рамках договора НТУ №8456. В работе планируется создание численных моделей лабораторных экспериментов с целью их более глубокой интерпретации. На основе полученных закономерностей, характеризующих сложные фильтрационные процессы с дегазированием потока нефти, будут созданы модели скважин. Секторные модели скважин предусматривают детальное моделирование фильтрации в призабойной зоне скважин с целью учёта зоны двухфазной или трехфазной фильтрации. Кроме данных особенностей секторные модели учитывают слоистую неоднородность дренируемых интервалов скважин, обводненность и результаты промысловых геофизических исследований. Методика обоснования оптимальных забойных давлений основывается на гидродинамическом моделировании оптимизируемых скважин. Планируется создать пошаговый алгоритм выполнения оптимизационных расчётов. Алгоритм обоснования оптимальных режимов работы низкообводненных и высокообводненных скважин (применительно к добывающим скважинам Ромашкинского месторождения), позволит улучшить технико-экономические показатели разработки. Результаты исследований будут сопоставлены с данными ретроспективного анализа работы скважин, в которых забойное давление было ниже давления насыщения. В рамках исследований планируется проведение оценки целесообразности проведения ГИС и ПГИ для принятия управленческих решений, связанных с выбором режимов работы скважин. НИР завершается разработкой патента на методику. По итогам НИР планируются публикации в научных изданиях.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

№ 124072500058-0

Разработка технологии по применению растворителей при пароциклической эксплуатации одиночных горизонтальных скважин для добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых (пласт P2ss шешминский горизонт)

ПАО «Татнефть» получена новая лицензия ТАТ 006594 НТ (Шегурчинский ТРИЗ) от 17.08.2022 с целевым назначением для разработки технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых, разведки и добычи таких полезных ископаемых. Объектом учета является шешминский горизонт СВН. Согласно условиям владения, лицензией необходимо обеспечить финансирование комплекса работ по разработке технологий изучения, разведки и добычи. С целью подготовки проектной документации на разработку технологий геологического изучения, разведку и добычу трудноизвлекаемых полезных ископаемых необходимо открытие НИОКР. В связи с отсутствием технологий, позволяющих осуществлять экономически эффективную разработку залежей сверхвязких нефтей с малой нефтенасыщенной толщиной, на залежах СВН Южно-Шегурчинского и Краснополянского поднятий Шегурчинского месторождения планируется разработать технологию применения растворителей при пароциклической (переменная закачка пара и отбора жидкости) эксплуатации одиночных горизонтальных скважин. Разработка рентабельной технологии добычи сверхвязкой нефти с толщинами менее 10 метров на Южно-Шегурчинском и Краснополянском поднятиях Шегурчинского месторождения. Добавление композиции растворителя к закачиваемой оторочке пара позволяет снизить вязкость нефти и увеличить коэффициент вытеснения остаточной нефти действием химических реагентов в составе композиции растворителя.

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

1.3 Технологии бурения и строительства скважин сложного профиля, интеллектуальные технологии управления бурением, сбора скважинной геофизической информации и ее обработки

№ 124040800066-1

Научное обоснование и разработка технико-технологических и цифровых решений по управлению нефтегазовыми активами, приуроченными к сложнопостроенным карбонатным коллекторам

Целью научного исследования является решение важной научно-технической проблемы - обоснования комплекса технологий, позволяющих осуществлять экономически эффективную, но при этом рациональную разработку нефтегазовых месторождений, приуроченных к сложнопостроенным карбонатным коллекторам, в том числе для месторождений с традиционными и нетрадиционными системами разработки (скважинными и шахтными).

Разрабатываемый комплекс должен обеспечивать функционирование всех элементов сложной системы, обеспечивающей добычу углеводородных полезных ископаемых, начиная от бурения скважин, заканчивая промысловой подготовкой и транспортом.

2024 г.: Многоуровневое исследование особенностей реализации основных технологических процессов добычи углеводородного сырья из сложнопостроенных карбонатных коллекторов, основанное на комплексировании результатов специально выполненных лабораторных экспериментов, промысловых данных и теоретического анализа. Расширенный аналитический обзор научных отечественных и зарубежных публикаций по тематике исследования. Обоснование выбора отдельных элементов общей технологической цепочки добычи углеводородов с целью их корректировки и адаптации под специфические условия сложнопостроенных карбонатных коллекторов.

Разработка технико-технологических решений по управлению процессами строительства и эксплуатации скважин сложной конструкции, целесообразной к применению для разработки активов в сложнопостроенных карбонатных коллекторах.

Проведение комплекса лабораторных исследований, направленных на разработку методики обоснования рационального заканчивания скважин.

Разработка инновационной системы цифрового мониторинга энергетического состояния залежей нефти в сложнопостроенных карбонатных коллекторах.

Разработка и апробация соответствующего программного обеспечения, основанного на авторских алгоритмах применения методов искусственного интеллекта.

2025 г.: Разработка методологии и проведение расширенного комплекса лабораторных исследований по обоснованию рецептуры жидкости – агента системы заводнения продуктивных пластов, представленных сложнопостроенными карбонатными коллекторами. Исследование закономерностей распределения глинистых минералов в пределах сложнопостроенных карбонатных коллекторов.

Разработка методологии и проведение комплекса лабораторных исследований по оценке воздействия технологических жидкостей на глинистые минералы, выделяемых в сложнопостроенных карбонатных коллекторах.

Проведение комплекса исследований, основанных на трехмерном гидродинамическом моделировании и промысловых испытаний, направленных на анализ закономерностей процессов фильтрации в сложнопостроенных карбонатных залежах нефти. Обоснование и разработка рекомендаций по мониторингу и управлению траекторией ствола скважины, конструкция которой адаптирована под специфические условия сложнопостроенных карбонатных коллекторов.

Технико-экономический анализ разработанных решений. Импортозамещение и автоматизация процессов графического мониторинга разработки залежей углеводородного сырья. Разработка и апробация соответствующего программного обеспечения, основанного на авторских алгоритмах, отвечающего требованиям высокой достоверности и минимизации трудозатрат специалистов.

2026 г.: Обоснование и разработка технологий заводнения продуктивных пластов, представленных сложнопостроенными карбонатными коллекторами, включающих оригинальные авторские технические решения по управлению рецептурой жидкости – агента системы заводнения, в условиях труднодоступного нефтяного месторождения.

Экономическое обоснование практического применения разработанной технологии. Научное обоснование и разработка методологии трехмерного гидродинамического моделирования, адаптированной под установленные закономерности процессов фильтрации в сложнопостроенных карбонатных залежах нефти.

Математическое, гидродинамическое и геомеханическое моделирование процессов заканчивания и эксплуатации скважин.

Комплексирование результатов моделирования. Научное обоснование рекомендаций по заканчиванию и эксплуатации скважин в условиях сложнопостроенных карбонатных коллекторов.

Импортозамещение и автоматизация интерпретации материалов промысловых и гидродинамических

исследований скважин. Разработка и апробация соответствующего программного обеспечения, основанного на авторских алгоритмах, адаптированного под условия сложнопостроенных карбонатных коллекторов.

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

№ 124122000032-7

Модификация и тестирование опытного образца программно-аппаратного тренажерного комплекса бурения

Цели и задачи проекта: модификация и коммерциализация опытного образца аппаратно-программного комплекса тренажера наклонного и направленного бурения нефтегазового профиля. НИОКР проводится на основе полученного ранее научно-технического задела тренажерного комплекса буровой установки геологоразведочного колонкового бурения на твердые полезные ископаемые. Обоснование актуальности НИОКР: Добыча нефти – сложнейший процесс, который требует уникального оборудования, самых передовых технологий и знаний. Нефть давно не добывают вручную, а значит, каждый сотрудник нефтегазовой компании должен быть высококвалифицированным специалистом. Это чрезвычайно важно, потому что нефтегазовые предприятия относятся к категории наиболее опасных производственных объектов. Аварии на них развиваются по сложному сценарию, включающему разные типы событий чрезвычайных ситуаций, наиболее часто наблюдаются пожары, взрывы, выбросы опасных веществ. Последствия аварий способны нанести ущерб не только нефтяной компании, но и превратить регион в зону экологического бедствия. Анализ материалов расследования аварий на объектах, проведенный Ростехнадзором, показал, что в половине случаев они были вызваны низкой квалификацией персонала, наличием на ответственных рабочих местах лиц, не имеющих профессиональной подготовки. Ожидаемые результаты: Повышение качества обучения машинистов наклонного и направленного бурения нефтегазового профиля. Создание предпосылок на импортозамещение программного обеспечения. Области применения опытного образца программно-аппаратного комплекса тренажера наклонного и направленного бурения нефтегазового профиля: формирование знаний умений и навыков категорий работников буровых бригад. Тренажер является симулятором процесса бурения скважин на основе математической модели, включающей имитацию кинематики буровых установок, гидро- и пневмо- систем, трансмиссии, системы верхнего привода, процессов движения пластового флюида (в т.ч. газоводонефтепроявления), процесса разрушения породы, формирования траектории бурения (вертикальные, горизонтальные, наклонные, многозабойные), систем телеметрии и алгоритмов управления, аварийные ситуации (промышленная безопасность и охрана труда) и воздействие на экологию. Категория потенциальных потребителей: Учебные центры, СПО/ВПО, производители оборудования.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПОМБУР»

№ 124070800026-2

Разработка и испытания прототипа программного комплекса для количественной интерпретации данных промыслово-геофизических исследований скважин

Проект посвящен созданию программного комплекса для количественной интерпретации данных промыслово-геофизических исследований скважин «PL-Sim» на основе математического моделирования термогидродинамических процессов в системе пласт-скважина. Программный комплекс «PL-Sim» предназначен для решения прямых и обратных задач в области промыслово-геофизических исследований скважин по определению работающих пластов, расчету пофазного дебита флюидов в стволе скважины (нефти, воды, газа). Внедрение программного комплекса позволит: - определять, из каких пластов и скважинных зон притекают нефть, вода, газ, и в каком количестве, за счет комплексирования различных методов, используемых при интерпретации (термометрия, механическая расходометрия, многодатчиковая распределенная влагометрия и барометрия скважин); полученная информация является ключевой для недропользователей с точки зрения обеспечения рентабельности эксплуатации скважин: изоляции непродуктивных водоносных пластов, ликвидации прорывов газа, максимизации уровня добычи нефти; -повысить достоверность определения объемного дебита многофазного потока в горизонтальных скважинах за счет учета потока жидкости за хвостовиком, который оказывает существенное влияние на регистрируемое температурное поле; -обеспечить возможность количественного определения объемной доли фаз и фазового дебита (нефти, воды, и газа) в многофазном потоке путем комплексирования различных физических методов геофизических исследований скважин, зарегистрированных отечественной геофизической аппаратурой (АГАТ, СОВА и т.д.); -автоматизировать процесс интерпретации данных промыслового-геофизических исследований благодаря возможности решения обратной задачи по количественному определению параметров многофазного потока на основе результатов промысловых замеров. Таким образом, повышается степень цифровизации и автоматизации процесса интерпретации скважинных данных. Целевая аудитория проекта - игроки нефтесервисной отрасли, включая геофизические компании, нефтедобывающие компании, сервисные геофизические организации.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВЭЛЛСИМ»

№ 124020700016-9

Разработка пакера-гильзы, спускаемого на геофизическом кабеле

Предлагаемый к разработке пакер-гильза на геофизическом кабеле будет устанавливаться в эксплуатационных колоннах при помощи специального посадочного инструмента силами геофизической партии и ПКС без привлечения бригад ПРС. Доставка пакера-гильзы на геофизическом кабеле вместо труб НКТ позволит существенно сократить время на установку (до 30 часов). Потенциальный фонд внедрения до 2030 года согласно экспертной оценке – 8 000 скважин. Разработка КД и изготовление по ней пакеров-гильз собственными силами позволит сократить удельные затраты на проведение ГИРС на 165 000 за 1 скважину. Для удержания достигнутого уровня исследований, а также для получения резервов для будущего роста необходимо внедрение инновационных решений и инструментов собственной разработки, позволяющих повысить эффективность геофизических исследований скважин.

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

№ 124072200017-0

Разработка математической модели фильтрации нелинейно вязкопластичной нефти и прототипа программного обеспечения для оценки запасов нефти, моделирования и проектирования оптимального расположения добывающих скважин

Целью проекта является повышение эффективности разработки месторождений высоковязкой нефти путем оптимизации расположения добывающих скважин. Для этого необходима разработка программного обеспечения для подсчета извлекаемых запасов высоковязкой нефти и выработки рекомендаций по расстановке новых скважин при наличии текущих параметров разработки нефтяной залежи на основе гидродинамических расчетов. Возможность учета неньютоновских свойств высоковязкой нефти при выборе точек бурения добывающих скважин позволит увеличить коэффициент извлечения нефти из пласта, уменьшить риски компаний при разработке месторождений, сократить капитальные и операционные затраты на бурение дополнительных скважин для выработки целиков нефти (уплотняющее бурение). Среди планируемых результатов выделены: - Возможность создавать и хранить не менее 3 проектов; - Произведение расчетов на основании 11 исходных параметров; - Выделение не менее 3 зон дренирования рассчитываемой скважины; - Расчет извлекаемых запасов нефти при указании не менее 3 разных дебитов скважины; - Построение не менее двух 2Д графиков и не менее двух таблиц с результатами расчетов по одной скважине; - Коэффициент детерминации математической модели не менее 0,9; - Возможность расчета дебита вертикальных скважин с диаметром ствола в зоне перфорации от 0,05 до 0,3 метра.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АКРИБИЯ СОФТ»

1.4 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов

№ 124122500041-4

Разработка и программная реализация алгоритмов для моделирования фазовых равновесий углеводородных систем

Разработка наукоемкого веб-приложения для моделирования фазового поведения пластовых флюидов, а также расчета их теплофизических свойств (PVT-дизайнер). В настоящее время в нефтегазовой отрасли остро стоит вопрос создания отечественного программного обеспечения, обладающего широким функционалом и высокой точностью, для моделирования технологических процессов на всех этапах добычи и подготовки углеводородного сырья. Разработанный PVT-дизайнер может использоваться как самостоятельный продукт для моделирования PVT свойств углеводородных смесей, так и сможет быть «генератором» исходных данных для моделирования конкретных технологических процессов. Помимо этого, отдельные модули программы смогут быть встроены в уже существующие или разрабатываемые программные комплексы.

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

№ 124062400086-5

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка цифровых моделей месторождений углеводородов. Этап 2024 г

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 студий 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 На этапе 2024 года будут разработаны алгоритмы по поиску скважин-кандидатов и проведена их оптимизация их работы с целью контроля и поддержания необходимого уровня добычи трудно извлекаемых запасов углеводородов на месторождениях компании ПАО «Газпром нефть». Разработаны математические модели многофазных потоков, тепломассообмена и эффекта поршневания в скважинах газоконденсатных месторождений с целью предотвращения нежелательных остановок скважин.

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

№ 124062600009-2

Разработка методов и программного обеспечения замкнутого цикла управления добычей для повышения энергоэффективности и экономичности разработки месторождений трудноизвлекаемой сверхвязкой нефти

Проект направлен на решение проблемы создания методов, алгоритмов и программного обеспечения оптимизации разработки месторождений трудноизвлекаемой сверхвязкой нефти, включая методы и алгоритмы оптимизации размещения скважин, управления закачкой теплоносителя или электромагнитным нагревом пласта, на основе трехмерного моделирования процессов неизотермической многофазной фильтрации, электромагнитных и тепловых полей, а также решения трехмерных обратных задач, позволяющих восстанавливать фильтрационно-емкостные, тепловые и электрические свойства среды. Развитию методов разработки месторождений тяжелых нефтей и природных битумов уделяется большое внимание со стороны нефтедобывающих компаний. Основными проблемами при разработке месторождений тяжелой нефти являются ее большая вязкость и, как следствие, низкий коэффициент извлечения нефти, а также высокая энергозатратность и стоимость разработки, существенно зависящая от выбранной стратегии управления технологическим процессом добычи нефти. В текущих условиях и ближайшей перспективе проблема оптимизации разработки с целью сокращения затрат является как никогда острой. Наиболее распространенными способами разработки месторождений тяжелых нефтей и природных битумов являются тепловые способы, поскольку при увеличении температуры вязкость тяжелой нефти и битума значительно уменьшается. При этом используемое в настоящее время для сопровождения таких технологий программное обеспечение (ПО) является преимущественно зарубежным, поэтому также очень остро стоит проблема импортозамещения в части сопровождения рассматриваемых технологий. В то же время это ПО не обеспечивает полноценную систему управления разработкой месторождений сверхвязкой нефти (СВН), а большей частью предоставляет возможность лишь гидродинамического моделирования и решения отдельных оптимизационных задач. Эти факторы определяют актуальность создания отечественного программного обеспечения, реализующего замкнутый цикл управления разработкой месторождений СВН на основе трехмерного моделирования процессов неизотермической многофазной фильтрации, решения трехмерных обратных задач и методов оптимизации. Научная новизна исследований будет определяться следующим. В ходе выполнения проекта будут разработаны новые подходы к оптимизации технологий разработки СВН, в которых чувствительность к параметрам и очередной план разработки рассчитываются путем полноценного трехмерного моделирования неизотермической многофазной фильтрации на основе изменяющейся во времени 3D-модели, которая строится и автоматически доадаптируется посредством решения обратной задачи с геометрическими и физическими параметрами, описывающими геологическую модель. Кроме того, будет предложена и реализована новая вычислительная схема, обеспечивающая устойчивое и вычислительно эффективное моделирование многофазного многокомпонентного потока с конденсацией закачиваемого в среду пара. Также будут разработаны методы, вычислительные схемы и ПО, реализующие моделирование электромагнитного прогрева пласта. При разработке ПО будут учтены особенности и свойства месторождений СВН, соответствующие технологические и экономические аспекты разработки месторождений СВН, а испытания ПО будут проводиться на реальных данных с месторождений СВН. В результате выполнения проекта будет доведено до возможности использования в технологических процессах добычи СВН наукоемкое программное обеспечение, реализующее построение изменяющейся во времени 3D-модели состояния пласта в процессе разработки тепловыми способами и осуществляющее на ее основе оптимизацию режимов эксплуатации разрабатываемого участка месторождения СВН в реальном (относительно оперативного управления добычей) масштабе времени.

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

№ 124071700014-7

Физически-информированное машинное обучение для ускорения моделирования физических процессов путем упрощения графа вычислений

Моделирование сложных физических процессов (например, процессов фильтрации нефти сквозь породу) требует большой вычислительной сетки с миллиардами ячеек. Из-за значительных вычислительных затрат на моделирование в детальном масштабе решение многих оптимизационных задач, требующих большого количества таких численных расчетов, становится практически неосуществимым (например, адаптация модели месторождения на добычу в задачах нефтегазовой индустрии). Целью проекта является разработка моделей машинного обучения на основе физики, которые учитывают особенности, присущие более детальным масштабам, работая при этом на менее детальных масштабах с меньшими вычислительными затратами. Предлагаемый подход направлен на использование графовых нейронных сетей для моделирования взаимодействия между пространственными элементами, участвующими в физическом процессе, и одновременного упрощения вычислительного графа с помощью настраиваемых графовых операторов. Результаты моделирования на огрубленном графе будут сравниваться с исходным моделированием, которое также может быть представлено вычислительным графом. Параметры огрубления будут настроены так, чтобы минимизировать разницу между результатами моделирования. Наконец, подход будет протестирован на нескольких практических примерах, таких как передача тепла и фильтрация на нефтяном месторождении, чтобы продемонстрировать его масштабируемость и точность. Предлагаемый план работ состоит из трех основных направлений и имеет конкретные цели, определенные этапы и скоординированные мероприятия. Среди ключевых исследователей проекта - широко известные ученые. Реализация проекта позволит установить взаимовыгодное

сотрудничество между Россией и Индией, заключающееся в обмене опытом и экспертизой, и позволит создать многочисленные связи в научном сообществе. У каждой из сторон достаточно человеческих ресурсов для достижения поставленных целей. Проект позволит вовлечь студентов и аспирантов в исследовательскую деятельность мирового уровня. Начинающие ученые будут расширять свои знания в областях физически-информированного машинного обучения, графовых нейронных сетей и моделирования физических процессов. Проект соответствует стратегическим национальным инициативам России, поскольку разработанные методы искусственного интеллекта помогут усовершенствовать процесс добычи полезных ископаемых, а также найти применение во многих других сферах, которые требуют моделирования сложных физических процессов.

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

№ 124111200103-6

Утилизация диоксида углерода в подземных естественных резервуарах

Направление проекта по трансформации технологии разработки нефтегазовых месторождений с применением газовых методов в том числе и применением диоксида углерода включает подготовку данных и создание численной модели закачки газа, в том числе CO2, на залежах углеводородов, оценка эффективности закачки газов и формирование программы реализации закачки на залежах углеводородов на основе полученных результатов; Направление проекта по изучению проблем разработки газовых и газоконденсатных месторождений включает подготовку данных и создание численной модели газоконденсатной залежи для оценки процесса выпадения конденсата и подготовки рекомендаций по моделированию процесса газоконденсатных исследований. Направление проекта по автоматизации и автономизации разработки нефтегазовых активов для снижения выбросов диоксида углерода включает описание концепции автономного месторождения, формализацию требований и принципов развития автономных активов, а также подготовку плана по развитию компетенций автономных месторождений. Направление проекта по повышению эффективности разработки залежей углеводородов с использованием сайклинг процессов включает анализ данных и создание численных композиционных гидродинамических моделей разработки газоконденсатных залежей с учетом эффектов фазовых переходов при закачке газа, проведение численных исследований на основе композиционных гидродинамических моделей залежей по оптимизации повышения конденсатоизвлечения с использованием сайклинг процесса и оптимизация сайклинг процесса.

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

№ 124110100048-4

Цифровая нефтесервисная компания: цифровое сопровождение добычи и переработки нефти и газа

В настоящее время довольно много месторождений углеводородов находятся на III и IV стадиях разработки. Выработка запасов на них значительна и остро встает вопрос о локализации зон, незатронутых разработкой. Вместе с тем по месторождениям имеется значительная история, включающая как исследования по скважинам и данные необходимые для геологического моделирования, так и данные по добыче по каждой скважине, отражающие фактические процессы в пласте на протяжении жизни месторождения. С точки зрения управления подобными активами особую актуальность имеют методы автоматизированной адаптация геолого-гидродинамических моделей (ГГДМ), создаваемых посредством единого «воркфлоу», то есть набора операций по построению всех блоков итоговой модели. Однако существующие алгоритмы автоматизированной адаптации не позволяют сохранить геологический реализм получаемых моделей, нарушаются взаимосвязи определяющих модель параметров. Суть разрабатываемого подхода заключается в построение и адаптация ГГДМ объекта в едином воркфлоу, в котором параметры модели взаимоувязаны и варьируются в пределах, основанных на фактических исследованиях, что позволяет не только исключить негеологичные реализации в процессе оптимизации, но и получить семейство качественно адаптированных ГГДМ, которые будут учитывать неопределенности в исходной информации. В купе с методами автоматизированной проверки качества исходных данных и результатов моделирования, разрабатываемый подход к автоадаптации позволит учитывать возможные риски при принятии решений по управлению активами, как связанных с новым бурением, так и заключающихся в оптимизации схемы разработки месторождений углеводородов. Одним из ключевых результатов предложенного подхода должны стать вероятностные карты локализации остаточных извлекаемых запасов углеводородов.

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

1.5 Технологии увеличения нефтеотдачи пластов, в том числе тепловые, химические и др., интеллектуальные технологии управления процессами интенсификации нефтеотдачи пластов

№ 124012500441-6

Экспериментальное и теоретическое моделирование 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

№ 124020200118-5

Научное обоснование технологии повышения устойчивости водогазовых смесей для увеличения нефтеотдачи при одновременном снижении углеродного следа

С точки зрения снижения углеродного следа (декарбонизации) ключевой отраслью, в которой должны быть сосредоточены усилия, является нефтегазовая. Утечки и сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) составляют до 45% от общего объёма выбросов нефтегазового сектора, поэтому их сокращение является первоочередной задачей. Другой важнейшей проблемой нефтяной промышленности является низкая нефтеотдача пластов. Вместе с тем имеется возможность осуществления декарбонизации в нефтяной промышленности путем перехода с широко применяемого сейчас заводнения на водогазовые методы воздействия на пласт. Использование ПНГ и продуктов его сгорания, содержащих углекислый газ, позволяет увеличить нефтеотдачу. Но технологии водогазового воздействия не получили пока широкого распространения. Одной из основных причин является низкая эффективность известных решений, связанная с недостаточной устойчивостью водогазовых смесей, вызванной коалесценцией газовых пузырьков. В данном проекте будут проведены исследования факторов, влияющих на устойчивость водогазовых смесей, и даны рекомендации для усовершенствования технологии утилизации попутного нефтяного газа путем водогазового воздействия на пласт. Работы по проекту планируется проводить на стенде по исследованию подавления коалесценции газовых пузырьков в жидкости и на стенде для исследования характеристик насосно-эжекторных систем. Новизна исследований заключается в следующем. В экспериментах будут найдены соответствующие пары катионов и анионов, а также критические концентрации растворенных солей-электролитов, при которых эффект коалесценции прекращается, в широком диапазоне давлений и температур, расходов газа и газосодержаний. Будет детально исследована зона концентраций солей-электролитов, в которой коалесценция вновь возникает, и найдены решения, позволяющие подавить там коалесценцию газовых пузырьков. До сих пор задачи исследований и разработки методов подавления коалесценции в этой зоне никем не ставились. Эксперименты при различных значениях минерализации воды и применении пенообразующих ПАВ – ингибиторов отложений позволят найти оптимальные технологические решения для реализации водогазового воздействия. Соответственно, к научной новизне проекта относятся также исследования влияния устойчивых пузырьковых водогазовых смесей на характеристики оборудования для закачки смесей (насосных и насосно-эжекторных систем). По результатам исследований будут получены многофакторные зависимости, позволяющие выбрать эффективные методы подавления коалесценции в различных условиях. Это позволит практически полностью утилизировать попутный нефтяной газ, а также существенно увеличить эффективность процесса повышения нефтеотдачи.

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

№ 124022400168-2

Тема 2-13Ф. Разработка научных основ волновых технологий и волновой техники, предназначенных для повышения качества скважин, увеличения добычи углеводородов и углеводородоотдачи пластов

Одним из перспективных направлений интенсификации основных технологических процессов добычи нефти, газа и газоконденсата является применение волн и колебаний в пластах, скважинах и трубопроводах. Волновая технология нефтегазодобычи и нефтегазоконденсатоотдачи пластов ориентирована на использование специфических резонансных свойств обрабатываемых участков насыщенной жидкостью и газом среды при вибрационном воздействии. Волновые эффекты могут быть использованы для создания устройств кольматации скважин, ускорения механической скорости бурения и очистки призабойных зон от фильтрата бурового раствора. Создание волновых полей с помощью специальных волновых устройств могут быть использованы для очистки призабойных зон пластов и горизонтальных скважин с целью повышения нефтеотдачи. Увеличение коэффициента извлечения нефти и коэффициента компонентоотдачи для газоконденсатных и газоконденсатонефтяных месторождений за счет воздействия на конденсатные пробки волн, также является новым резервом увеличения добычи углеводородного сырья. На реальных месторождениях, новые волновые технологии могут быть применены только после разработки физических и математических моделей явления, проверки предлагаемых технологий в модельном эксперименте и разработки научных их основ. Предполагается разработка новых методов повышения нефтеотдачи пластов на основе использования резонансных полигармонических и

ударных воздействий на пласт в целом; разработка научных основ волновых технологий обработки призабойных зон скважин с использованием гибких насосно-компрессорных труб; исследование волновых процессов увеличения нефтеотдачи различных пластов (карбонатных, терригенных и др.) с использованием ударно-волновых генераторов.

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

№ 124041500054-8

Создание испытательного стенда для моделирования многомерной фильтрации парогравитационного дренажа

Известно, что технология парогравитационного дренажа (ПГД) активно и успешно применяется ведущими нефтяными компаниями. Эффект от использования ПГД для целей повышения нефтеотдачи выражается в повышении коэффициента вытеснения нефти за счет прогрева водяным паром и последующей капиллярной пропитки водой нефтенасыщенного горизонта, вследствие чего происходит объемное расширение нефти и снижении ее вязкости. Реализация данной технологии учитывая сложные геологические условия месторождений ПАО «Татнефть» значительно осложняется из-за толщины нефтенасыщенных пластов не более 10 м. В рамках данной работы планируется создание испытательного стенда для возможности моделирования технологии ПГД. Данный стенд должен помочь в изучении процесса распространения паровой камеры в нефтенасыщенном коллекторе. Уточнить построение гидродинамической модели пласта на основе данных, полученных в испытательной ячейке. Дать возможность отработки различных технологий, позволяющих увеличить нефтеотдачу. Выполнить экономическую оценку предлагаемых вариантов и разработку рекомендаций по внедрению технологий воздействия на основе применения технологии ПГД, что в итоге должно позволить удешевить технологию в целом.

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

№ 124053100011-8

Цифровое моделирование процессов нефтеотдачи нефтеносных пластов при закачке углекислого газа

Закачка углекислого газа для повышения нефтеотдачи пластов путём улучшения физико-химических свойств пластовой среды является одним из эффективных методов увеличения добычи нефти, и с каждым годом он всё более активно применяется в нефтяной промышленности по всему миру. Углекислый газ, поступающий в пласт, увеличивает давление и улучшает текучесть пластовых жидкостей, что способствует дальнейшему вытеснению нефти из порового пространства. Важным преимуществом использования углекислого газа для повышения нефтеотдачи пластов является возможность его геологического хранения (утилизации) в пластовых породах, что отвечает целям декарбонизации – достижения углеродной нейтральности мировой и российской экономики. Сотрудничество с ведущим мировым научно образовательным учреждением – Китайским институтом нефти позволит на основе создания трёхмерных моделей кернов и дальнейшего компьютерного моделирования выполнить совместные научно-практические исследования на цифровых кернах нефтяных месторождений Российской Федерации (далее – РФ) и Китайской Народной Республики (далее – КНР), сделать сравнительный анализ нефтеотдачи пластов под воздействием закачки углекислого газа.

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

№ 124092600006-8

Создание модели парогравитационного дренажа на промысловых данных, разработка программы прогноза и оптимизации элементов разработки воздействия

Целью работы является создание программного модуля по определению основных технологических параметров парогравитационного дренажа и прогнозированию эффекта от такого воздействия. В рамках проекта решается задача повышения эффективности технологии парогравитационного дренажа. В условиях современной макроэкономики все более актуальным становится вопрос применения эффективных методов повышения нефтеотдачи пластов с минимальными капитальными вложениями. На текущий момент существенную долю месторождений Компании составляют месторождения высоковязкой нефти. На данном этапе оптимизация применения паротеплового воздействия с использованием горизонтальных скважин является ключевой задачей для увеличения экономических и технологических показателей объектов разработки. В процессе данной работы будет апробирована интегральная модель тепломассопереноса при парогравитационном дренаже с возможностью последующего тиражирования на объекты Компании, что создаст возможность для дополнительного ввода в разработку не вовлечённых запасов нефти, а также выявления и снижения объемов непроизводительной закачки пара. Будут разработаны алгоритмы и реализованы программные модули, позволяющие оптимизировать технологические параметры парогравитационного дренажа для достижения максимального эффекта от такого воздействия. Применение разработанной модели для оптимизации параметров парогравитационного дренажа в коллекторах с высоковязкой нефтью позволит повысить коэффициент извлечения нефти, снизить объемы непроизводительной закачки пара и темпы падения добычи нефти.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА НЕФТИ»

№ 124100100055-3

Разработка новых жидкогорючих инициаторов горения тяжелой нефти на основе отработанных масел нефтяного происхождения и катализаторов, направленное на повышение эффективности внутрипластового горения

В настоящее время повышения нефтеотдачи пластов, снижении вязкости трудноизвлекаемых углеводородов (сланцевая нефть, битумы, сверхтяжелая нефть, тяжелая нефть) является актуальной в нефтедобывающей отрасли. Улучшение добычи и переработка тяжелой нефти в России является одним из приоритетных направлений в нефтяной промышленности. Увеличение потребления горюче-смазочных материалов в транспортной и энергетической инфраструктуре способствует к одновременному росту объемов отработанных масел нефтяного происхождения, требующая их повторную регенерацию или сжигания в виде топлива. Существуют различные методики повышения нефтеотдачи пластов с запасами тяжелой нефти, одним из которых является метод внутрипластового горения (ВПГ). Для достижения этих целей предлагается применение инициаторов горения в виде различных отработанных масел нефтяного происхождения (на примере отработанного моторного (автол МВГ2), гидравлического (веретенное) АУ, турбинного ТП-22с, трансформаторного ГК, индустриального И-20А масел) с частичным добавлением катализаторов (на примере $FeCl_3$) и дальнейшая разработка универсальных инициаторов горения на основе перечисленных жидко-горючих композиций с помощью экспериментальных методов. В результате выполнения проекта будут впервые получены эффективные, экономические, а также энергетические характеристики на основе отработанных масел и частичного использования катализаторов для увеличения нефтеотдачи высоковязкой нефти методом внутрипластового горения.

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

№ 124100700244-5

Разработка способа исследования взаимодействия пластовой воды с CO2 и породой пласта при подземном захоронении в водоносных пластах

Среди технологий утилизации диоксида углерода наиболее развиты проекты по закачке CO_2 в пласт для повышения нефтеотдачи или подземного захоронения. Одним из важнейших вопросов при геологическом захоронении углекислого газа и закачки диоксида углерода для повышения нефтеотдачи является взаимодействие CO_2 с пластовой водой и минералами породы в пластовых условиях, так как закачка диоксида углерода приводит к нарушению геохимического равновесия и инициированию различных реакций, влияющих на состав воды, риски вторичных процессов солеотложения в призабойных зонах и стволах скважин и фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) коллекторов. Целью работы является разработка способа комплексного экспериментально-аналитического исследования процессов выпадения солевых осадков, растворения минералов, изменения состава и свойств воды, изменения ФЕС коллектора и их влияния на обеспечение эффективного подземного захоронения CO_2 в водоносных горизонтах на объектах ПАО «Татнефть». В рамках научно-исследовательской работы будут проведены эксперименты по исследованию взаимодействия CO_2 с пластовой водой и породой на дробленом керне в ректорах (оценка растворения минералов и выпадения солей) и на стандартных образцах керна (оценка изменения ФЕС) с породой коллектора и покрышки. Результаты будут обобщены и верифицированы с применением гидрогеохимического моделирования. На калиброванной геохимической модели будут оценены процессы растворения и вторичные процессы солеотложения в диапазоне термобарических условий для призабойных зон и стволов скважин. По результатам выполнения работ будет обоснован способ оценки геохимических процессов при закачке CO_2 в геологические структуры, содержащие пластовую воду.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

№ 124051500011-0

Применение катализаторов для парных горизонтальных скважин для добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых (пласт P2ss шешминский горизонт)

Основываясь на теоретическом обосновании применения катализаторов акватермолиза нефти и положительных промысловых результатов испытаний для пароциклических скважин запланированы исследования возможности использования каталитических комплексов для парных скважин. Будут проведены исследования по подбору состава катализатора для пласта P2ss шешминского горизонта. Для выбранного состава катализатора будут проведены исследование растворимости и термической стабильности в различных углеводородных составах, обеспечивающих доставку нефтерастворимого прекурсора в паровую камеру. Будет проведена оценка эффективности закачки катализатора акватермолиза и физико-химических эффектов, возникающих при закачке выбранного состава катализатора в процессе облагораживания тяжелой нефти путем определения коэффициента вытеснения нефти, ее свойств и состава после паротеплового воздействия на уникальной научной установке физико-химического моделирования внутрипластового горения и парогравитационного дренажа (рег. номер 2083849). На основе полученных результатов будет создана концептуальная термогидродинамическая модель и проведена оценка технологического эффекта технологии. Запланирована разработка технической документации на технологию применения катализаторов акватермолиза в методе SAGD и проведение промыслового испытания в 2026 г.

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

№ 124092600005-1

Обоснование оптимальной системы разработки Гарейско-Бугинско-Татсуксинской группы месторождений с учетом системы транспорта добываемой продукции

Целью работы является обоснование оптимальной системы разработки Гарейско-Бугинско-Татсуксинской группы месторождений с учетом системы сбора и транспортировки добываемой продукции. В данной работе решается задача повышения эффективности разработки группы месторождений, обладающих единой сетью сбора и транспорта, с использованием совместной интегрированной модели по трем месторождениям. В состав данной группы входят два разрабатываемых (Татсуксинское и Гарейское) и одно месторождение (Бугинское) на поисково-разведочном этапе. Одной из особенностей рассматриваемой группы месторождений является относительно небольшой срок разработки и большой объем проектного фонда, что приводит к необходимости проектирования и оптимизации текущей системы сбора и транспортировки добываемых углеводородов. Кроме того, для поддержки энергетики пласта необходим анализ и дальнейшая реализация системы поддержания пластового давления с целью увеличения эффективности воздействия на пласт.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

№ 124070200023-7

Исследования химических реагентов, применяемых в процессах ГРП и ОПЗ, для повышения эффективности геолого-технических мероприятий на объектах разработки ПАО «Татнефть»

Исследования проводятся в рамках подбора оптимальных рецептур и разработки алгоритмов для жидкостей, используемых в процессах ГРП и ОПЗ на предприятии ПАО «Татнефть». Рассматривается анализ влияния химических реагентов и физико-химических свойств пресной воды на реологические характеристики жидкости ГРП. Запланирована разработка алгоритма оптимизации жидкости ГРП с учетом целевых показателей технологии.

Исполнитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

№ 124031500029-7

Декарбонизованный процесс производства энергии из газовых отходов нефтепереработки в гибридной энергосистеме с высокотемпературным топливным элементом

Энергетические технологии на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) – это одно из перспективных направлений развития малой энергетики, обеспечивающее высокую эффективность и экологичность. Работая при высокой температуре (600-1000 °C), твердооксидный топливный элемент не нуждается в катализаторах из благородных металлов и, таким образом, является более доступным. Высокие температуры облегчают прямой реформинг углеводородов в ТОТЭ, что допускает гибкий выбор топлива. Высокотемпературное отходящее тепло может быть эффективно рекуперировано для приведения в действие интегрированного газотурбинного электрогенератора. Объединение двух различных систем повышает эффективность (к.п.д.) в сравнении с автономными микротурбинами текущего поколения от 25-30% до значений, близких к 60-65%. За счет высокого давления и температуры рекуперированного нагретого технологического воздуха, подаваемого компрессором от газовой турбины на топливный элемент, происходит увеличение его выходной мощности, снижение различных электрохимических потерь. В первую очередь улучшение электрохимической кинетики, приводит к повышению эффективности процесса (рабочий ток, напряжение элемента, выходная мощность и эффективность логарифмически возрастают с давлением). Тем не менее, топливный элемент не является аналогом камеры сгорания, поэтому соединение микротурбины с топливным элементом представляется довольно сложной задачей, связанной с дополнительными ограничениями в проектировании и конструктивными особенностями, возникающими при объединении электрохимической и механической систем. Численное моделирование работы ТОТЭ – наиболее эффективный в настоящее время инструмент для понимания мультифизических явлений, происходящие в топливной ячейке, помогающий изучить производительность ТОТЭ, быстро, эффективно и с минимальными затратами спроектировать различные его компоненты. После представления численного решения для модели ТОТЭ возможен переход к разработке экспериментальных установок для проверки предлагаемых конструкций и технологий. Идея использования гибридной системы наиболее актуальна для индустриально-энергетических комплексов – тепловая электрическая станция-нефтехимическое предприятие. На нефтеперерабатывающих заводах или химических предприятиях с водородным производством одним из отходов являются водородсодержащие газы, которые можно использовать в качестве топливной смеси в гибридной установке. В республике Татарстан действует несколько установок по производству водорода в процессах нефтепереработки (АО «ТАНЕКО», АО «ТАИФ-НК») и производства химических продуктов (ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Казаньоргсинтез», АО «Аммоний», АО «Нэфис Косметикс»). Основными областями применения водорода в республике являются очистка моторных топлив, процессы гидрирования (гидрогенизация) углеводородов и использование в системах охлаждения электротурбогенераторов ТЭЦ. На всех этих предприятиях образуются водородсодержащие газообразные отходы. Объемное содержание водорода в газообразных отходах достигает 63%. На данный момент водородсодержащие отходы дожигаются в факелах, либо подмешиваются к природному газу в малом количестве (2-10%) и сжигаются в газовых турбинах. Актуальным представляется использовать эту органическую водородсодержащую газовую смесь для выработки электроэнергии в гибридной энергоустановке с 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 с КПД более 60%. Решение обозначенных проблем обладает фундаментальной научной значимостью и мировой научной новизной.

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

№ 124032000103-6

Новые наноматериалы для глубокой переработки и повышения эффективности использования углеводородного сырья

Целью настоящего проекта является разработка методов создания каталитических наноматериалов с заданными свойствами, обладающих высокой активностью и стабильностью в промышленно значимых реакциях: крекинг, гидрогенолиз, гидрирование, деоксигенация, алкилирование и др. Основным препятствием увеличения глубины переработки нефти является отсутствие крупнотоннажных промышленных технологий переработки нефтяных остатков, а с химической точки зрения – непригодность традиционных гетерогенных катализаторов для эффективной конверсии остатков в топлива и нефтехимическую продукцию из-за низкой стабильности в присутствии асфальтенов и металлов сырья. Проблема снижения эффективности гетерогенных катализаторов с увеличением размеров молекул субстрата актуальна и для реакций, лежащих в основе традиционных процессов нефтепереработки и нефтехимии: крекинга, гидрогенолиза, алкилирования и т.д. Непищевая биомасса представляется реальной заменой ископаемого сырья. Конверсия биомассы и производных от нее продуктов в углеводороды крайне затруднена из-за необходимости удаления кислорода из ее состава, а также образованием воды в процесс деоксигенации. На сегодняшний день не существует ни эффективных катализаторов, ни процессов синтеза углеводородов из возобновляемых кислородсодержащих субстратов. Еще одним актуальным современным направлением каталитической химии является связывание техногенного диоксида углерода с переработкой его в нефтехимическую продукцию. Остро необходима разработка технологий связывания CO_2 в ценные продукты, для чего требуется создание фундаментальных основ каталитической активации CO_2 и его дальнейшей конверсии в реакциях образования C-C связей. При этом одной из наиболее важных реакций здесь может стать его гидрирование с использованием водорода, который может быть потенциально получен с использованием возобновляемой энергии. Для достижения поставленной цели предполагается решить ряд проблем: - создание наноразмерных каталитических систем, обеспечивающих высокую конверсию, активность в десульфуризации и ингибирующих процессы формирования кокса в условиях гидроконверсии тяжелых нефтяных систем в том числе в присутствии азотсодержащих соединений; - разработка дисперсных катализаторов гидродеоксигенации на основе сульфидов, фосфидов и оксидов переходных металлов, проявляющих высокую активность в реакциях деоксигенации биомассы, обладающих высокой стабильностью в водной среде; - создание ультрадисперсных высокопроизводительных каталитических систем, эффективных в реализации реакций гидрирования оксидов углерода в трехфазных реакторных системах; - разработка цеолитов с высокодисперсным распределением активного компонента для гидрирования оксидов углерода в C_2-кислородсодержащие соединения (уксусную кислоту, этанол, метилацетат); - разработка методов синтеза цеолитов с размером зерна менее 200-300 нм в рамках подходов «bottom-up» (направленная кристаллизация) и «top-down» (высокоэнергетичный «сухой» и «мокрый» размол) для кислотно-катализируемых реакций.

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

№ 124060400001-4

Функциональные присадки и реагенты для нефтегазовой отрасли

Реализация проекта направлена на создание фундаментальных основ новых технологий получения химических веществ, функциональные свойства которых обусловливают их применение в качестве присадок и реагентов в составе нефтепродуктов различного состава с учетом назначения, сырьевой обеспеченности и технических возможностей отечественных производственных площадок. Будут проведены систематические практико-ориентированные научные исследования, позволяющие разработать оригинальные подходы к получению высокоэффективных функциональных присадок и реагентов, использование которых является критическим при производстве товарных продуктов нефтепереработки и нефтехимии. Исследования, проводимые в рамках проекта, охватывают широкий спектр перспективных функциональных присадок для топлив и смазочных материалов (противоизносная присадка для реактивного топлива, многофункциональная присадка для бензина и дизельного топлива, универсальный модификатор трения для смазочных материалов, многофункциональная присадка, обладающая антиокислительным и антикоррозионным действием, ингибиторы коксообразования, пеногасители, поглотители сероводорода, бактерициды). Будут разработаны лабораторные способы получения таких веществ, проведены работы по масштабированию и наработке укрупнённых лабораторных партий, а также проведены необходимые физико-химические исследования и эксплуатационные испытания. С целью дальнейшего практического использования разработанных присадок и реагентов будет проведено изучение их совместимости с нефтепродуктами и материалами и оценен уровень их влияния на эксплуатационные и экологические свойства товарных продуктов.

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

№ 124060500015-0

Разработка научных основ энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий в теплоэнергетике, добыче и глубокой переработке углеводородного сырья

Теоретические основы активного управления ламинарным и турбулентным потоком для целенаправленного изменения интенсивности процессов турбулентного переноса импульса и теплоты в инженерных приложениях, разработка новых методов управления потоком с экспериментальной проверкой их эффективности. Нефтяные пласты имеют сложное строение и неоднородную структуру порового пространства. Добыча вязкой нефти из них представляет собой актуальную проблему как в научном, так и в техническом плане. Исследования посвящены совершенствованию процессов добычи за счет воздействия на насыщенную пористую среду упругими колебаниями. Работа направлена на определение оптимальных частот такого воздействия и изучение физических явлений генерации необходимых колебаний давления в потоке агентов воздействия. 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. Более полное использование тяжелого нефтяного сырья является важной задачей нефтепереработки. Поэтому необходимо системное изучение состава и свойств гетероатомных нефтяных компонентов в составе нефтяных остатков и определение их влияния на состав и свойства получаемых продуктов в термических процессах нефтепереработки. На основе нефтяных асфальтенов и смол, как поликонденсированных высокомолекулярных компонентов, могут быть разработаны новые материалы, что обеспечивает ресурсосбережение и рациональное использование природного сырья. Приоритетами государственной энергетической политики Российской Федерации в соответствии с «Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года» являются переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, а также рациональное природопользование и энергетическая эффективность. Преимуществом сочетания различных технологий конверсии биомассы является возможность получения энергоресурсов и продуктов с высокой добавленной стоимостью.

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

№ 124091800005-2

Создание импортозамещающей системы технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти

Актуальность работы обусловлена необходимостью 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 Национальном исследовательском Томском политехническом университете более 30 лет проводятся исследования процессов получения моторных топлив, на основании которых разработаны надежные математические модели таких технологий, как каталитический риформинг бензинов, изомеризация пентан-гексановой фракции углеводородов, каталитический крекинг вакуумного дистиллята и смесевого нефтяного сырья, гидропереработки нефтяных фракций, компаундирование высокооктановых бензинов и других. Отличительной особенностью разработанных математических моделей является то, что они с одной стороны, построены на основе фактических промышленных данных по эксплуатации установок на различных НПЗ, а с другой, учитывают основные фундаментальные физико-химические закономерности механизмов реакций, дезактивации катализаторов, макрокинетические факторы процессов производства моторных топлив. Проект направлен на создание импортозамещающей системы технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти, которая будет включать в себя математические модели базовых химических процессов получения высокооктановых компонентов бензинов и дизельного топлива.

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

№ 124112100058-7

Бифункциональные катализаторы для получения дизельных топлив в процессе Фишера-Тропша

Процесс Фишера-Тропша одна из основных стадий технологии “газ в жидкость”, заключающийся в получении углеводородов из синтез-газа. Для увеличения выхода дизельной фракции и совершенствования технологии прямой конверсии синтез-газа в средние дистилляты необходимо разрабатывать бифункциональные катализаторы, активные центры которых сочетают в себе функции полимеризации и селективного гидрогенолиза. В настоящее время кобальтовые катализаторы на основе аморфных оксидов алюминия и кремния, полученные методом пропитки, являются основными промышленными катализаторами процесса Фишера-Тропша. Такие системы не обладают нужной селективностью в отношении топливных фракций. Задачами данного проекта является разработка и исследование бифункциональных катализаторов процесса Фишера-Тропша с повышенной селективностью по дизельной фракции с регулируемой пористостью, кислотностью, составом и структурой активной фазы. Фундаментальная значимость проекта заключается в формировании систематического подхода к созданию бифункциональных катализаторов получения дизельных фракций в процессе Фишера-Тропша. В ходе проекта будут впервые исследованы и разработаны новые подходы к синтезу катализаторов Фишера-Тропша на структурированных мезопористых носителях. Будет

проведено сравнение методов получения катализаторов, таких как использование комплексообразующих агентов, микроволнового излучения, инфильтрации расплавов, вакуумной пропитки и пропитки по влагоемкости. В ходе исследования будет изучено влияние размера пор и кислотности SBA-15 и Al-SBA-15 на свойства моно- и биметаллических катализаторов процесса Фишера-Тропша. Для регулирования размера пор планируется использование мезитилена в качестве агента набухания, а регулирование кислотности будет проводиться изменением соотношения Si/Al. Алюмосиликатные нанотрубки, композиты на их основе типа MCM-41/Галлуазит будет впервые исследован в качестве носителя для бифункциональных катализаторов процесса Фишера-Тропша, будут наработаны партии катализаторов для проведения непрерывных испытаний. Ряд промоторов (Mn, Ru, La, Re, Ce) впервые будут исследованы для получения бифункциональных каталитических систем с повышенной селективностью по дизельным фракциям. В результате проекта будут установлены закономерности влияния свойств мезопористых носителей, способа получения катализаторов, состава активной фазы на каталитическую эффективность бифункциональных катализаторов процесса Фишера-Тропша. Будут даны рекомендации по составу и способам получения катализаторов с высокой селективностью по дизельной фракции. Все катализаторы будут охарактеризованы современными физико- химическими методами анализа (ПЭМ, СТЭМ-ЭДС, СЭМ, РФА, РФЭС, элементный анализ, анализа текстурных характеристик, кислотности, восстанавливаемости). Будут проведены каталитические испытания данных систем в процессе Фишера-Тропша в лабораторных условиях и условиях, приближенных к промышленным. На последнем этапе будут выявлены оптимальные условия проведения процесса и состав катализатора для получения дизельной фракции с высоким выходом. Будут исследованы эксплуатационные характеристики дизельных фракций и возможность их применения в качестве компонентов товарных дизельных топлив. Реализация данного проекта внесет как фундаментальный, так и практический вклад в развитие отечественных технологий получения синтетического дизельного топлива и других продуктов из синтез-газа.

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

№ 124111300035-9

Разработка катализаторов на основе природных и синтетических структурированных алюмосиликатов для гидрогенизационной переработки нефтяных фракций

Проект посвящен разработке научных основ конструирования, синтеза и применения новых материалов на основе алюмосиликатных нанотрубок, упорядоченных мезопористых оксидов кремния/алюмосиликатов и микро-мезопористых цеолитов в качестве компонентов катализаторов гидрогенизационных процессов переработки нефтяных фракций (гидроочистка, гидроизодепарафинизация, гидрофинишинг) в компоненты товарного дизельного топлива и базовых масел.

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

№ 124071200045-6

Методы получения и коллоидно-химические принципы составления многофункциональных пакетов присадок для производства смазочных материалов

Современное развитие машиностроения, широкое применение высокопроизводительных машин и механизмов было бы невозможным без использования смазочных масел, которые, в свою очередь, невозможно изготовить без высококачественных присадок. Наличие собственного производства масел имеет стратегическое значение, а независимость страны от импорта присадок – проблема ее военной, технической и экономической безопасности. До начала 1990-х гг. Россия полностью обеспечивала себя присадками всех типов, но после перемен в политической и экономической жизни страны российский рынок претерпел перемены, появилось большое количество иностранных фирм, практически полностью заполнивших эту нишу. С учетом экономических санкций, введенных в 2022 году в отношении Российской Федерации, перед отечественной нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленностью была поставлена важнейшая задача – обеспечить производство отечественных смазочных материалов высокоэффективными многофункциональными присадками отечественного производства. В этой связи, цель данного исследования состоит в разработке технологий производства различных типов присадок на основе отечественного сырья и создании многофункциональных пакетов присадок, позволяющих получать смазочные материалы, отвечающие современным требованиям. Исследования будут направлены на отработку технологий производства присадок (сульфонатных, фенолятных, сукцинимидных и дитиофосфатных) и создание их эффективных композиций, что решит проблему недостатка подобных продуктов на рынке. Проект включает в себя подбор технологических параметров для производства соответствующих типов присадок, исследование физико-химических и эксплуатационных свойств базовых масел с полученными присадками, а также разработку композиций присадок для смазочных материалов различного назначения. Разработка и исследование технологий производства сульфонатных, фенолятных, сукцинимидных и дитиофосфатных присадок на основе российского сырья позволит заполнить пробел на рынке и обеспечить доступность необходимых продуктов для местного производства и эксплуатации механизмов. Кроме того, разработка подобных технологий позволит снизить зависимость от импорта, укрепить и расширить ассортимент отечественного рынка присадок, а также использовать доступные российские ресурсы, что способствует ресурсосбережению. Кроме того, применение отечественных присадок может снизить негативное воздействие на окружающую среду, так как они могут быть произведены с учетом специфических особенностей местных природных условий и требований экологической безопасности. Результаты выполнения данного проекта будут являться основой для проведения проектных и опытно-конструкторских работ, направленных на строительство мало- и среднетоннажного производства исследованных типов присадок.

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

№ 124121700088-0

Разработка комплекса импортозамещающих присадок для нефтяных дизельных топлив

В данном проекте предлагается разработка рецептур, технологий и подготовка к промышленному выпуску наиболее востребованных и дефицитных типов присадок к нефтяным дизельным топливам – депрессоров, диспергаторов, противоизносных присадок. Как минимум, один из разработанных продуктов должен быть в ходе реализации проекта отобран Индустриальным партнером для приоритетного промышленного освоения, для этого продукта будет проведена подготовка к промышленному освоению и осуществлено внедрение в производство - выпущена опытно-промышленная партия. В связи с очень высоким уровнем востребованности на российском рынке, многие отечественные предприятия очень заинтересованы в разрабатываемых присадках. Кроме того, в связи с широким потенциальным спросом высока вероятность последующего тиражирования разработок.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

№ 124022100050-3

Разработка высокоэффективных металлсодержащих катализаторов на основе γ-Al_2O_3 для процесса неокислительного дегидрирования пропана

Пропилен является важным сырьем для производства пластмасс, полимеров и других химических соединений. Основными источниками для получения пропилена являются паровой крекинг отходящих нефтезаводских газов и каталитический крекинг тяжелых масляных фракций нефти. Причём выход пропилена в этих процессах существенно ограничен. За последние несколько лет во всем мире было предложено несколько технологий для повышения выхода пропилена, таких как дегидрирование пропана, диспропорционирование углерод-тетраолефинов в пропилен, превращение метанола в пропилен и каталитический крекинг алканов. Среди этих технологий наибольший интерес вызывает дегидрирование пропана, т.к. потенциал развития этого процесса огромен. В ходе протекания реакции пропан подвергаются дегидрированию на поверхности катализатора с образованием пропилена. В то же время существующие катализаторы имеют недостаточную активность и стабильность, что приводит к низкой эффективности процесса и высоким затратам производства. Для решения этой проблемы предлагается разработать новые металлсодержащие катализаторы на основе γ-Al_2O_3. Поэтому основной целью данного исследования является создание катализаторов дегидрирования пропана с повышенной активностью и селективностью по низшим олефином. Также очень важным является снижение содержания или полная замена в составе катализаторов токсичного оксида хрома и дорогостоящих благородных металлов. В рамках проекта будет проведено исследование влияния природы и концентрации добавок различных металлов, включая фосфор и бор, на каталитические свойства получаемых систем в процессе дегидрирования пропана. Будет исследовано влияние методов нанесения металлических компонентов на поверхность γ-Al_2O_3, таких как пропитка, ионный обмен и твердофазное смешения. Будут оптимизированы основные характеристики катализаторов, включая концентрацию активных центров, морфологию, размер и структуру частиц. Будут использованы различные методы исследования физико-химических свойств катализаторов, включая рентгенофазовый анализ, сканирующую и просвечивающую электронную микроскопию, термический анализ, термопрограммированная десорбция аммиака, низкотемпературная адсорбция-десорбция азота и др. Эффективность действия катализаторов будет оцениваться по показателям конверсии пропана, селективности образования низших олефинов и стабильности их работы. Предполагается, что разработанные катализаторы на основе γ-Al_2O_3 будут обладать высокой активностью, селективностью и стабильностью, что приведет к повышению эффективности процесса дегидрирования пропана. Результаты исследований могут иметь практическое применение в промышленности, особенно в области получения низших мономеров для производства пластмасс и полимеров. Создание эффективного катализатора для процесса дегидрирования пропана позволит снизить затраты производства и улучшить экологическую устойчивость процесса. Таким образом, проект по разработке высокоэффективных металлсодержащих катализаторов на основе γ-Al_2O_3 для процесса дегидрирования пропана имеет высокий потенциал для улучшения эффективности процесса и развития новых технологий в области газопереработки и газохимии.

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

№ 124032000101-2

Новые катализаторы и методы интенсификации процессов нефтепереработки и нефтегазохимии (гидрогенизация, дегидроароматизация, крекинг, метатезис, алкилирование, полимеризация, поликонденсация, пиролиз, реакции в низкотемпературной плазме и др.)

Целью настоящего исследования является создание новых высокоэффективных катализаторов для процессов нефтегазохимии и тонкого органического синтеза, а также разработка научных основ применения физических методов интенсификации химических реакций. Подавляющее большинство процессов нефтепереработки, нефтехимии, органического синтеза являются каталитическими. Совершенствование катализаторов этих процессов за счет использования новых материалов и нестандартных методов синтеза позволит в перспективе не только повысить экономическую и энергетическую эффективность целых отраслей, но и снизить их углеродный след за счет более полного использования сырья и снижения объема отходов. Так, в промышленности силиконов ежегодно расходуется и безвозвратно теряется 5.6 т платины, а ее вклад в стоимость всей продукции составляет более 30%. Разработка новых отечественных катализаторов также отвечает задачам импортозамещения. Полимерная промышленность России сегодня критически зависит от зарубежных поставок катализаторов; необходимо нарабатывать отечественные компетенции в каталитических подходах по переработке олефинов различной природы, что определяет актуальность задачи по синтезу и исследованию катализаторов олигомеризации и полимеризации олефинов. Создание новых катализаторов невозможно без развития соответствующих ex situ и in situ методов анализа. Одним из наиболее чувствительных и информативных методов мониторинга химических реакции и установления строения интермедиатов

являются различные виды масс-спектрометрии. Наибольшей популярностью при этом обладает масс-спектрометрия с ионизацией электрораспылением. Недостатком этого подхода является возможность протекания реакций непосредственно в источнике ионов масс-спектрометра. Необходима разработка методик мониторинга каталитических процессов с использованием других методов ионизации- матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией и DART. В ряде случаев разработка перспективных процессов (переработка диоксида углерода, конверсия природного и попутного газа, получение водорода из нефтяных и бытовых отходов, органический синтез на основе интернальных алкинов и т.д.) существенно ограничена термодинамическими и кинетическими факторами. Преодоление ограничений возможно путем использования физических методов интенсификации реакций, к которым можно отнести применение плазмы, нагрев с использованием адиабатического сжатия и фотокатализ. Помимо открытия новых путей осуществления целого класса процессов, перечисленные методы позволят напрямую использовать возобновляемую электрическую и/или солнечную энергию в химических реакциях, тем самым существенно снижая углеродный след получаемых продуктов. Для достижения поставленной цели предполагается решить ряд следующих задач: - разработка и оптимизация методов синтеза, модификации и исследования гетерогенных катализаторов (в том числе эмбриональных частей зародышей цеолитов, микро-мезопористых систем с регулируемой кислотностью, металлоценовых катализаторов, фотокатализаторов и др.) для процессов нефтегазохимии и переработки альтернативного нефти и возобновляемого сырья, тонкого органического синтеза, базирующегося на “мягких” и “зеленых” реакционных условиях, простых, коммерчески доступных и недорогих реагентах; - разработка новых подходов к синтезу каталитических систем и оптимизацию условий проведения реакций олиго- и полимеризации для создания высокоэффективных процессов получения практически важных олигомерных и полимерных продуктов; - исследование методов физического стимулирования химических процессов (низкотемпературная плазма, микроволновое излучение, адиабатическое сжатие и др.) для активации каталитических систем и изучения механизмов химических реакций; - изучение возможности управления фотокаталитическими реакциями превращения диаллиловых производных и исследование возможности фотокаталитической гетероциклизации с образованием гетероциклического ядра.

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

№ 124032000105-0

Высокоэффективные мембраны и мембранные материалы для процессов разделения и очистки газовых и жидких смесей. Мембранный катализ

Прогресс в области мембранных технологий обеспечивается поиском, изучением и созданием принципиально новых мембранных материалов, в том числе на основе химической и физической модификации уже существующих, созданием новых высокопроизводительных и высокоселективных мембран, разработкой новых процессов разделения газовых и жидких смесей на их основе. В ИНХС РАН ведутся исследования и разработки как фундаментального, так и технологически-ориентированного характера по следующим направлениям.

1. Исследование газотранспортных свойств новых полимеров и полимерных материалов (полинорборнены, полинафтилимиды, полибензимидазолы, полифениленоксид и другие) и взаимосвязи «структура-свойство» для теоретического обоснования направлений синтеза и модификации полимерных материалов для технологии мембранного разделения газовых смесей. Будут получены характеризационные параметры для исследуемых материалов и установлены взаимосвязи данных параметров с химической структурой.

2. Системное исследование транспортных и селективных характеристик мембранных материалов и мембран, в том числе российского производства, при разделении парогазовых смесей, образующихся в различных промышленных процессах (подготовка природного газа, выделение ценных органических компонентов из водных растворов биогенного происхождения, технологических и сбросных газовых потоков, организация замкнутых технологических циклов). Полученные данные будут использованы в качестве основы для разработки экономичных мембранных процессов в качестве замены традиционных технологий разделения или для улучшения их показателей при интеграции, а также как альтернативы для замещения импортных мембранных технологий.

3. Разработка подходов к созданию новых материалов со стабильными транспортными характеристиками в сочетании с оптимальными параметрами селективности выделения целевых компонентов, таких как CO_2 и конденсирующиеся углеводороды C3+, может позволить заменить существующие материалы в уже разработанных мембранных технологиях, например, в переработке природного газа, или помочь достичь прогресса в разработке принципиально новых мембранных технологий. С этой целью в работе будут исследованы реакции сшивания и полимераналогичных превращений высокопроницаемых дизамещенных полиацетиленов ПТМСП и ПМП. Будет установлено влияние химического строения полимера и функциональных групп на параметры селективного переноса. Будут разработаны общие подходы к созданию новых полимерных мембранных материалов на основе дизамещенных полиацетиленов, сочетающих стабильные потоки и повышенный уровень селективности выделения целевых компонентов из газовых смесей.

4. Важная научная проблема, имеющая прикладное значение - создание асимметричных и композиционных мембран, способных эффективно разделять газовые и жидкие среды при повышенных температурах. В ходе выполнения работы будут созданы композиционные и асимметричные мембраны для разделения газов и паров на основе таких термостабильных полимеров, как полисилоксаны, полиуретан-имиды, полиимиды, полинафтоиленфензимидазол и полиариленсульфоны. На основе разработанных мембран будут созданы разделительные модули, которые будут испытаны на смесях, приближенных по составу к реальным технологическим потокам, в том числе при повышенной температуре.

Применение в мембранной технологии термостабильных полимеров позволит решить проблемы мембранного разделения при повышенных температурах и интенсифицировать процессы химической технологии и нефтехимии.

5. Разработка мембранно-каталитических систем с использованием наноструктурированных оксидных катализаторов для селективного получения этилена методом окислительного дегидрирования этана, а также процесса выделения олефинов C2-C3 из их смесей с парафинами на полимерных мембранах с привитым сульфированным полистиролом в водородной форме. Изучение процессов получения водорода в процессе паровой конверсии спиртов C1-C2 и разложения аммиака с использованием мембранных реакторов на основе сплавов переходных металлов,

нанесенные на оксидный носитель и мембран из сплавов Pd.

Реализация процесса парового риформинга в мембранном реакторе с одновременным удалением водорода через мембрану на основе сплавов Pd позволяет получать водород высокой чистоты.

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

№ 124040800037-1

Фундаментальные основы новых каталитических технологий глубокой переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью

Проект направлен на создание фундаментальных основ новых каталитических технологий глубокой переработки ископаемого и возобновляемого углеродсодержащего сырья, включающих трансформацию сырья в синтез-газ, либо трансформацию углеводной компоненты растительного сырья в фурановые соединения, с последующей гетерогенно-каталитической конверсией синтез-газа в спирты, олефины, ароматические и алифатические углеводороды, и гомогенно-каталитической конверсией фурановых соединений, а также некоторых продуктов конверсии синтез-газа, в практически востребованные органические вещества с высокой добавленной стоимостью. Ранее научным коллективом были разработаны эффективные способы конверсии отходов нефтепереработки, попутного нефтяного газа, угля, торфа и отходов переработки растительного сырья в синтез-газ, а также конверсии углеводсодержащих отходов в фурановые соединения-платформы (5-гидроксиметилфурфурол и его производные, другие фурановые соединения). В настоящем проекте будут решаться задачи глубокой каталитической трансформации синтез-газа, продуктов его первичной конверсии, и фурановых соединений-платформ в органические продукты с высокой добавленной стоимостью, в том числе будут разрабатываться новые металлокомплексные и гетерогенные катализаторы, исследоваться и оптимизироваться каталитические процессы. Основные решаемые задачи: 1. Разработка методов получения, синтез, исследование строения и свойств новых C- и N-донорных лигандов (N-гетероциклические карбены и азотистые гетероциклы), которые позволили бы обеспечить высокую активность и стабильность металлокомплексных систем на основе никеля, палладия, рутения и др. переходных металлов в реакциях глубокой функционализации продуктов конверсии синтез газа (спиртов, олефинов, непредельных и ароматических углеводородов) с помощью реакций кросс-сочетания, гидроприсоединения и C-H функционализации. 2. Разработка методов получения, синтез, исследование строения и физико-химических свойств новых координационных соединений, Ni, Pd, Ru и др. переходных металлов с C- и N-донорными лигандами (N-гетероциклическими карбенами и азотистыми гетероциклами). 3. Исследование каталитической активности систем на основе Ni, Pd, Ru и др. переходных металлов и новых C- и N-донорных лигандов в реакциях кросс-сочетания, гидроприсоединения и C-H функционализации с участием непредельных и ароматических углеводородов, (гетеро)ароматических субстратов, в том числе в условиях фотоиндуцируемого катализа и механоактивации. Исследование трансформаций металлокомплексов в процессе катализа, определение природы активных центров (лиганд-связанные или безлигандные формы металла) и влияния структуры лиганда на активность и стабильность каталитических систем. 4. Разработка новых гомогенно-каталитических систем на основе Ni, Pd, Ru и др. переходных металлов и C- и N-донорных лигандов, и новых методов получения востребованных органических реагентов, биологически-активных и лекарственных веществ посредством реакций кросс-сочетания, гидроприсоединения и C-H функционализации с участием непредельных и ароматических углеводородов, (гетеро)ароматических субстратов, в том числе фурановых соединений, получаемых конверсией отходов переработки растительной биомассы. 5. Разработка методов синтеза и синтез новых каталитических материалов на основе переходных металлов и их оксидов и углеродных материалов с различной структурой пористости. Исследование каталитических свойств полученных материалов в реакциях органического синтеза (кросс-сочетание, C-H функционализация и др.), а также в различных электрохимических приложениях в качестве электрокатализаторов. 6. Разработка новых гибридных гетерогенных катализаторов на основе кобальта и других переходных металлов, а также компонентов кислотного типа (оксидов алюминия, кремния, цеолитов) для процессов каталитической конверсии синтез-газа в спирты, олефины, ароматические соединения, а также линейные и разветвленные алифатические углеводороды. 7. Исследование каталитических характеристик синтезированных гибридных катализаторов (селективность, производительность, стабильность каталитических свойств) в процессах конверсии синтез-газа при температурах 240-280 ºС в интервале давлений 2-8 МПа в непрерывном режиме эксплуатации в течение не менее 120 ч, установление взаимосвязей между структурой и составом гибридного катализатора, способом активации, производительностью и селективностью синтеза. 8. Разработка новых высокопроизводительных способов получения спиртов, олефинов, ароматических и алифатических углеводородов, применяемых в качестве сырья в производстве ПАВ, органических реагентов, присадок к топливам и смазочным маслам, путем конверсии синтез-газа на гибридных гетерогенных катализаторах при повышенных давлениях (2-8 МПа). 9. Разработка, изготовление и оптимизация лабораторных каталитических установок для комплексной переработки попутных нефтяных газов в востребованные химические продукты (спирты, олефины, ароматические соединения) и компоненты моторных топлив.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 124052700075-7

Создание и исследование новых каталитических материалов для целевого получения пропилена дегидрированием пропана

Пропилен является одним из важнейших крупнотоннажных полупродуктов нефтехимии. Основным промышленным способом его производства является каталитический или паровой крекинг нафты, который приводит к смеси углеводородов с долей пропилена ~10%. По сути, пропилен является побочным продуктом нефтепереработки. Неудивительно, что мировой тенденцией является разработка альтернативных, более атомно-эффективных технологий его целевого получения. Так, все большее значение приобретает метод неокислительного дегидрирования пропана, внедренный в практику с 1990 года. В основе этой технологии лежит использование нанесенного платинового ($Pt/Sn/Al_2O_3$) или хромового ($CrOx/Al_2O_3$) катализатора. Однако, применение обоих катализаторов имеет существенные недостатки, такие как высокая стоимость и сложность регенерации платинового катализатора и экологические ограничения при работе с

соединениями хрома. В последние годы были предприняты значительные усилия для разработки катализаторов дегидрирования пропана нового поколения, что доказывается существенным и неуклонным ростом количества публикаций по данной тематике в ведущих научных журналах. В поисковой системе SciFinder по теме проекта («non oxidative propane dehydrogenation») можно найти более 6700 научных статей, 4700 патентов и 120 обзоров только за последние неполные 4 года (2020 г – ноябрь 2023 г). Как следствие, к настоящему времени появился ряд альтернативных катализаторов дегидрирования пропана, среди которых особое место занимают оксидные каталитические системы. Помимо их относительной дешевизны и экологической приемлемости, в ряде случаев были достигнуты показатели каталитической эффективности, сопоставимые с таковыми для традиционных промышленных катализаторов на основе Pt и Cr. Согласно литературным данным, наилучшие перспективы имеют катализаторы на основе оксидов Co, V, Ga, Zn, Ti, Zr и некоторых других малотоксичных переходных металлов. Установлено, что их активность в реакции дегидрирования пропана и других алканов может регулироваться внесением ряда допирующих элементов. При этом влияние последних на (микро)структуру катализаторов и обусловленные этим изменения каталитических свойств редко анализируются на основе объективных данных о структурно-морфологических изменениях и носят, в основном, спекулятивный характер. Примечательно, что наряду с участием в катализе дегидрирования фрагментов кристаллических фаз, в ряде исследований была показана также возможная ключевая роль моно-атомных каталитических центров в инициировании этой реакции. Однако, в целом, фундаментальные аспекты катализа дегидрирования пропана на оксидных каталитических системах мало изучены. Целью данного проекта является разработка и изучение новых высокоэффективных катализаторов дегидрирования пропана на основе оксидов V, Ga и Zn, модифицированных добавками оксидов редкоземельных и переходных металлов, а также в ряде случаев соединениями азота и фосфора, нанесенных на Al_2O_3, SiO_2, TiO_2 и ZrO_2. Катализаторы должны проявлять устойчивость к действию высоких температур (550-750°C) в условиях реакции, а также в условиях регенерации. Это существенно повысит практическую значимость исследований, максимально приблизив их к реальным условиям промышленной эксплуатации катализаторов дегидрирования пропана. Всестороннее исследование катализаторов различными методами в том числе в режимах in situ/operando позволит определить атомное строение активных центров катализаторов, реакционный механизм и причины дезактивации. Полученные знания позволят реализовать атомарный дизайн эффективных катализаторов дегидрирования пропана в пропилен. Важность поставленной задачи заключается в разработке новейших каталитических систем с высокими эксплуатационными параметрами для целевого получения пропилена. В целом, реализация проекта внесет значительный вклад в понимание фундаментальных аспектов разработки широкого круга гетерогенных оксидных катализаторов, активно применяемых в современной промышленности.

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

№ 124112500031-6

Разработка комплексной технологии, сочетающей гидрогенизационные и окислительные процессы, для переработки нетрадиционного углеродсодержащего сырья в компоненты топлив и полупродукты нефтехимических производств

Проект направлен на решение проблемы отсутствия комплексного подхода и катализаторов отдельных стадий переработки нетрадиционного углеродсодержащего сырья (бионефть, тяжелые высокосернистые нефти, нефтяные фракции) в компоненты топлив и сырья для нефтехимии. В рамках проекта предполагается создание научных основ комплексной технологии на основе гидрогенизационных и окислительных процессов, сочетание которых будет подобрано под физико-химические характеристики сырья с целью его эффективного преобразования в продукты с высокой добавленной стоимостью, включая подбор и оптимизацию технологических режимов, а также разработку катализаторов.

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

№ 124122600051-2

Научные основы приготовления и масштабирования гетерогенных катализаторов для тонкого органического синтеза

Специфика научных организаций, специализирующихся в области катализа, заключается в разработке новых типов катализаторов и технологий на их основе для нефтеперерабатывающей, нефтехимической, азотной и газохимической промышленности РФ. Данная разработка включает в себя несколько этапов коммерциализации от лабораторного уровня до промышленной партии. В первую очередь необходимо отметить, что более 90% всей химической продукции, выпускаемой в мире и России, в частности, производится с применением на той или иной стадии каталитических технологий. В первую очередь это касается производства топлив, полимеров, удобрений, других химических продуктов, а также энергетики, экологии, фармацевтической и легкой промышленности. При этом степень использования каталитических процессов определяет общий технологический уровень страны, поскольку именно применение катализа позволяет повысить энергоэффективность и экологическую безопасность основных производств, снизить капиталоемкость оборудования и себестоимость продукции, а также расширить спектр выпускаемой продукции. При этом в современной России сложилась угрожающая ситуация, которая может привести к остановке основных химических производств в срок от 0,5 до 1,5 лет. Причиной остановки химического производства является санкционный запрет поставок катализаторов из-за рубежа. Дело в том, что сейчас в отечественной катализаторной отрасли наблюдается недостаточный высокий уровень отечественных катализаторов, что приводит к импортозависимости химических технологий. Например, в области нефтепереработки – на 60-70%, а в области азотной промышленности и крупнотоннажного производства полимеров (полиолефинов) – на 100%, и т.п. При этом, следует отметить, что объемы производства в РФ с применением каталитических технологий моторных топлив составляет свыше 3 трлн. ₽, продукции азотной промышленности – свыше 260 млрд ₽, а полимеров – свыше 150 млрд ₽. Преодолеть низкий уровень отечественных катализаторных производств невозможно простым копированием (воспроизведением) импортных катализаторов, поставляемых в РФ, поскольку российским компаниям поставляются только «устаревшие» марки катализаторов и постоянное технологическое отставание России от западных стран является закономерным фактом.

Вместе с тем, в отечественных НИИ РАН (ИК СО РАН, ИНХС РАН, ИОХ РАН и др.) в настоящий момент разрабатываются новые поколения катализаторов, которые могут быть востребованы для нефтепереработки, нефте- и газохимии и других отраслях химической промышленности. Однако, основной проблемой быстрого и успешного внедрения новых отечественных катализаторов является разрыв технологического масштабирования производства катализаторов на стадии апробации процесса опытного и опытно-промышленного уровня. Ранее обеспечивающие эту стадию проектные институты СССР ныне ликвидированы, а зарождающиеся новые инжиниринговые компании не обладают требуемым уровнем компетенций. Прямая передача лабораторной методики приготовления катализатора на катализаторных завод для промышленного выпуска продукции несет высокие риски не воспроизведения характеристик лабораторных катализаторов, полученных «в пробирке», при производстве промышленных партий катализатора. Для снижения данных рисков необходим масштабный переход технологий производств катализаторов, когда наработки опытных партий катализаторов производятся на оборудовании максимально приближенном к оборудованию катализаторных заводов. Решить данную проблему может комплексный подход, который с одной стороны будет развивать компетенции научных институтов в сторону повышения уровня готовности разработки по получению того или иного катализатора, в том числе осуществляя масштабирование способа получения катализаторов, а с другой стороны формирования кластера компетенций сотрудников научных организаций, позволяющих оказывать инжиниринговые услуги по научному сопровождению коммерциализации своих технологических разработок на катализаторных заводах. Основной задачей молодежной лабораторией является «проложить мост» между фундаментальной НИР и отечественными производителями катализаторов путем разработки технологических подходов производства катализаторов и соответствующей документации, которая была бы восприимчива для технологов катализаторных заводов.

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

№ 124122600055-0

Исследование и разработка гетерогенных катализаторов нефте(газо)переработки и полимеризации на основе магний-, кремний-, алюмосодержащих носителей и математическое моделирование процессов на вновь создаваемых катализаторах

Развитие экономики России в значительной степени базируется на эффективности использования природных углеводородных ресурсов. Ключевым направлением использования углеводородных ресурсов является их переработка в крупнотоннажную высокотехнологическую продукцию – высококачественные моторные топлива, полимеры, продукцию газохимии. Дополнительной задачей последнего времени является необходимость создания новых технологических решений по химической переработке значительного профицита природного газа в России. Ключевым направлением глубокой переработки углеводородного сырья является модернизация существующих и разработка новых каталитических процессов и катализаторов для их осуществления. Определяющими параметрами нанесённых катализаторов нефте(газо) переработки и нефтехимии являются как активность, селективность и стабильность каталитического действия, так и механическая прочность, минимальный перепад давления по реактору, высокая интенсивность тепло-и массообмена. Каждый из этих параметров во многом определяется свойствами используемых носителей. Соответственно, совершенствование параметров носителей и способов их приготовления, в сочетании с оптимизацией нанесённых катализаторов и процессов их производства является наиболее актуальной задачей в области катализаторов нефте(газо)переработки и нефтехимии. Такие каталитические процессы конверсии С1-С4 углеводородов, как парциальное окисление, изомеризация, дегидрирование, конденсация позволяют увеличить глубину нефте(газо)переработки. Продукты, получаемые в результате неокислительных и окислительных превращений С1-С4 углеводородов, находят широкое применение в качестве прекурсоров для синтеза многих промышленных продуктов с высокой добавленной стоимостью. Особенности катализатора, требуемая производительность и энергонапряженность процесса определяют тип реактора. Неокислительные процессы переработки С1-С4 углеводородов являются преимущественно процессами многотоннажными, с умеренным выделением или потреблением тепла реакции, это позволяет реализовывать в адиабатических и трубчатых реакторах. В то же время, окислительные процессы переработки С1-С4 углеводородов характеризуются высоким выделением тепла и концентрационными ограничениями из-за взрывобезопасных пределов ведения реакций. Современным подходом к исследованию и разработке таких процессов признан иерархический метод математического моделирования. Такой подход включает экспериментальные исследования разного масштаба, кинетические исследования, разработку кинетических моделей и математическое моделирование процессов в реакторах разного типа. Математическое моделирование процессов на базе результатов, полученных на уже применяющихся катализаторах, в новых условиях или в новых реакторах, позволит определить круг исследовательских задач и выявить новые пути повышения эффективности для известных процессов. Математическое моделирование процессов для вновь разработанных катализаторов позволяет определить оптимальные условия и конструкцию реактора для достижения высоких конверсий и селективностей по целевым продуктам. Среди прочих к числу основных каталитических процессов глубокой переработки углеводородного сырья относятся процессы получения полиолефинов – полиэтилена и полипропилена. Мировое производство полиолефинов существенно превышает производство любых других полимеров и продолжает расти высокими темпами. Производство полиолефинов в России в настоящее время составляет около 4,5 млн тонн/год, а к 2028 г. планируется увеличение производства этих полимеров до 10 млн тонн/год. Ключевой проблемой, как функционирования, так и развития в России полимерного комплекса является обеспечение его отечественными катализаторами полимеризации. Основные каталитические системы для процессов полимеризации основаны на применении титан-магниевых катализаторов и катализаторов газофазной полимеризации, в которых титан-магниевый компонент закреплен на широкопористом силикагеле. Перспективным направлением является также использование в процессе газофазной полимеризации этилена нанесенных катализаторов, содержащих металлоценовые или постметаллоценовые комплексы переходных металлов на носителе – силикагеле. Для создания технологической платформы по производству отечественных катализаторов полимеризации в проекте планируется решение следующих основных научных задач: исследования и разработка методов формирования «активированного» дихлорида магния, стереорегулирующих доноров в составе титан-магниевых катализаторов, а также разработка оптимальных составов титан-магниевых, металлоценовых, постметаллоценовых компонентов и технологических решений по их закреплению на носителе – силикагеле. Для решения поставленных задач

необходимы исследования и разработка методов синтеза носителя для катализаторов на основе силикагеля. Для осуществления крупнотоннажных каталитических процессов используются преимущественно адиабатические и трубчатые реактора, реактора с кипящим слоем. Для производства малотоннажной продукции находят отдельное применение микроканальные реактора. Эффективное использование вновь разработанных катализаторов возможно только с учетом особенностей их поведения в ходе каталитических реакций. Наряду с быстропротекающими химическими реакциями на катализаторе могут протекать относительно медленные физические процессы – например, формирование частиц полиэтилена в ходе процесса газофазной полимеризации. Учет всех существенных факторов, определяющих эффективность процессов в каталитических реакторах, возможен только на основе разработки и использования методов математического моделирования и детальных кинетических моделей каталитических реакций. Для математического моделирования каталитических реакторов полимеризации особое значение приобретает использование методов вычислительной гидродинамики, т.к. процесс в реакторе сопровождается существенным изменением физических свойств как катализатора, так и образующихся частиц полимера – полиэтилена или полипропилена. Использование новых катализаторов сопровождается ростом интенсивности процессов тепло(массо)переноса между реакционной средой и катализатором. Одним из наиболее актуальных современных мировых трендов в сфере интенсификации каталитических процессов является применение структурированных катализаторов, которые отличаются от традиционных систем существенно более низким гидравлическим сопротивлением и высокой интенсивностью тепло- и массообменных процессов, что позволяет создавать новые конструкции реакторов с улучшенными технико-экономическими характеристиками, а также открывает новые возможности по управлению тепловыми режимами в теплонапряженных процессах. Весьма актуальной является разработка структурированных катализаторов новых геометрических форм, в частности на основе микроволокнистых и микроканальных носителей. Такая разработка требует применения современных методов математического моделирования, в том числе основанных на детальном гидродинамическом моделировании. Другой актуальной тенденцией в мировой науке и технической практике является применение нестационарной парадигмы к разработке новых каталитических процессов. В основе такой разработки может лежать как целенаправленное использование тепловой нестационарности каталитических слоев, на которой уже базируется целое семейство новых промышленных каталитических технологий – реверс-процессов, так и совмещенные хемосорбционно-каталитические подходы. Доказано, что динамическое сочетание сорбционных и каталитических явлений в каталитической системе открывает принципиально новые пути к управлению тепловыми режимами каталитических процессов, повышению выхода продуктов в системах с жесткими термодинамическими ограничениями и другим технико-экономическим преимуществами перед традиционными стационарными процессами. Разработка таких технологий также невозможна без применения современных методов математического моделирования. Таким образом, предлагаемый проект представляет собой единый научный цикл, включающий: а) разработку широкой номенклатуры оксидных носителей; б) исследования и синтез ряда катализаторов для нефте(газо) переработки и нефтехимии, включая процессы полимеризации; в) разработку математических моделей основных типов каталитических реакций с учетом специфики вновь разрабатываемых катализаторов и кинетики каталитических реакций; г) исследования и разработку технологических решений по эффективному осуществлению процессов на вновь разработанных катализаторах, д) разработку теоретических основ новых каталитических процессов, в том числе с использованием структурированных микроволокнистых и микроканальных катализаторов, а также нестационарных и сорбционно-каталитических подходов. Выполнение проекта позволит решить ряд важнейших народно-хозяйственных задач, в том числе по обеспечению импортонезависимости отечественного химического комплекса.

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

№ 124122600068-0

Разработка и исследование гетерогенных и гомогенных катализаторов для процессов нефтехимии и тонкого органического синтеза

Одним из актуальных направлений современной науки о катализе является разработка непрерывных способов синтеза органических соединений с использованием гетерогенных катализаторов и проточных реакторов. Для реализации многостадийных превращений органических соединений в проточных реакторах необходимо разработать способы получения гранулированных бифункциональных катализаторов, содержащих в своем составе металлические и кислотные центры, при этом в последние годы акцент сместился на катализаторы, не содержащие в своем составе благородных металлов. Для достижения прогресса в этом направлении требуется разработка способов синтеза гранулированных композитных носителей и нанесенных катализаторов на основе переходных металлов (металлы, фосфиды и/или карбиды Ni, Cu, Co), исследование закономерности протекания сложных органических реакций (восстановительная этерификация карбонильных соединений, внутри и межмолекулярная циклизация, изомеризация и др.) с использованием этих катализаторов. Еще одно актуальное направление современного катализа связано с разработкой гомогенных катализаторов и каталитических систем. В этой связи фторированные ароматические соединения бора представляют интерес как в качестве самостоятельных каталитических систем, так и как сокатализаторы процессов тонкого органического синтеза и полимеризации. Возможность введения различных заместителей в ароматическое кольцо борорганического соединения открывает перспективы регулировки электронных и, как следствие, каталитических свойств в широких пределах. Поиск и разработка новых способов синтеза фторароматических борорганических соединений с различными заместителями, а также исследование взаимосвязи их электронных свойств и каталитической активности представляют собой актуальные задачи. Важным направлением исследований в рамках проекта представляется разработка и исследование каталитических систем для получения полимерных материалов с высокой и сверхвысокой молекулярной массой. Такие материалы обладают рядом специфических физико-химических и практически полезных свойств. Одним из наиболее перспективных подходов к получению таких полимерных материалов с заданными свойствами представляется использование каталитических систем пост-металлоценового типа на основе комплексных соединений титана с феноксо-иминными лигандами. Преимущества таких лигандов связаны с возможностью варьирования их стерических и электронных свойств в широких диапазонах, что позволяет осуществлять тонкую настройку реакционной способности катализатора. Особое место занимают комплексы, содержащие атомы фтора в иминных фрагментах лигандов. В случае их использования

возможно осуществление «живущей полимеризации», в ходе которой рост цепи протекает со скоростью, намного превышающей таковые для реакций передачи и обрыва цепи. Благодаря этому появляется возможность проводить полимеризацию в хорошо контролируемом режиме и получать полимерные материалы с регулируемыми характеристиками. Истощение ископаемых источников сырья, рост народонаселения, загрязнение окружающей среды и другие современные проблемы диктуют необходимость разработки новых технологий, основанных на использовании возобновляемых природных источников сырья. В настоящее время существующие процессы переработки возобновляемого сырья по своей эффективности значительно уступают нефтехимическим процессам. Поэтому разработка новых технологий для эффективной трансформации возобновляемого сырья является актуальной современной задачей. Катализ и каталитические технологии играют важную роль в интенсификации таких процессов. Так, применение CO_2 в качестве строительного блока, позволяет получать за счет встраивания CO_2 по связи C-M (M = C, H, N и др.) широкий круг практически важных органических соединений, таких как кислоты, сложные эфиры, лактоны, циклические и ациклические карбонаты, полиалкиленкарбонаты и поликарбонаты. В тоже время в процессах с участием глицерина (побочного продукта при производстве биодизельного топлива) образуются широко востребованные продукты, такие как золькеталь, трет-бутиловые эфиры глицерина, карбонат глицерина, эпихлоргидрин, 1,2-пропиленгликоль, окись пропилена, глицидол и др. Особый интерес представляет синтез ценных химических продуктов из соединений растительного происхождения, например, природных монотерпеноидов и их оксимов (изо-эвгенол, цитраль, фенхон, карвон и др.), получаемых экстракцией природных соединений, а также сахаров (арабиноза и др.), получаемых из отходов сельскохозяйственного производства. Проведение упомянутых выше процессов в аппаратах с интенсивным тепло- и массообменом позволяет повысить скорость реакции. Так, кавитация, благодаря возникновению локальных горячих точек, турбулентности и циркуляции жидкости в реакторе позволяет в значительной степени ускорить синтез биодизеля в результате реакции этерификации между глицерином и жирными кислотами. Еще одним подходом в решении данной проблемы может быть использование каталитических микроканальных систем (КМС). Проведение реакций в КМС позволяет повысить скорость массо- и теплопередачи и, таким образом, обеспечить изотермичность процесса во всем реакторе. Скорость реакции и, соответственно, эффективность процесса в микрореакторе выше по сравнению с традиционным реактором. Кроме того, проведение процесса в микрореакторе может позволить решить проблему неравномерности температур и неоднородности концентраций. Это может привести к повышению селективности процесса и выходу продукта. Таким образом, применение КМС, аппаратов с интенсивным массообменом и гидродинамической кавитацией для проведения каталитического процесса может обеспечить условия «зеленого» и мягкого синтеза заданных продуктов и, следовательно, позволит разработать эффективные и экологически чистые процессы с участием возобновляемого сырья (сахара, природные монотерпеноиды и их оксимы, глицерин, диоксид углерода и др.). В последнее время особую актуальность приобретает разработка оригинальных способов получения органических соединений, используемых в импортозамещающих технологиях получения практически важных материалов, среди которых можно выделить особо прочные полимерные покрытия и биопластики. В основе создания эффективных, экологически благоприятных и экономически целесообразных технологий получения мономеров, пластификаторов, фунгицидов и др. продуктов, применяемых в производстве синтетических и композитных материалов, лежит разработка методов синтеза новых катализаторов (металлокомплексных, суперосновных, суперкислотных и др.), сочетающих в себе стабильность, высокую активность и селективность. Разработка и исследование таких катализаторов в процессах функционализации (введение гетероатомов в структуру исходного углеводорода, изменение его остова путем перегруппировок и димеризации и др.) продуктов переработки биомассы и ископаемых ресурсов является основой создания современных импортозамещающих технологий производства востребованных промышленностью веществ с высокой добавленной стоимостью. Переработка сложных многокомпонентных реакционных смесей является важной практической задачей как в сфере существующей нефтепереработки и нефтехимии, так и в перспективных технологических и энергетических областях, связанных с переработкой возобновляемого сырья. Каталитические процессы играют в этих отраслях ключевую роль и фактически определяют их общую эффективность. В этой связи разработка новых и оптимизация существующих технологий в нефтехимии и нефтепереработки является крайне актуальной практической задачей. Наряду с быстропротекающими нестационарными процессами химической природы, на катализаторах протекают медленные физические процессы, провоцирующие изменение со временем активности катализатора. Как правило, речь идет о дезактивации или снижении активности и селективности катализаторов в ходе каталитической реакции. Для решения данной задачи необходима разработка методов, основанных на разделении собственно каталитического цикла и более медленного процесса дезактивации. Это позволит более надежно выявить параметры, влияющие на дезактивацию катализаторов, а также учесть влияние изменения состава сырья и условий проведения реакций на потерю активности катализатора. Создание инновационных технологий получения моторных топлив и ценных нефтехимических продуктов из попутного нефтяного газа и неутилизируемых нефтезаводских газов с использованием цеолитных катализаторов нового поколения, требует знания кинетики дезактивации этих катализаторов коксом и их окислительной регенерации. Исследования этих процессов позволят создать высокоэффективные технологии создания и использования цеолитных и силикоалюмофосфатных катализаторов нового поколения для отечественной промышленности.

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

№ 124122800014-5

Методы формирования активной поверхности оксидных и углеродных материалов для получения адсорбентов и катализаторов

Разрабатываемые в рамках данного проекта подходы будут способствовать появлению новых конкурентоспособных отечественных катализаторов для ряда важных процессов и функциональных углеродных материалов, позволяющих преодолеть сегодняшнюю зависимость российских предприятий от импортной продукции, что стратегически важно для технологической и экономической безопасности страны. Для формирования активной поверхности как катализаторов, так и углеродных материалов с целью повышения их эффективности, требуется развитие новых методических подходов к синтезу. Селективное получение заданных продуктов при гидрировании карбонильных соединений различного состава является актуальной задачей. Регулирование направлений превращений химических

соединений возможно за счет выбора предшественника катализатора и метода его синтеза. Использование в качестве предшественника слоистых двойных гидроксидов, введение в структуру атомов переходных металлов и использование различных видов воздействий на стадии синтеза, позволяют создавать моно- и полиметаллические каталитические композиции, регулировать размер, форму нанесенных частиц, электронное состояние активного металла, а также варьировать кислотно-основные и текстурные свойства катализатора. Использование непористых носителей с высокой геометрической поверхностью, например, углеродные пены, позволяет осуществлять быструю диффузию продуктов реакции в объём газовой фазы и делает возможным проведение реакций в условиях высоких линейных скоростей. Перспективным подходом к созданию адсорбционных и каталитических центров с заданными свойствами является и использование в качестве носителей катализаторов углерод-минеральных композитов. Современные технологии производства полимерных материалов основываются на применении в качестве исходного сырья различных α-олефинов. Так, 1-бутен полимеризационной чистоты необходим для производства линейного полиэтилена низкой плотности. В последние годы промышленное производство 1-бутена расширялось за счёт внедрения процессов димеризации этилена, в которых используются гомогенные металлокомплексные катализаторы. Эти катализаторы недостаточно стабильны при эксплуатации, а их выделение из реакционных растворов вызывает трудности. Этих недостатков лишены гетерогенные металлсодержащие катализаторы, однако они не обеспечивают высокий уровень селективности, который необходим при производстве 1-бутена полимеризационной чистоты. В качестве гетерогенных катализаторов селективной димеризации этилена известны различные металлоорганические каркасные структуры (MOF). Вместе с тем, подходы к синтезу таких катализаторов относительно сложны, а применяемые для этого соединения не всегда доступны. Основным способом получения этилена, одного из важнейших субстратов органического синтеза, является пиролиз тяжелых нефтяных фракций. Однако в последнее время на рынке углеводородного сырья наблюдаются сдвиги, связанные с продвижением «зеленой» повестки, что приводит к изменению сырьевой базы для производства этилена в пользу природного газа. Этот способ производства этилена предполагает получение ацетилена из природного газа с последующим его селективным гидрированием в этилен. Водород, необходимый для гидрирования ацетилена, предпочтительно получать с использованием также «зелёных» технологий. Чтобы получить катализатор, который мог бы обеспечить селективное гидрирование ацетилена в этилен азото-водородной смесью, необходимо выполнить исследования, направленные на установление взаимосвязей между природой активного компонента катализатора гидрирования и его способностью вести процесс в направлении образования целевого продукта – этилена. Процесс получения водорода из аммиака является энергозатратным, поэтому для повышения общей эффективности получения «зеленого» этилена также необходимо создать катализаторы, которые бы вели этот процесс разложения аммиака при возможно более низких температурах. Кроме производства этилена в последнее время наблюдается ежегодное увеличение мирового спроса на пропилен из-за роста объемов производства полипропилена, акрилонитрила и т.д. Для сокращения существующего разрыва между спросом на пропилен и его производством разрабатываются целевые способы получения пропилена, для которых перспективными катализаторами являются молибденсодержащие композиции. Варьируя условия приготовления и предварительной обработки, природу носителя, содержание активной фазы можно получать системы с разной природой и дисперсностью поверхностных соединений молибдена. Важной задачей на сегодняшний день остается повышение селективности катализаторов на основе оксидов молибдена, а также стабильности активных компонентов. Одним из способов ее решения является использование носителя с определенными кислотно-основными свойствами, обеспечивающего необходимый тип взаимодействия с активными компонентами. Решение фундаментальных вопросов о закономерностях формирования, природы и состояния активных компонентов молибденсодержащих катализаторов позволит создавать эффективные полифункциональные катализаторы для таких процессов, как превращение этилена в пропилен и дегидрирование пропана. Несмотря на развитие тенденции по внедрению продуктов «зеленой химии» в качестве источников энергии взамен полезным ископаемым, на данный момент продукты переработки нефти являются основными и преобладающими источниками энергии во многих областях промышленности. Ужесточение экологических требований создает необходимость изменения углеводородного состава бензинов, в первую очередь, в сторону снижения доли ароматических углеводородов. Выполнение задач по сокращению содержания ароматики усложняется тем, что одним из базовых компонентов в товарных бензинах на российских НПЗ является риформат – продукт процесса каталитического риформинга, который обогащен до 60-80% ароматическими углеводородами. Разработка комплексного подхода, позволяющего, с одной стороны, получать компоненты бензинов с высоким октановым числом, с другой стороны, ограничить содержание ароматических углеводородов является актуальной задачей. Создание бифункциональных катализаторов на основе анион-модифицированных цирконий оксидных систем для реакции изомеризации С5-С7 алканов может решить задачу получения высокооктанового экологичного компонента бензинов, а разработка способов модифицирования алюмоплатиновых катализаторов риформинга решить задачу по снижению доли ароматических углеводородов в получаемом риформате. Каталитический крекинг сырья нефтяного происхождения на цеолитсодержащих катализаторах является одним из основных вторичных процессов нефтепереработки. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к утяжелению сырья крекинга и вовлечению в переработку различных типов растительного сырья. Одновременно возрастает содержание в нем органических соединений серы, азота и кислорода, что в свою очередь приводит к загрязнению продуктов крекинга, а также к увеличению токсичных выбросов оксидов SOx и NOx. В тоже время непрерывно возрастают требования к качеству моторных топлив – повышаются требования к октановым характеристикам бензинов. Применение специализированных компонентов в составе каталитических систем позволит, во-первых, регулировать углеводородный состав продуктов крекинга, в том числе повысить содержание компонентов с высокой детонационной стойкостью и, во-вторых, снизить количество выбросов SOx и NOx с газами регенерации. Не менее важным в условиях развития новых технологий становится и расширение областей применения некоторых промышленных продуктов нефтехимического производства. Одним из них является технический углерод (ТУ). Уникальные свойства ТУ позволяют создавать на его основе новые функциональные материалы. Функционализация поверхности кислородсодержащими группами делает этот материал гидрофильным, меняет кислотно-основные свойства поверхности. Термообработка в среде углеводородов и активация кислородсодержащими газами дает возможность получать композиционные материалы, которые будут обладать особой текстурой и функциональным покровом поверхности. Нанесение на поверхность углеродных композитов органических соединений открывает ещё одно направление их использования – в качестве биосорбентов. Несмотря на большой объем публикаций в данной области, остается актуальным вопрос избирательной адсорбции патогенных молекул. Углеродные адсорбенты считаются одними из наиболее перспективных материалов для улавливания диоксида углерода, выбросы которого являются

основным фактором изменения климата. Универсальные возможности технологии получения функциональных материалов на основе технического углерода открывают перспективы по созданию эффективных углеродных материалов для всех типов электрохимических систем с различной конструкцией и принципом действия: от батарей и топливных элементов до суперконденсаторов и Ме-ионных (литий, натрий и калий) аккумуляторов. Особая структура пор специальных материалов, полученных «матричным синтезом», открывает перспективы их использования и в качестве активных сорбентов для извлечения тяжелых металлов. В настоящее время в технологии получения металлов остается не до конца решенной проблема извлечения остаточного содержания дорогостоящих компонентов из бедных технологических растворов, которая усложняется еще тем, что эти растворы содержат на порядок и более превышающие концентрации других металлов, повышенный солевой фон и т.д. Создание новых материалов всегда требует развития концептуальных научных подходов к их исследованию для определения ключевых параметров, влияющих на функциональные свойства. Задача установления взаимосвязи «структура-свойства» успешно может быть решена комплексным использованием современных инструментальных методов, применением особых методических подходов, а также за счет привлечения методов математического моделирования.

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

№ 124110200006-3

Сравнительные скрининговые и ресурсные испытания кислотных гетерогенных катализаторов олигомеризации пропилена для получения тримеров и тетрамеров пропилена в лабораторных условиях

Олигомеризация пропилена – это важный процесс нефтехимического производства для получения тримеров и тетрамеров пропилена, которые являются ценным сырьем для производства алкилфенолов, присадок к маслам и ряда других ценных продуктов органического синтеза. Тетраполипропилен, например, является исходным компонентом в синтезе додецилфенола, полиоксиэтиленового эфира, дисульфоната алкилдифенилового эфира. Процесс олигомеризация пропилена осуществляется в проточном реакторе с фиксированным слоем гетерогенного кислотного катализатора. Реактор имеет конструкцию кожухотрубного аппарата с эффективным теплообменом и поддержанием температурного режима процесса. В качестве теплоносителя применяется конденсат водяного пара, обеспечивающий эффективное снятие тепла выделяющийся в результате экзотермической реакции олигомеризации пропилена. Реакционная смесь на выходе из реактора охлаждается, олигомеризат отделяется в делителе жидкость-газ.

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

1.10 Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов

№ 124052100097-5

Восстановительные превращения гетероатомных соединений тяжёлых нефтей в низших спиртах

Разработка эффективных технологий глубокой переработки тяжёлых нефтей и их компонентов остаётся одним из важнейших приоритетов научно-технологического развития химической промышленности. Наряду с высокой долей высококипящих углеводородных фракций тяжелые нефти содержат большое количество органических гетероатомных соединений, включающие кислород, серу, азот, металлы (прежде всего V и Ni), которые в совокупности резко снижают эффективность традиционных каталитических технологий переработки тяжелых нефтей. Настоящий проект направлен на создание научных основ конкурентоспособных технологий переработки тяжелых нефтей путем восстановительной трансформации гетероатомных соединений тяжелых нефтей в низших спиртах. Важной фундаментальной задачей проекта является детальное исследование механизма и закономерностей восстановительных процессов с использованием низших спиртов в качестве доноров водорода в условиях реакций межмолекулярного переноса водорода в присутствии гетерогенных катализаторов. Выбор низших спиртов (метанола, этанола и изопропанола) в качестве восстановительной реакционной среды обеспечит возможность проведения гетерогенно-катализируемых восстановительных превращений гетероатомных компонентов тяжёлых нефтей без использования газообразного водорода, что открывает перспективы для новых конкурентоспособных технологий переработки тяжёлых компонентов нефтей путем восстановительной трансформации и/или удаления гетероатомных соединений. Авторы проекта впервые планируют применить в сочетании со спиртами сульфидированные катализаторы на основе молибдена, кобальта и никеля для отработки новых моделей промышленных процессов десульфирования и повышения их эффективности. В случае успешной реализации научной идеи, заложенной в основу проекта, восстановительные превращения сероорганических соединений тяжёлой нефти с использованием низших спиртов могут стать в будущем реальной альтернативой традиционным промышленным технологиям восстановительного десульфирования тяжёлых высокосернистых нефтей. При разработке и изучении процессов трансформации гетероатомных компонентов тяжелых нефтей наряду с процессами десульфирования необходимо рассматривать и процесс деметаллизации, прежде всего – удаления ванадия, сульфиды которого активно образуются в условиях высокотемпературной обработки тяжелых фракций нефти, накапливаясь на поверхности и в порах катализаторов. Причём происходят как восстановительные, так и невосстановительные превращения соединений ванадия (например, ванадилпорфиринов). Невосстановительные превращения ванадилпорфиринов могут играть не менее важную роль не только в общих процессах деметаллизации нефти, но и в процессах десульфирования. Поэтому выявление новых превращений ванадилпорфиринов тяжёлой нефти в условиях термического воздействия и понимание характера их химических превращений является важным для развития фундаментальных аспектов процессов деметаллизации. Предложенный проект учитывает комплексный характер научной проблемы и сформулированных задач, что подразумевает сложную взаимосвязь химических и физико-химических процессов, реализующихся в ходе трансформации гетероатомных соединений тяжёлой нефти в низших спиртах (что предложено впервые) в присутствии сульфидированных катализаторов. Поэтому планируется проведение сопряжённых исследований с применением расширенного комплекса взаимодополняющих инструментальных методов (см. текст заявки), в т.ч. в режиме in situ, комбинируя их с традиционными химическими и кинетическими

подходами. Для этого коллектив исполнителей проекта сформирован из высококвалифицированных химиков и физиков – специалистов в области катализа, физической химии, инструментальных методов исследований, органической химии и химии неорганических материалов, имеющих успешный опыт многолетней совместной работы по проведению фундаментальных междисциплинарных исследований.

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

№ 124111300045-8

Плазмохимический синтез водорода из углеводородов

В проекте предлагается создание инновационных технологий по переработке углеводородов (метана, тяжелой нефти, мазута и др.) с применением равновесной и неравновесной газоразрядной плазмы. В начальной стадии сырье подвергается воздействию дуговой плазмы. В этом случае источниками плазмы могут быть водоохлаждаемые электроды, либо электродуговые плазмотроны. Здесь углеводородные молекулы сначала разбиваются в составные атомы и синтезируются в новые фракции, в том числе в водород, ацетилен, метан, а освободившийся углерод осаждается на электродах. В дальнейшем вновь образованные газообразные фракции проходят несколько стадий переработки в высоковольтной газоразрядной плазме, где превращаются в водород и углерод. Это происходит благодаря плазмохимическим реакциям с участием высокоэнергичных электронов, которые при взаимодействии с молекулами углеводородов в состоянии разбить углеводородные связи. После прохождения каждой стадии обработки необходимо путем сепарирования выделить из газовой смеси водород. Как показывают предварительные исследования, при плазмохимической конверсии как метана, так и тяжелых углеводородов в сильноточном разряде основная доля в газообразной фазе приходится на водород, метан, и ацетилен, а на электродах и на стенках камеры образовываются углеродные наноструктуры. Воздействие на такую смесь газов объемным высоковольтным разрядом будет осуществлять дальнейшее разбиение этих молекул на составные части с образованием углерода и молекулярного водорода. В финишной стадии будет установлен высоковольтный фильтр для улавливания остатков сажевых частиц. Таким образом, из углеводородов будет получен водород, углеродные наноструктуры и технический углерод. Предлагаемый проект направлен на решение задачи по переходу к водородной энергетике, углубленной переработке нефти и природного газа с получением «зеленого» водорода и углеродных наноструктур, а также создания научных основ по переработке углеводородов с помощью газоразрядной плазмы. Для этого предполагается: 1) Создать оригинальные установки по организации электрических разрядов в углеводородах. 2) Провести полномасштабные эксперименты по исследованию механизмов переработки газообразных углеводородов с помощью газоразрядной плазмы в широком диапазоне токов, напряжений разряда с определением выхода водорода и углеродных наноструктур, таких как, углеродные нанотрубки, фуллерены. 3) Провести экспериментальные исследования результатов воздействия плазмы электродугового разряда с охлаждаемыми электродами на углеводородное сырье. 4) Провести экспериментальные исследования результатов воздействия плазмы электродугового плазмотрона на углеводородное сырье. 5) Провести экспериментальные исследования результатов воздействия неравновесной плазмы тлеющего разряда на углеводородное сырье. 6) Провести анализ продуктов переработки с привлечением современного оборудования (в частности, хроматографический и масс-спектрометрический анализ), в том числе твердых отложений, в которых прогнозируется обнаружение наноструктур (сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, ИК-спектрометрия, рентгеноструктурный анализ). 7) Сформулировать физико-математические модели рассматриваемых в проекте разрядов с учетом широкого набора плазмохимических и химических реакций, происходящих в плазме газового разряда и на их основе провести численные эксперименты, которые позволят спрогнозировать и описать основные характеристики разрядов в «экзотических» условиях. Решение представленных подзадач позволит разработать методику получения водорода, фуллеренов, нанотрубок, графеновых чешуек из метана и газообразных углеводородов, а также описать поведение разрядов в газообразных углеводородах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

№ 124121000137-2

Исследование состава продуктов дериватизации сернистых соединений тяжелых нефтей различных НГП методом жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии высокого разрешения на основе орбитальной ионной ловушки

Работа выполняется в рамках гранта РНФ по мероприятию «Проведение исследований на базе существующей научной инфраструктуры мирового уровня» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, том числе молодыми учёными, по научному проекту 21-73-20032, руководитель проекта Канатьева А. Ю., с использованием объекта инфраструктуры Центр коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» САФУ.

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

№ 124111200104-3

Каталитические и комбинированные с СВЧ-полем технологии для получения энергоносителей с низким углеродным следом

Актуальность Проекта основывается на востребованности технологий облагораживания тяжелого углеводородного сырья уже на стадии подготовки к транспортировке.

В числе наиболее сложных задач – снижение содержания серы в нефти, подготавливаемой для транспортировки трубопроводным способов.

Серосодержащие соединения характеризуются высокой токсичностью и вызывают коррозию перекачивающего оборудования.

Снижение содержания серы и других трудноперерабатываемых компонентов снижает нагрузку на

перерабатывающие мощности нефтехимического комплекса России. Результатом реализации проекта будет разработка новых способов облагораживания тяжелого углеводородного сырья на стадии подготовки к транспортировке и переработке.

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

1.11 Технологии рециклинга полимерных отходов

№ 124032000055-8

Создание, развитие и усовершенствование технологических основ процессов переработки углеродсодержащего сырья для получения новых материалов и продуктов с высокой добавленной стоимостью

Знания о механизмах реакций, принципах работы и структуре активных центров катализаторов, полученных при изучении фундаментальных закономерностей химических превращений, должны создавать научные основы технологических процессов переработки углеродсодержащего сырья и синтеза новых материалов и продуктов с высокой добавленной стоимостью. Необходимость понимания на фундаментальном уровне влияния отдельных факторов (условия проведения процесса, тип реактора, возможные пути использования побочных продуктов, проблем, возникающих при масштабировании процессов) на выход и качественные характеристики получаемых продуктов и материалов особенно актуально. Направления работ, предлагающиеся в данной теме, выводят исследования и разработки на новый технологический уровень, создавая базу для масштабирования процессов и создания технологий для предложений реальному сектору экономики. Решение технологических задач можно разделить на несколько направлений. 1. Получение комплекса научных данных по основам усовершенствованной экологически чистой технологии получения алкилбензина – продукта с высокой добавленной стоимостью. Реализация проекта в промышленности позволит создать конкурентоспособный инновационной процесс производства высокооктановых компонентов топлив (алкилата, не содержащего олефиновые и ароматические углеводороды, с октановым числом по исследовательскому методу от 95) из олефинсодержащих отходов процесса каталитического крекинга вакуумного газойля. 2. Разработка фильтрационных мембран для фракционирования нефти, регенерации нефтепродуктов для повторного использования. Разрабатываемые мембраны будут химически устойчивы к разделяемым углеводородам, будут обладать высокой стойкостью к засорению смолисто-асфальтеновой фракцией и обеспечивать высокую эффективность очистки нефтепродуктов от примесей. Благодаря высокой энергоэффективности фильтрации и селективности мембран такие процессы позволят повысить глубину переработки углеродсодержащего сырья и качество конечного продукта, а также снизить стоимость процессов очистки 3. Развитие технологий превращения CO_2 как возобновляемого синтона С1 в продукты с высокой добавленной стоимостью – циклические и линейные карбонаты. Разработка химических и технологических решений для увеличения эффективности каталитического синтеза и усовершенствование каталитических технологий их синтеза необходимый шаг для получения важного класса реагентов, широко применяемых в различных областях промышленности (химические реагенты, растворители, электролиты, топливные добавки). 4. Разработка методик преобразования синтетических полимеров, как углеродсодержащих прекурсоров, в пористый углеродный материал или металл-углеродные нанокомпозиты не только важна с точки зрения переработки полимерных отходов, но и как инновационный способ получения новых материалов. Конверсия полимеров позволит частично решить экологическую проблему утилизации полимерной продукции, а также получить углеродные материалы с высокой добавленной стоимостью, благодаря их функциональным свойствам. Работа будет включать: исследование пиролиза полимеров в присутствии активирующего агента (КОН), а также влияния условий синтеза пористых углеродных материалов на их структурные характеристики и функциональные свойства; исследование пиролиза полимеров при одновременном присутствии активирующего агента (КОН) и соединений переходных и/или благородных металлов с формированием высокопористых металл-углеродных нанокомпозитов с моно- и биметаллическими наночастицами, гомогенно распределенными в пористой углеродной матрице. Достигнутые результаты могут послужить заделом для создания технологических основ процесса переработки полимерных отходов в пористые углеродные материалы с высокой добавленной стоимостью. 5. Синтез углеводородов по методу Фишера-Тропша, интерес к которому снизился после открытия обширных месторождений нефти в Аравии, Северном море, Нигерии и Аляске, вновь испытывает подъем в связи с созданием нового класса катализаторов и типов реакторов. Начиная с 1992г. началось строительство новых заводов в ЮАР (Mossgas, 900 тыс. т/г), Малайзии, Катаре (Shell, 500 тыс. т/г), Узбекистане. Свои проекты в области синтеза Фишера-Тропша разной степени проработки имеют также компании Chevron, Conoco, BP, ENI, Statoil, Rentech, Syntroleum и др., используя технологию GLT. В нашей работе будут изучены кинетические закономерности трехфазного процесса Фишера-Тропша и основные принципы моделирования реакторов для его осуществления. Будет выполнено моделирование процессов, протекающих в присутствии наноразмерных железных катализаторов, реализуемых в слурри-реакторах автоклавного и колонного типа. Будут определены пути масштабирования процесса Фишера-Тропша, протекающего в слурри-реакторах в присутствии наноразмерных железных катализаторов. 6. Обеспечение сохранности свойств смазочных материалов для различных условий эксплуатации, в том числе в критических климатических условиях, является важной практической задачей. В рамках реализации научной темы будут разработаны оригинальные композиции смазочных материалов, содержащих в своем составе многофункциональные присадки, позволяющие повышать длительность эксплуатации смазочных материалов без ухудшения эксплуатационных характеристик узлов трения, в которых они используются. Также будут проведены полномасштабные натурные исследования в условия топического климата на экспериментальной базе Тропического центра разработанных смазочных композиций с целью выяснения наиболее значимых факторов влияющих на деградацию смазочных материалов, и установления вероятные механизмов деградации. 7. Циклопропан-содержащие вещества являются перспективным топливом для жидкостных ракетных двигателей. Разработка методов использования продуктов переработки углеродсодержащего сырья откроет доступ к получению новых производных циклопропана. Разработка новых методов синтеза известных высокоэнергетических компонентов ракетных топлив, а также поиск новых перспективных соединений является актуальной задачей. Развитие методов переработки углеродсодержащего сырья в высокоэнергетические компоненты позволит улучшить существующие или создать более эффективные новые образцы техники. С помощью создания новых методов переработки углеродсодержащего сырья будут созданы научные основы получения новых динитрильных и

тетранитрильных ароматических соединений. Эти соединения являются важнейшими прекурсорами для получения фталоцианинов, фталонитрильных матриц и полимерных композиций на их основе. Также будут разработаны экологичные методы получения перспективных отвердителей эпоксидных смол из полимерного сырья и различных дианилинов. Глубокая переработка отдельных компонентов нефтехимического сырья позволит разработать новые методы получения гетероциклических соединений. 8. Разработка новой российской промышленной технологии получения эпоксидных смол широкого применения на основе моно- и полиглицидиловые эфиров различных фенолов, гликолей, резорцина и бисфенолов. Уровень потребления данных специальных разбавителей в России по данным Минпромторга превышает 60 тыс. тонн в год. В результате работы в России будут доступны технологии производства собственных модификаторов композиционных материалов широкого применения вместо импортных аналогов, а также полимерных материалов с повышенными физико-механическими характеристиками для авиационной, аэрокосмической, военной и других отраслей. 9. Переход к использованию возобновляемого природного сырья – одно из главных современных научно-практических направлений развития в химической промышленности. Среди таких технологий можно выделить получение из растительного сырья гликолей, в частности, глицерина, пропиленгликоля, бутандиола и др. Эти химические соединения не только ценны сами по себе, но и могут служить сырьем для синтеза других продуктов с высокой добавленной стоимостью. Дегидратация гликолей в зависимости от условий синтеза и используемого сырья может позволять получать эпоксидные соединения, в частности пропиленоксид и глицидол, диоксалан и его различные производные, например, этилметилдиоксалан, различные кетоны.

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

№ 124032000078-7

Теоретические основы и закономерности термокаталитических превращений ископаемого, альтернативного и возобновляемого углеродсодержащего сырья, полупродуктов нефтехимии и техногенных отходов для создания новых технологий, решения экологических проблем и устранения техногенных угроз

Целью исследований является создание фундаментальных основ химических процессов для формирования фундамента «циркулярной» экономики, предполагающей полную переработку техногенных углеродсодержащих отходов (включая диоксид углерода) и широкое использование углерод-нейтрального возобновляемого сырья. Проект призван решить сразу несколько современных проблем, связанных с интенсивным использованием ископаемых углеродсодержащих ресурсов. Из-за высокой энергоемкости мировой экономики ежегодно в мире в атмосферу выбрасывается более 35 млрд т диоксида углерода. Отдельной проблемой является выделение оксидов углерода при производстве водорода из ископаемого сырья, что является одним из сдерживающих факторов внедрения водородных технологий. На сегодняшний день отсутствуют энергоэффективные технологии связывания CO_2 в ценные продукты, углеводороды и оксигенаты С2+. Создание таких технологий откроет потенциальный путь к синтезу «зеленых» продуктов нефтехимии и вытеснение ими сырья ископаемого происхождения. Другой возможной заменой ископаемого углеродсодержащего сырья представляется биомасса растений вследствие чрезвычайно большой ресурсной базы и углеродной нейтральности. Тем не менее, на сегодняшний день отсутствуют методы переработки биомассы и других видов продуктов на основе растительного сырья в ценные продукты, среди которых можно выделить моторные топлива, нефтехимическое сырье, углеродные сорбенты и специальные продукты с высокой добавленной стоимостью. Большой проблемой реализации экономики декарбонизации и «циркулярной» экономики является большой объем твердых техногенных отходов, прежде всего, полимерных. Разработка технологий переработки отходов полимеров в ценные химические продукты (моторные топлива, масла, низшие олефины и т.д.), в том числе и в сочетании с низкосортным нефтяным сырьем должна базироваться на реакциях разрыва С-С связей. Применение этого подхода потенциально позволит уменьшить на 10% потребность в нефти за счет рециклинга «полимерного» углерода. Для достижения поставленной цели предполагается решение нескольких проблем: - разработка термических и каталитических методов конверсии биомассы и продуктов, полученных из растительного сырья, в углеродные материалы, высококачественные компоненты моторных топлив и специальные продукты с высокой добавленной стоимостью; - создание эффективных методов безостаточной переработки полимерных отходов (в том числе хлор-, кислород- и азотсодержащих) в синтетическую нефть и разработка методов облагораживания полученного продукта; - разработка катализаторов селективного гидрирования диоксида углерода (в т.ч. техногенного происхождения) в ценные продукты: низшие олефины, углеводороды бензинового ряда, оксигенаты.

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

№ 124100900275-7

Каталитическая переработка полимеров и полимерных отходов на основе бисфенола А в ароматические углеводороды

Постоянный рост мирового производства пластика и его потребления, а также отсутствие системного подхода к сбору и переработке пластиковых отходов привело человечество к пластиковому загрязнению, в результате которого пластик накапливается в значительных масштабах в окружающей среде.

В некоторых странах мира на законодательном уровне регулируется потребление одноразового пластика, в то время как в России – нет.

На данный момент, в России на переработку идет только около 10% образующегося в стране пластика.

Поликарбонат является одним из самых распространенных видов пластика и широко используется как в различных отраслях промышленности, так и в бытовой сфере.

Наибольшую доступность и распространение получил поликарбонат на основе бисфенола А.

Данный мономер также используется для синтеза эпоксидных смол.

Благодаря схожей структуре поликарбоната и эпоксидных смол на основе бисфенола А можно рассмотреть их совместную переработку в ценные химические вещества.

В рамках настоящего проекта предлагается получать никельсодержащие фосфидные и оксидные катализаторы в среде перерабатываемых полимеров на основе бисфенола А с целью получения ароматических углеводородов, находящих применение в качестве компонентов бензинов,

растворителей, полупродуктов для нефтехимического и органического синтеза. В качестве сырья планируется использовать отработанный материал садовых теплиц из сотового поликарбоната, а также эпоксидные смолы и полимеры на их основе.

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

2. Газовая отрасль

2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты

№ 124052100006-7

Аддитивное производство направляющих лопаток турбин высокого давления газотурбинных установок

Проект направлен на создание деталей горячего тракта приводных газотурбинных двигателей газоперекачивающих агрегатов, в том числе направляющих лопаток турбины высокого давления, методом селективного лазерного плавления жаропрочных металлопорошковых материалов.

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

№ 124092400038-1

Газодинамическая модернизация узлов двигателя НК-14СТ с использованием цифрового моделирования для повышения его эффективности и конкурентоспособности

Газотранспортная система России является самой протяженной в мире. Она включает большое количество газоперекачивающих агрегатов (ГПА), устанавливаемых через каждые 100–150 км магистральных трубопроводов и предназначенных для повышения давления газа до требуемой величины. Для этого в составе ГПА используются центробежные нагнетатели, приводом для которых являются наземные ГТД. Такие наземные ГТД имеют назначенные ресурсы до 100000 часов и выше, поэтому срок их службы исчисляется десятками лет. В настоящее время в составе ГПА эксплуатируется большое количество двигателей, разработка которых велась до активного использования цифровых средств проектирования. Как следствие, эти двигатели не обладают максимально возможной эффективностью узлов, но в то же время, их остаточный ресурс еще достаточно высок, поэтому их замена на двигатели новой разработки нецелесообразна. По этой причине актуальной задачей является разработка подхода к модернизации существующих двигателей с изменением минимального количества ДСЕ, которая позволит существенно повысить их эффективность и конкурентоспособность. При этом выполнить замену ДСЕ узлов возможно во время планового ремонта двигателя. Основной целью выполнения проекта является повышение эффективного КПД двигателя НК-14СТ при обеспечении требуемой мощности в диапазоне дроссельной и климатической характеристик. Ожидаемыми результатами выполнения проекта являются: 1. Проект газодинамической модернизации двигателя за счет изменения пропускной способности первого соплового аппарата (СА1) свободной турбины (СТ); 2. Пакет газодинамической модернизации СТ за счет расчетной доводки с минимальным числом изменяемых ДСЕ; 3. Пакет газодинамической модернизации компрессора за счет расчетной доводки с минимальным числом изменяемых ДСЕ; 4. Пакет газодинамической модернизации турбины газогенератора (ТГГ) за счет расчетной доводки с минимальным числом изменяемых ДСЕ; 5. Методические рекомендации по газодинамической модернизации наземных ГТД при максимальном сохранении ДСЕ существующих узлов; 6. Программа для ЭВМ для контроля вписываемости пера лопатки в замок при модернизации. Документация на программу для ЭВМ, включающая программный код и инструкцию пользователя. Каждый из пакетов газодинамической модернизации позволит повысить КПД двигателя с разной степенью переделки узлов. Это позволит определить наиболее рациональный пакет модернизации исходя из получаемого эффекта и стоимости.

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

№ 124121900005-5

Разработка опытной технологии изготовления, изготовление и испытание опытных образцов покрытий для повышения стойкости и эксплуатационных свойств элементов деталей и конструкций, работающих в экстремальных условиях

Общепризнано, что одним из основных актуальных направлений дальнейшего повышения ресурса и предельных температур эксплуатации деталей газотурбинных двигателей, жидкостных ракетных двигателей и наземных энергогенерирующих установок является разработка новых и совершенствование систем специальных теплозащитных покрытий (ТЗП) и технологий их получения. Такие ТЗП должно быть химически устойчивы к продуктам горения топлива и должны обладать заданной конструкционной, адгезионной и эрозионной прочностью в диапазоне рабочих температур и нагрузок ответственных деталей. Структура приповерхностного слоя таких покрытый должна исключать проникновению активных химических компонентов топлива к поверхности конструкционного материала защищаемой детали. За счет толщины и низкой теплопроводности должно быть обеспечено максимальное снижение температуры поверхности конструкционного материала детали под покрытием. Система покрытие-деталь должна не снижать предел выносливости детали и выдерживать требуемое количество циклов знакопеременных внешних нагрузок и термоциклов при значительном перепаде температур в течении заданного ресурса. Многолетние фундаментальные исследования в экономически развитых странах по удовлетворению комплекса перечисленных требований к высокоресурсным термобарьерным покрытиям привели к созданию эффективной системы, состоящей из внешнего слоя в основном из диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, и многокомпонентного металлического подслоя системы никель-хром-кобальт-алюминий-иттрий, которая с успехом применяется на

конструкционных материалах турбины всеми ведущими двигателестроительными фирмами. Для получения такой системы покрытий используют плазменный газотермический метод из порошковых материалов и вакуумные электронно-лучевой и ионно-плазменный методы. В зависимости от технологического метода покрытие имеет различную структуру и различные физико-химические свойства. С целью достижения более низких значений теплопроводности материала покрытия эти функциональные слои наносятся с использованием плазменного газотермического метода. Актуальной научной проблемой является поиск путей дальнейшего повышение эксплуатационных характеристик и снижение теплопроводности термобарьерных покрытий для новых изделий авиационной, ракетно-космической техники и наземных энергогенерирующих установках, работающих в более сложных условиях эксплуатации с большими температурами и в условиях эрозионного износа. Кроме того, данная научная проблема дополнительно усложняется тем, что такие покрытия должны быть получены из материалов отечественного производства, которые должны заменить используемые порошковые материалы лидирующих в данной области крупных иностранных производителей таких как Metco, Sabaros, Amdry, Amperit и WOKA, которые не поставляют необходимую продукцию в Российскую Федерацию в связи с санкционной политикой. Цель НИОТР: получение образца наноструктурированного мезоупорядоченного термобарьерного и эрозионностойкого покрытия, обладающего уникальным комплексом свойств, которые невозможно получить в однородном материале и типовых покрытиях для защиты изделий и конструкций, подвергающихся длительным воздействиям экстремально высоких температур и воздействию горячих газовых потоков. Задачи проекта: 1. Исследование и гранулометрический анализ частиц порошкового материала связующего металлического подслоя и внешнего керамического слоя в исходном состоянии, разделение исходного порошкового материала на отдельные фракции по размерам частиц в соответствии с разработанными методиками 2. Исследование и металлографического анализ частиц порошкового материала связующего металлического подслоя и внешнего керамического слоя в исходном состоянии и после разделение на отдельные фракции по размерам частиц в соответствии с разработанными методиками 3. Исследование скоростных характеристик и особенностей переноса частиц в исходном состоянии и после разделения на отдельные фракции на основе разработанных цифровых моделей процессов ускорения и транспортировки порошкового материала в плазменном потоке 4. Исследование термического состояния частиц в исходном состоянии и после разделения на отдельные фракции на основе разработанных цифровых моделей процессов нагрева, плавления и испарения порошкового материал при транспортировке в высокотемпературном плазменном потоке. 5. Исследование особенностей превращения частиц в исходном состоянии и после разделения на отдельные фракции в элемент структуры покрытия при ударе о поверхность на основе разработанных цифровых моделей процесса высокоскоростной ударной пластической трансформации порошкового материала 6. Разработка на основе полученных результатов технологических рекомендаций на получение наноструктурированных мезоупорядоченных термобарьерных и эрозионностойких покрытий 7. Создание опытных образцов наноструктурированных мезоупорядоченных термобарьерных и эрозионностойких покрытий для последующего проведения металлографического анализа. 8. Проведение металлографического анализа полученных опытных образцов наноструктурированных мезоупорядоченных термобарьерных и эрозионностойких покрытий. 9. Проведение экспериментальных исследований прочности сцепления полученных опытных образцов наноструктурированных мезоупорядоченных термобарьерных и эрозионностойких покрытий с конструкционном материалом основы. 10. Проведение экспериментальных исследований на термостойкость полученных опытных образцов наноструктурированных мезоупорядоченных термобарьерных и эрозионностойких покрытий. Ожидаемые результаты: конечным продуктом является наноструктурированное мезоупорядоченное термобарьерное и эрозионностойкое покрытие, способное сохранять свои защитные свойства при температурах до 1500 °C и сочетать необходимую адгезионную прочность на уровне 30 МПа, а также высокую термостойкость – не менее 3000 циклов до разрушения при термоциклировании в режиме 20↔1200 °C. Разрабатываемое покрытие будет обеспечивать эффективную защиту деталей и конструкций от воздействия высоких температур горячего газового потока. Разрабатываемое наноструктурированное мезоупорядоченное термобарьерное и эрозионностойкое покрытие будет востребовано при производстве дорогостоящих и ответственных деталей, эксплуатирующихся в экстремальных по высоким температурам и интенсивным тепловым потокам условиях, применительно к изделиям авиационной и ракетно-космической техники; наземным энергогенерирующим установкам ТЭЦ и электростанциям (в том числе ремонтные технологии); газоперекачивающим агрегатам (в том числе ремонтные технологии); изделиям для малоразмерных газотурбинных двигателей, выращенных аддитивными технологиями.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНЖИНИРИНГ ПОВЕРХНОСТИ»

№ 124120500016-8

Разработка моделей рабочего процессе в центробежных компрессорах турбодетандерных агрегатов с учетом изменения свойств сжимаемого газа

Турбодетандерные (детандер-компрессорные) агрегаты (ТДА), широко используются в процессах добычи, подготовки, транспортировки, хранения и сжижения природного и попутного газа, а также разнообразных технологических циклах химической промышленности. Единичная ТДА постоянно растёт и достигает 12 МВт и более. Общее количество ТДА в РФ превышает тысячу экземпляров. Существенная часть ТДА не соответствует современным требованиям энергоэффективности в условиях изменения состояния месторождений, физически изношены. Для повышения КПД таких машин в условиях разработки новых ТДА и изготовления сменных проточных частей необходимы надёжные методики расчёта геометрии проточной части центробежного компрессора (ЦК) - одной из важнейших частей ТДА. ЦК ТДА станций комплексной подготовки природного газа и попутного нефтяного газа (ПНГ) представлены в основном в виде одноступенчатого компрессора, который работает при высоких начальных давлениях газа и отношении давлений до 1,5 и выше. Это определяет необходимость учёта в процессе газодинамического проектирования ЦК и моделирования рабочего процесса сжатия изменения свойств сжимаемой среды (учет реальности газа). Для проведения исследований течения в элементах проточной части турбомашин предполагается использовать методы вычислительной газовой динамики (CFD-расчеты). При этом будет проведена верификация CFD-расчетов по результатам экспериментальных исследований с целью определения оптимальных настроек решателя программы, густоты расчетной сетки, комбинации задаваемых параметров на входе и выходе, методов обработки результатов расчетов, позволяющих получать газодинамические характеристики с требуемой точностью. Проведение натурных испытаний всего диапазона вариантов исследуемых объектов на стендах нецелесообразно, так как создание адекватной

математической модели требует получения большого объема данных о характере и параметрах течения в элементах проточных частей турбомашин различной конструкции. Такой объем исследований невозможно провести в рамках физических экспериментов (потребовалось бы изготовить и испытать более 1000 различных конструкций проточных частей турбомашин). CFD-расчеты позволяют не только определить газодинамические характеристики элементов, но и исследовать течение в них. Этого в полной мере невозможно сделать при натурных испытаниях. Возможность анализа картины течения позволит создать точные и физически обоснованные модели течения в элементах проточной части центробежного компрессора. Анализ характера течения в элементах проточной части ЦК ТДА и проведения виртуальных испытаний будет проводиться при помощи современных программ вычислительной газовой динамики (ANSYS CFX, NUMECA Fine/Turbo и др.), широко используемые в мировой промышленности и высоко зарекомендовавшие себя при проведении исследований течений жидкостей и газов. Результаты обработки экспериментальных данных будут использованы при создании математических моделей, описывающих параметры потока в элементах проточной части центробежных компрессоров. При построении математических моделей будут использоваться метод регрессивного анализа, метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод квазиортогоналей, канальный метод и другие подходы. Под математической моделью понимается совокупность уравнений, формул, определений, таблиц, соотношений и данных, которые описывают состояние объекта, ситуацию или явление, а также их динамику развития.

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

2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного

№ 124081300053-9

Технология сжижения азотосодержащего природного газа и выделения гелия

Наблюдается устойчивый рост спроса на сжиженный природный газ. Согласно Энергетической стратегии России, к 2035 г. производство крупнотоннажного СПГ должно увеличиться до 80–140 млн т в год. Для обеспечения такого роста требуется строительство и введение в эксплуатации новых конкурентоспособных предприятий по производству СПГ. - Российские СПГ-заводы в 2023 году произвели 32,33 млн тонн СПГ к 2030 году этот значение должно увеличиться до 80–140 млн т в год. Российская Федерация входит в число мировых лидеров по запасам гелия. Его масштабное производство в стране в основном обеспечивают два предприятия «Газпрома». Оренбургский гелиевый завод и Амурский газоперерабатывающий завод (ГПЗ).

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

2.3 Технологии морской и наземной транспортировки СПГ

№ 124073000063-6

Оценка влияния криогенного воздействия и теплового потока горящего СПГ на эффективность изоляционных материалов и средств огнезащиты для систем противопожарной защиты объектов СПГ

Разработка национальных стандартов, определяющих методы оценки влияния криогенных свойств и свойств теплового потока горящего СПГ на огнезащитную эффективность систем противопожарной защиты объектов производства, хранения и транспортировки СПГ;

- разработать программы и методики проведения исследования средств огнезащиты, с учетом сценариев развития аварий на объектах СПГ;

- создать испытательное оборудование для проведения исследований;

- провести экспериментальные исследования на стойкость изоляционных и огнезащитных материалов к криогенному воздействию и струйному горению, связанных с горением СПГ;

- по результатам исследований разработать проекты национальных стандартов, определяющих методы оценки влияния криогенных свойств и свойств теплового потока горящего СПГ на огнезащитную эффективность систем противопожарной защиты объектов производства, хранения и транспортировки СПГ; 3 - опубликовать проекты национальных стандартов в сети интернет, сводка замечаний и предложений по итогам публичного обсуждения;

- подготовить итоговые редакции национальных стандартов. Направить окончательные редакции национальных стандартов на утверждение.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ОБОРОНЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»

№ 124120600033-4

Обоснование облика танкера-газовоза с учетом вариативности критического оборудования, и разработка документации эскизного проекта танкера-газовоза высокого ледового класса для перевозки сжиженного природного газа по Северному морскому пути

Цель работы - обоснование облика отечественного танкера-газовоза с учетом вариативности критического оборудования с последующей разработкой документации эскизного проекта, в обеспечение создания отечественного танкера-газовоза для перевозки сжиженного природного газа по Северному морскому пути.

Работа выполняется в рамках ведомственного проекта «Научное обеспечение нового облика судостроения».

В результате выполнения ОКР, в соответствии с техническим заданием, решаются следующие задачи: прорабатываются варианты состава и облика отечественного танкера-газовоза, определяется совместно с Заказчиком вариант судна для разработки комплекта документации эскизного проекта; разрабатывается комплект конструкторской документации эскизного проекта танкера-газовоза; проводятся

экспериментальные исследования в части ходкости, мореходности, управляемости и ледопроходимости.

Результаты работы предполагается использовать на последующих стадиях проектирования отечественного танкера-газовоза, стадии технический проект.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

2.5 Новые типы внутренних гладкостных покрытий для снижения гидравлического сопротивления труб и сокращения энергетических затрат на передачу газа

№ 124021300004-7

Статика и динамика трубопроводов

Актуальность решения обозначенной проблемы определяется тем, что трубопроводы, в том числе изготовленные из композитных материалов, широко применяются в энергетике, нефтегазовой промышленности, аэрокосмической технике, машинах и аппаратах. Композитные трубы обладают рядом преимуществ. Они позволяют прокачивать среды при больших давлениях, имеют более высокую усталостную прочность, более стойки к агрессивным средам, могут иметь меньший вес и другие технические преимущества. Транспортировка жидкости и газа по трубопроводам осуществляется работой насосов, которые создают постоянное и переменное внутреннее давление. Вибрационные движения может совершать основание, с которым связаны опоры трубы. Для летательного аппарата, например, таким основанием служит его корпус. В условиях действия постоянного и переменного давления в транспортируемом продукте и вибрациях опор происходят как взаимодействия изгибных параметрических и вынужденных колебаний в одной плоскости, так и пространственные движения трубопровода. В зависимости от условий возбуждения колебания конкретного трубопровода могут усиливаться или ослабевать. Поэтому значительный практический и научный интерес представляют вопросы заблаговременного принятия мер по защите трубопровода от колебаний с большой амплитудой, вследствие которых он может потерять работоспособность. Научная новизна исследований заключается в развитии изгибно-вращательной модели для изучения пространственной статики и динамики трубопроводов. Применение данной модели также возможно при изучении плоских изгибных колебаний трубы. Модель учитывает действия гравитационной и выталкивающей архимедовой сил, сил вязкого сопротивления, взаимодействие постоянного и переменного давления в транспортируемой среде и изменений кривизны осевой линии, вибрации опор и т.д. Также важен учет внешней и внутренней присоединенных масс сред, взаимного влияния продольной и кольцевой деформаций трубы. Постоянное и переменное внутреннее и внешнее давления, а также другие факторы могут приводить к среднему перемещению трубопровода. В частности, явление всплытия подводного газового трубопровода, более тяжелого, чем выталкивающая сила воды, объясняется одновременным действием температурного расширения, осевого сжатия, поперечной распределенной нагрузки, обусловленной взаимодействием давления газа и воды и кривизной осевой линии. Такое равновесное положение сооружения является недопустимым для его эксплуатации. До сих пор не разработан механизм всплытия трубопровода вследствие изменения гидростатического давления при его подъеме и колебаний давления газа, что отмечено в литературе. Обычным является недостаток информации о причинах наступившего происшествия. В качестве примера можно привести всплытие двух газовых трубопроводов «Бованенково – Ухта-2» в Байдарацкой губе (залив Карского моря, лето 2021 года). Здесь трубопровод представляет собой слоистую конструкцию (между двумя стальными оболочками находится бетонный слой), что обеспечивает балластные, теплоизоляционные свойства, защиту внутренней трубы от повреждений. Особое внимание в проекте уделяется взаимодействию внутреннего давления в трубопроводе и изменений кривизны его осевой линии.

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

№ 124062400064-3

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка новых полимерно-композиционных материалов и передовых производственных технологий для обеспечения опережающего развития нефтегазового комплекса. Этап 2024 г.

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 нержавеющих 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, 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 1.4Созданы опытные образцы конструкций (композитные сваи, модульное оборудование, трубопроводы, запорная арматура, крепежи для элементов, емкости пол 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 экстремальных 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. На этапе 2024 года будут разработаны: 1 Методика натурных и лабораторных испытаний материалов свай ПКМ; 2 Моделирование нагрузок, действующих на сваю ПКМ в грунте; 3 Анализ опыта погружения подземных конструкций из полимеров; 4 Анализ решений по креплению ПКМ свай к наземным конструкциям; 5 Проведены лабораторные испытаний, в т.ч.: - оценка материала; - исследование несущей способности свай по боковой поверхности композитной сваи на контакте смерзания с буровым раствором; - испытания деформативности композитных труб, заполненных раствором. 6. Определены коэффициентов трения и скольжения на контактах композита и бетона, композита и раствора. Учет влияния структуры композитов (анизотропии) на величины сил трения.

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

2.6 Новые типы наружных антикоррозийных покрытий для снижения коррозионной опасности трубопроводов, повышения срока их службы и сокращения затрат на ремонт

№ 124070500003-6

Исследование влияния режимов термомеханической обработки на особенности формирования структуры и комплекса свойств перспективных металлических материалов

Целью исследования является разработка и научное обоснование технологических процессов термомеханической обработки перспективных металлических, в том числе композиционных, материалов с целью повышения производительности и качества выпускаемой продукции на предприятиях, ориентированных для выпуска полуфабрикатов и готовой продукции транспортной инфраструктуры, химической отрасли, хранения и транспортировки углеводородов, предполагаемых к эксплуатации в сложных климатических условиях, условиях градиента температур, агрессивного воздействия среды. Необходимость разработки, адаптации и внедрения технологических процессов термомеханической обработки современных конструкционных материалов с целью оптимизации процесса и тем самым снижения затрат и себестоимости, на ряду с повышением качества выпускаемой продукции на предприятиях металлургического комплекса, всегда будет являться актуальной задачей. Алюминиевые сплавы, используемые в качестве, как самостоятельного конструкционного материала, так и для решения протекторных задач в вопросах обеспечения коррозионной защиты, придания особых функциональных свойств, и при этом обладающие высоким комплексом механических и эксплуатационных характеристик, позволяющих их эксплуатацию в Арктическом регионе, ставят перед научной средой задачи по исследованию влияния параметров технологических операций на структуру и свойства этих сплавов и материалов на их основе для внедрения этих режимов на конкретных предприятиях металлургической отрасли. На ряду с этим проблема рециклинга металлических отходов в настоящее время приобретает в мире все большую остроту. Рециклируемые алюминиевые отходы в системе металлооборота имеют различное происхождение: литое, термически обработанное, деформированное состояния и многие варианты комбинированных обработок. В результате этих технологических обработок все рециклируемые металлы обладают вполне характерным структурным состоянием, которое может оказывать существенное влияние на качество продукции, получаемой из вторичных материалов. Важным аспектом также является возможность управления структурой и свойствами алюминиевых сплавов в процессе пластической деформации и термической обработки с целью получения заранее определенного уровня указанных параметров. Так одной из задач, которая требует решения в данном направлении, является удовлетворение потребности ОАО «КУМЗ» рециклинга прессовых отходов в количестве до нескольких сотен тонн/месяц, с целью увеличения количества годной продукции и снижения затрат производства. Еще одной важной задачей развития этого научного направления является оптимизация технологии прокатки алюминиевых сплавов различного химического состава и разработка технологий получения композиционных материалов на их основе, применяемых, в том числе для решения проблем арктического региона: транспортных аппаратов (подводная часть корпусов кораблей и судов различных классов и назначений; внутренняя поверхность помещений, постоянно или периодически заполняемых морской водой (балластируемых танков,

отсеков, цистерн кораблей и судов)), нефтедобывающей промышленности (магистральные подземные и подводные трубопроводы; наружная и внутренняя поверхности резервуаров, нефтехранилищ, конструкций буровых установок). Разработанные подходы могут быть развиты на широкий класс материалов, что положительно скажется на эффективности машиностроительной и металлургической отраслей РФ. Таким образом, актуальность планируемых исследований обусловлена развитием научно-обоснованных подходов к формированию уникального сочетания комплекса функциональных свойств и механических характеристик материалов, а с точки зрения практической значимости – существующим в связи со сложной геополитической обстановкой спросом на решение поставленных задач со стороны предприятий реального сектора экономики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМЕНИ Э.С. ГОРКУНОВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2.7 Интеллектуальные технологии мониторинга и диагностики газопроводов

№ 124123100015-6

Разработка, изготовление и испытания прототипа программно-аппаратного комплекса мониторинга опор трубопровода

Стоимость российской инфраструктуры в Арктике оценивается в 10 трлн руб., но к 2050 году из-за глобального потепления ей будет нанесен ущерб в 7 трлн руб. Поэтому необходимо организовать мониторинг состояния сооружений для своевременных ремонтных работ, особенно нефтегазовых трубопроводов. Наш проект предлагает осуществлять мониторинг опор трубопроводов на основе оптоволоконных технологий и фотонных интегральных схем (ФИС). Данное решение позволит измерять перемещение опор в реальном времени, обеспечит высокую точность, скорость мониторинга, а также автономность, так как датчики не потребляют электроэнергию. В мире существуют компании, использующие аналогичную технологию для мониторинга трубопроводов, но без применения ФИС в устройстве опроса датчиков, позволяющих снизить его массу и энергопотребление, а также увеличить количество опрашиваемых датчиков. Наша целевая аудитория - компании, использующие трубопроводы для транспортировки нефти и газа в Арктике.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ФАЙБЕР ПАЙП»

№ 124082100016-3

Разработка интеллектуальной системы мониторинга и управления энергоэффективностью газотранспортной системы ООО «Газпром трансгаз Чайковский» с функциями нормирования и прогнозирования. Этап 1. Математическая модель расчёта ключевых показателей энергоэффективности газотранспортной системы, с функциями нормирования и прогнозирования потребления газа и электроэнергии

Цель 1 этапа НИР – разработка математической модели расчета ключевых показателей энергоэффективности газотранспортной системы с функциями нормирования и прогнозирования Объектом исследования является разработка математической модели расчета ключевых показателей энергоэффективности газотранспортной системы ООО «Газпром трансгаз Чайковский» с функциями нормирования и прогнозирования. Методы исследования – статистический анализ, системный анализ, наблюдение, сравнение, моделирование. В процессе работы было проведено изучение информационных систем измерения и регистрации основных показателей работы основного энергопотребляющего оборудования ООО «Газпром трансгаз Чайковский», набор доступных для выгрузки параметров, включая информационные системы, обслуживаемые ООО «Газпром информ», ООО «Газпром энерго». Совместно с ответственными специалистами был выбран протокол обмена данными с системами АИИСКУЭ, СПУРТ.АСОДУ. Обмен информацией предполагается осуществлять за счет автоматизированного формирования файлов формата XML. С учетом структуры ООО «Газпром трансгаз Чайковский», состава основного оборудования, доступности данных, требований к разрабатываемой интеллектуальной системе мониторинга и управления энергоэффективностью газотранспортной системы, а также требований к используемому программному обеспечению ПАО «Газпром» разработана и развернута на тестовых серверах архитектура интеллектуальной системы. Также разработаны загрузчики данных, получаемых из существующих информационных систем. Разработана авторегрессионная математическая модель газотранспортной системы с выделением основного оборудования, потребляющего природный газ и электроэнергию. Результат этапа – Математическая модель расчёта ключевых показателей энергоэффективности газотранспортной системы, с функциями нормирования и прогнозирования потребления газа и электроэнергии.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПРЕДПРИЯТИЕ ГРУППЫ «ГОРОДСКОЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗ» - «ГОРОДСКОЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗ-ЭНЕРГЕТИКА»

2.8 Цифровые интерфейсы рыночного взаимодействия поставщиков и потребителей энергии

№ 124071100093-8

Исследование эффективности применения индивидуальных приборов учета теплоты в стояковых системах отопления для многоквартирных жилых домов

Целью проведения НИОКР является разработка методики и проведение анализа эффективности использования индивидуальных приборов учета теплоты в стояковых системах отопления для многоквартирных жилых домов. Работа проводится в соответствии с РП РФ от 29.10.2021 г. №3052-р «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года». Основные задачи исследований: Задачами для достижения поставленной цели являются: - проведение анализа нормативно-правовых документов и научно-технической литературы по учету потребления тепла в МКД, разработанных и применяемых на территории РФ и за рубежом. Анализ научно-технической литературы в области учета теплоты в МКД; - разработка методики оценки эффективности работы индивидуальных приборов учета тепла в МКД; - проведение исследований по энергопотреблению и учету тепла в МКД при стояковых системах отопления. Анализ эффективности использования

индивидуальных приборов учета теплоты; - разработка предложений по организации учета теплоты в МКД при различных циклах эксплуатации здания; - предложения по внесению изменений в нормативную базу по учету теплоты в МКД, в частности в СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НОРМИРОВАНИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

2.9 Технологии хранения газа

№ 124011600051-9

Комплексная оценка технологий транспортировки и подземного хранения природного газа ПАО «Газпром» и разработка предложений по актуализации информационно-технических справочников наилучших доступных технологий транспортировки и подземного хранения природного газа

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ динамики изменения объемов производства, показателей производственных процессов и технологий, используемых при эксплуатации объектов транспортировки и подземного хранения природного газа; анализ динамики выбросов ЗВ, характерных эксплуатации технологических процессов объектов транспортировки и подземного хранения природного газа; оценка уровня технологических показателей выбросов ЗВ технологических процессов объектов транспортировки и подземного хранения природного газа; изучение применения на объектах транспортировки и подземного хранения природного газа, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на соответствие технологическим показателям НДТ в информационно-техническом справочнике НДТ; анализ материалов технологических нормативов в комплексных экологических разрешениях; анализ мероприятий по сокращению воздействия на окружающую среду на объектах транспортировки и подземного хранения природного газа; сбор и анализ информации о технологиях, не учтенных в качестве НДТ; определение маркерных веществ и технологических показателей выбросов данных технологий; определение динамики изменения технологических показателей выбросов ЗВ на перспективный период при изменении технологических и экологических показателей производственных процессов; оценка показателей энергопотребления и энергоэффективности технологических процессов транспортировки и подземного хранения природного газа; оценка технологий на основе критериев экономической эффективности их внедрения на объектах транспортировки и подземного хранения природного газа (с привлечением экспертов); анализ перспективных технологий (их внедрения) по сокращению воздействия на окружающую среду на объектах транспортировки и подземного хранения природного газа; разработка предложений по индикативным показателям выбросов парниковых газов на объектах транспортировки и подземного хранения природного газа; разработка предложений по актуализации информационно-технических справочников наилучших доступных технологий транспортировки и подземного хранения природного газа. Результат работы - отчет о НИР «Комплексная оценка технологий транспортировки и подземного хранения природного газа ПАО «Газпром», предложения по актуализации информационно-технических справочников наилучших доступных технологий транспортировки и подземного хранения природного газа». 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 природоохранных мероприятий на объектах транспортировки и подземного хранения природного газа.

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

№ 124041200057-2

Разработка способа и отработка условий получения гидратов природного газа, в том числе технологии транспортировки и хранения газа с процессом регазификации

В данной работе планируется имеющиеся на сегодняшний день наиболее успешные практики по увеличению скорости роста гидрата и увеличения степени конверсии воды в гидрат масштабировать до полупромышленных масштабов. Масштабирование будет осуществлено в два этапа. Первый этап – это разработка принципиальной схемы, конструкторской документации и изготовления реактора высокого давления объемом 0,02 м^3, объем которого в сто раз превышает объем лабораторных реакторов, в которых осуществляется исследование процесса роста гидрата, влияния промотирующих добавок и вида экспериментальных систем на скорость роста гидрата и степень конверсии воды в гидрат. Второй этап – это разработка принципиальной схемы, составление конструкторской документации и производство емкости высокого давления, объемом 0,2 м^3, объем которой более чем в тысячу раз превышает объем лабораторного реактора. В реакторе высокого давления объем 0,02 м^3 будут проведены исследования влияния промотирующих добавок, продемонстрировавших наилучшие результаты при проведении исследований в лабораторных реакторах объемом 60 см^3 на скорость роста и степень конверсии воды в гидрат при варьировании режимов получения гидратов природного газа.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

3. Угольная отрасль

3.1 Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве

№ 124041100071-9

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. 2024-2025 гг.

Угольная отрасль по-прежнему занимает одну из важнейших позиций в экономике России. Балансовые запасы угля категорий А+В+С1, превышают 196 млрд т, а категории С2 – 78 млрд т. По этому показателю Россия занимает второе место в мире после США. Однако многие месторождения расположены в слабо освоенных регионах, требующих значительных затрат на развитие инфраструктуры. Сырьевая база угольных месторождений России по ее марочному составу имеет крайне ограниченные перспективы расширения по группе углей коксующихся технологических марок КС, ТС, КСН, КО, ОС, спрос на которые удовлетворяется только за счет кузнецких углей. При этом, основная часть этих востребованных запасов залегает в сложных горно-геологических условиях на глубинах, недоступных открытой разработке. Мировое развитие угольной отрасли связано с разработкой нетрадиционных безопасных и эффективных геотехнологий, ориентированных на минимизацию постоянного присутствия людей в забоях за счет применения современных автоматизированных и роботизированных горнотехнических систем. Их предельная сложность, высокая динамичность функционирования и множество случайных факторов, являются главной сдерживающей проблемой. Поэтому на этапах проектирования геотехнологий с элементами автоматизации и роботизации требуется предсказательное моделирование и оптимизация параметров с использованием современных математических методов и программных средств. Необходима разработка современных научно обоснованных подходов и методов геотехнологического обоснования возможности эффективной и безопасной разработки месторождений угля, в том числе, в сложных горно-геологических условиях. Существующая выборочная отработка запасов с благоприятными горно-геологическими условиями ведет к снижению полноты использования недр. В свою очередь, освоение оставшихся запасов угля возможно только с помощью разработки роботизированного оборудования, с системами управления, построенными на основе компьютерного зрения, а также систем управления и проектирования горных работ на основе централизованных программно-аппаратных комплексов. Разработка новых подходов и методов оптимизации основных параметров геотехнологий отработки угольного месторождения, научное обоснование новых эффективных и безопасных технических решений, позволят продлить срок активной работы угледобывающих регионов, находящихся на стадии исчерпания высокотехнологичных запасов, прежде всего – Кузбасса. Практически все трудноизвлекаемые запасы пластовых месторождений угля являются опасными по геодинамическим явлениям. При этом, главными проблемами являются: неопределённость горно-геологической информации; сложность обеспечения эффективности и безопасности разрабатываемых геотехнологических решений; неопределенность проявлений свойств угля вследствие его высокой природной химической активности и отсутствия должного научного обоснования протекающих процессов; в общем, влияющие на безопасность и эффективность отработки месторождения угля, потребительские свойства продукции и экологию ресурсных регионов. Особым сдерживающим фактором является категория трудноизвлекаемых запасов угля, включающая месторождения, залегающие в сложных горно-геологических, горнотехнических, гидрогеологических условиях, характеризующихся наличием тектонических и техногенных нарушений, сложной гипсометрией, наличием пластов углей сложного строения, повышенной газоносности, трещиноватости, склонных к окислению и эндогенному самовозгоранию, наличием деформации физико-химической структуры и т.п., отработка которых традиционными технологиями невозможна или нерентабельна. Повышение эффективности выбора параметров роботизированных горнодобывающих комплексов и технологий добычи угольных месторождений без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ возможно при применении имитационного моделирования взаимодействия роботизированных горных машин и оборудования. Существующие предложения по автоматизации и роботизации процессов при добыче твердых полезных ископаемых сводятся к автоматизации процессов управления горными машинами, контролю и мониторингу операций в технологиях, приспособленных для человека. В настоящее время в горном деле наиболее отработаны решения по неполной роботизации технологий с применением человеко-машинного управления. При этом, основные операции (зачерпывание горной породы ковшом экскаватора, оборка забоя, наращивание коммуникаций, соединение детонаторов) очень сложно поддаются автоматизации, требуют существенных дополнительных затрат и не позволяют вывести людей из неблагоприятных для человека зон, что при современном технологическом укладе препятствует созданию полностью безлюдных технологий и требует дополнительных исследований. В свою очередь, конструкции горных машин и их исполнительных органов обладают высокой надежностью и безотказностью работы горных машин, создаются возможности реализации процессов автоматизации и роботизации подземных горных работ. Достигнутые показатели производительности горных машин и безопасности их эксплуатации в специфических условиях их функционирования (стесненность пространства, запыленность атмосферы, агрессивность шахтных вод, внезапные выбросы угля и газа) ставят во главу угла проблемы технического обслуживания горной техники. Принятая в отрасли (в конце 70-х годов прошлого столетия) система планово-предупредительных ремонтов исчерпала себя и на ее замену приходит система технического обслуживания по фактическому техническому состоянию горной техники, определяемому методами неразрушающего контроля, из которых на передний план выдвигаются методы функциональной диагностики, позволяющие оценить фактическое состояние оборудования без вывода его из производства. Разрабатываемая прогностическая модель исчерпания ресурса ответственных деталей и узлов должна содержать параметры горнотехнических условий эксплуатации и режимные параметры работы отдельных узлов и агрегатов, а также уровень квалификации операторов комплекса. Таким образом, решение указанных проблем способствует развитию современных технологий и научно-обоснованных подходов в области эффективной и безопасной разработки месторождений угля. В рамках настоящего проекта рассматриваются три системно взаимодополняющих направления: – технологии добычи угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ; – системы управления и методы оценки технического состояния и диагностики их ресурса; – обоснование обеспечения

воспроизводства минерально-сырьевой базы. Базовыми объектами исследования проекта в целом являются месторождения угля, в том числе, с трудноизвлекаемыми запасами и сложными горно-геологическими условиями, методы оценки 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.

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

№ 124102500862-7

Методы моделирования и прогностического анализа аномалий в многомерных данных и оценка рисков

Объектом исследования является поток данных, анализируемый в реальном времени. На первом этапе данные в потоке представляют собой численные или категориальные данные, цифровые сигналы. На последующих этапах предполагается исследование видеосигналов и комбинированных сигналов. Цель исследований - выявление, прогнозирование и классификация аномалий. Аномалия понимается как любое событие (экземпляр данных или серия экземпляров), которое не соответствует характеру процесса в нужном разрезе (появление экземпляра, изменения), и имеет семантическое содержание, связанное с возможными или определенными последствиями. Исследование нацелено на поиск общих методов работы с аномалиями, базирующихся на современных результатах в области интеллектуального анализа данных: генеративно-состязательных, статистических методах машинного обучения, а также обучения с подкреплением, в моделях классических и квантовых искусственных нейронных сетей. К ожидаемым результатам работы относятся: алгоритмы и программное обеспечение для поиска, предсказания, классификации аномалий в данных, в том числе, содержащих малое число аномальных экземпляров. Применение результатов предполагается в виде зарегистрированного программного обеспечения для оценки вероятности инцидентов информационной безопасности, для вероятностного распознавания опасного процесса на ранней стадии (развития заболевания, накопления взрывоопасных газов в шахте, накопление износа в производственных линиях, и т.д.).

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

№ 124102900078-8

Разработка и тестирование прототипа модуля программного обеспечения для прогнозирования аварийных и нештатных ситуаций на опасных производственных объектах

Работы по обеспечению безопасности технологического процесса на опасных производственных объектах регламентируются в рамках различных норм и правил, в том числе на федеральном уровне. В настоящее время ведется внедрение многофункциональных систем безопасности (МФСБ), которые собирают многочисленные данные технологического процесса опасных производственных объектах (шахты, разрезы, обогатительные фабрики) в том числе, данные о возникновении аварийных и нештатных ситуаций. Все данные поступают в систему верхнего уровня для анализа, визуализации и хранения. Системы верхнего уровня имеют возможность интеграции с различными видами программного обеспечения. Системы МФСБ состоят из трех уровней. Низший уровень – датчиковая аппаратура сбора первичных данных. Средний уровень – серверное оборудование и системы отображения конкретных подсистем МФСБ (системы позиционирования, системы пожарной безопасности, системы контроля ведения горных работ, системы аэро-газового контроля и др.). Верхний уровень – программное обеспечение, которое отображает текущее состояние параметров всех подсистем среднего уровня. В основе разрабатываемого программного продукта будет положен алгоритм искусственного интеллекта, который будет прогнозировать вероятность наступления аварийных и нештатных ситуаций на опасных производственных объектах. Для обучения алгоритма будут созданы наборы данных из параметров и значений состояния действующих систем МФСБ верхнего уровня. На различных производственных объектах системы МФСБ в своем составе имеют различные подсистемы от различных производителей и поставщиков. Соответственно для внедрения разрабатываемого в рамках проекта модуля для каждого объекта необходима проводить процедуру адаптации. Данная процедура будет заключатся в сборе данных и построению набора данных для каждого конкретного производственного объекта. Разработанные наборы данных будут подвергаться всем процедурам подготовки, нормированию, кодированию (вещественных данных), очистки и разметки. В рамках работ по НИОКР планируется создание программного обеспечения, которое на основе алгоритмов машинного обучения будет осуществлять прогнозирование возникновения аварийных и нештатных ситуаций, передавать информацию диспетчерам и ответственным лицам, формировать рекомендации по предотвращению данных ситуаций.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БЕЗОПАСНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

№ 124123100035-4

Разработка фундаментальных основ возникновения, развития и прогнозирования катастрофических многофазных процессов в техногенно изменяемом массиве горных пород

Основная цель исследований, планируемых в рамках темы - разработка фундаментальных основ возникновения, развития и прогнозирования катастрофических многофазных процессов в техногенно изменяемом массиве горных пород для выявления условий возникновения и разработки мер по предотвращению аварийных ситуаций и аварий, связанных с проявлениями горного давления; загазованностью горных выработок и водопроявлениями, и повышению безопасности ведения подготовительных и очистных работ на шахтах и рудниках при добыче твердых полезных ископаемых. Задачей данной работы является выявление закономерностей, обуславливающих зарождение, развитие и проявление неблагоприятных процессов, возникающих при техногенном преобразовании массива горных пород в ходе ведения очистных и подготовительных работ в угольных шахтах и, на этой основе - развитие методов

мониторинга, прогнозирования и предотвращения катастрофических многофазных процессов в техногенно изменяемом массиве горных пород. Работа направлена на решение фундаментальной научной задачи: установлению закономерностей структурных трансформаций в ископаемых углях, объясняющих изменения, произошедшие в процессе метаморфизма и под действием геотехнологических факторов, определяющих кинетику процессов в горных породах и установление изменения со временем состояния массива горных пород (углепородный, флюидонасыщенный массив) в рамках используемой системы разработки при изменении термодинамических и механо-физических условий (горного, газового и водяного давления) при техногенном воздействии, и выявлению условий формирования неустойчивых геомеханических и газодинамических состояний массива, являющихся предвестниками и необходимыми условиями катастрофического развития процессов разрушения в техногенно измененном массиве. Областью применения полученных результатов являются преимущественно угольные шахты, результаты также могут использоваться для угольных разрезов и рудных месторождений.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана

№ 124052900038-0

Оценка эффективности и совершенствование технологии многостадийной дегазационной подготовки высокогазоносных угольных пластов для их интенсивной отработки на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

Исследовать в шахтных условиях и разработать эффективную технологию многостадийной дегазационной подготовки высокогазоносных угольных пластов для их интенсивной отработки на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс». Научно-методическое сопровождение процесса дегазации пластов через скважины ГРП с использованием глубинных насосов.

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

№ 124111100012-2

Разработка и обоснование режимов воздействия при дегазации угольных пластов на основе моделирования проницаемости и напряженно-деформированного состояния углепородного массива

Для обеспечения эффективной дегазации разрабатываемого пласта осуществляются гидродинамические воздействия в различных режимах. Одним из основных условий является дегазация всего подготавливаемого участка. Такой вариант возможен при сочетании заблаговременной дегазации через скважины, пробуренные с поверхности и подземного гидроразрыва из подготовительных выработок. Важное значение в этом случае имеет зона дегазации, которая соответствует зоне распространения трещин. Направление раскрытия трещин и их проницаемость в основном определяются напряженно-деформированным состоянием угольного пласта и режимом воздействия. Планируемое моделирование с учетом данных аспектов направлено на научное обоснование и разработку предложений по совершенствованию технологии гидродинамического воздействия и режимам освоения скважин.

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

№ 124041100072-6

Создание многофункциональных систем мониторинга и прогноза газодинамических явлений, контроля напряженного состояния, разработка методов их предотвращения и оценки эффективности при подземной разработке угольных месторождений. 2024-2025 гг.

Повышение темпов подготовительных и очистных работ на угольных шахтах ведет к интенсификации процессов метановыделения в горные выработки, для снижения которой необходимо совершенствование подходов, направленных на контроль и управление процессами разупрочнения углепородного массива и стимулирования газоотдачи угольных пластов при их дегазации. Применяемые для этого методы и средства в настоящее время ограничиваются прямыми наблюдениями за изменением косвенных показателей этих воздействий, таких как флуктуации дебитов дегазационных скважин, шаг управляемой посадки кровли после ее обрушения. В связи с этим развитие подходов и оборудования для исследования процессов воздействия и его влияния на физико-химические свойства угольных пластов и вмещающих пород на основе применения современных методов геофизических наблюдений в шахтных условиях является актуальной научной проблемой. Опасность различного вида газовыделений в горные выработки в современных условиях освоения угольных месторождений требует более глубокого изучения, как природных особенностей вмещающего массива, так и влияния технологического воздействия на его газодинамическую реакцию. Уголь, находящийся в пласте и не подвергшийся процессам дегазации в результате его разрушения при угледобыче, является уникальным объектом для исследования, а его свойства в настоящее время малоизучены из-за сложности его сохранения в природном состоянии для последующих лабораторных экспериментов и изучения закономерностей процессов миграции газа из угля. Проблемы исследования газокинетических свойств угля осложняются нелинейностью геомеханических процессов в массиве горных пород. Разработку нового метода оперативного определения газоносности и газодинамической реакции угольных пластов предлагается выполнять с применением новых технических средств (без «упущенного газа» – lost gas при отборе угольных проб). Это позволит максимально корректно подходить к вопросу оценки природного газосодержания в пласте и процесса газовыделения из него, происходящего наиболее интенсивно непосредственно при разрушении угля в условиях меняющихся механических напряжений. Основным недостатком всех геофизических методов текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов является отсутствие научно обоснованной методики определения критического значения показателя опасности. Все критерии опасности

базируются на результатах статистической обработки данных о показателях опасности, зарегистрированных перед динамическим явлением (ДЯ). Для понимания недостатков и преимуществ тех или иных методов прогноза требуется аналитическое обоснование критерия опасности и его экспериментальное подтверждение. В частности, действующей в настоящее время «Инструкции по прогнозу динамических явлений…» предлагается пороговое значение показателя выбросоопасности спектрально-акустического метода первоначально определять по параметрам «шумов» работающего оборудования на участках проводимой горной выработки, для которой другими методами установлена категория «неопасно». Но если участок является невыбросоопасным, то и определенный здесь показатель выбросоопасности не может быть критерием опасности. Таким образом, необходима методика оперативного определения критерия выбросоопасности угольного пласта на конкретном участке шахтного поля. Предельно напряжённые зоны, образующиеся в краевых частях пласта, существенно влияют на распределение поля напряжений и в угольном пласте, и в породах массива, окружающих горную выработку. При определённых сочетаниях его компонентов оно может быть причиной ряда геодинамических явлений: горных ударов, обильного газовыделения в выработки, внезапных выбросов из забоев выработок горной массы, пучения почвы и значительных смещений их кровли, и эти обстоятельства оказывают пагубное влияние на горные работы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124081200010-3

Создание экономических механизмов заблаговременной дегазации угольных месторождений для повышения безопасности труда в угольной отрасли России

Актуальность проекта связана с осуществлением «Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года» утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1582-р от 13.06.2020, в целях обеспечения безопасности при добыче угля и также развития угольной отрасли. В настоящее время в подготовке и использовании ресурсов и запасов метана угольных пластов сложилась дилемма, когда самостоятельная добыча метана угольных пластов является низкорентабельной, а угольная промышленность остро нуждается в проведении заблаговременной дегазации высоко газоносных угольных пластов для повышения уровня безопасности добычи угля из высокогазоносных пластов. При этом угольная промышленность остро нуждается в разработке экономических механизмов реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений, так как газовый фактор имеет первостепенное значение в подземной добыче угля. Метан угольных пластов, содержащийся в угленосных отложениях, является причиной взрывов в угольных шахтах. Только за период 2000-2022 гг. в угольных шахтах произошло 43 взрывов метана, выделяющегося из угольных пластов в процессе проведения горных работ, при этом погибли 503 человек, серьезные травмы получили 366 горняков. При этом сложилась проблема в создании безопасных условий труда при добыче угля и дальнейшем повышении производительности труда. Научная новизна исследования состоит в необходимости формирования фундаментальных экономических механизмов, обеспечивающих решение комплексной проблемы эффективной добычи метана из угольных пластов и его использования в целях социально-экономического развития региона, а также одновременного проведения заблаговременной дегазации высоко газоносных угольных пластов, направленной на создание безопасных условий и повышение производительности труда при подземной добыче угля. Цель исследования – разработка экономических механизмов заблаговременной дегазации угольных месторождений для социально-экономического и инновационного развития угольной отрасли страны. Актуальность исследования заключается в решении фундаментальной научной проблемы, направленной на создание экономических механизмов формирования и оценки решения двуединой задачи заблаговременной дегазации высоко газоносных угольных пластов, направленной на решение комплексной проблемы обеспечения добычи метана из угольных пластов, создание безопасных условий и повышение производительности труда при подземной добыче угля, напрямую связанных с социально-экономическим развитием региона. Обоснование научной новизны исследования состоит в создании экономических механизмов реализации заблаговременной дегазационной подготовки угольных месторождений. - В ходе работы над проектом впервые будет осуществлено комплексное исследование и постановка новых научных и научно- технических задач, решение которых позволит систематизировать и учесть технологические особенности освоения метаноугольных месторождений и добычи метана угольных пластов. - Будет проведена оценка метаноностности угольных пластов с учетом тенденций развития угольной промышленности России до 2035-40 гг. на основе анализа современного состояния минерально-сырьевой базы основных угледобывающих бассейнов России. - Будут созданы новые организационно-правовые условия добычи метана угольных пластов и разработан организационно-экономический механизм заблаговременной дегазации высоко газоносных угольных пластов. - На основе ранее полученных результатов авторами проекта будут сформированы механизмы государственных заказов на заблаговременную дегазацию высоко газоносных угольных пластов на федеральном и региональном уровнях, будет разработан методический подход к оценке экономической эффективности проектов заблаговременной дегазации высоко газоносных угольных пластов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА»

№ 124061900001-6

Оценка эффективности и совершенствование технологии дегазационной подготовки угольного пласта скважинами с поверхности на перспективных выемочных участках шахты им. С.М. Кирова

Научное сопровождение разработки и внедрения на перспективных выемочных участках шахты им. С.М. Кирова технологии дегазационной подготовки угольного пласта с использованием скважин, пробуренных с поверхности. Оценка эффективности пластовой дегазации по снижению газообильности очистной выработки и уменьшению простоев лавы по газовому фактору на выемочных участках шахты им. С.М. Кирова.

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

3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

№ 124041100050-4

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. 2024 - 2025

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 облагороженных 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 (изопреноиды, 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 [Лиштван 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. Описание задач, предлагаемых к решению Селективное О-алкилирование бурых углей [Жеребцов С.И., 2017] , совмещенное с экстракцией позволяет избирательно деполимеризировать органическую массу бурых углей и увеличивать выход веществ липидной природы из угля - горного воска, включая жирные спирты, карбоновые кислоты, длинноцепочечные сложные эфиры нормального строения, стероидные и тритерпеновые структуры и др., имеющие высокую стоимость. Отмечено увеличение биологической активности гуматов натрия, полученных из алкилированного и дебитуминированного угля. Модифицирование гуминовых кислот окислением перекисью водорода позволяет увеличить сорбционную емкость по ряду элементов (медь, цинк) (Жеребцов и др. 2014, 2015). На примере свинца предлагается изучить особенности сорбции катионов металлов из водного раствора фракциями гуминовых веществ – фульвокислотами, гиматомелановыми и гумусовыми кислотами. Использование сорбционных свойств гуминовых веществ как для введения микроэлементов питания растений, так и для технических целей – для получения селективных сорбентов, является актуальной задачей. На основании анализа литературных и патентных данных на настоящий момент не выявлен действующий фактор (факторы) и механизм (на клеточном уровне) биологического стимулирования гуминовыми веществами. Для комплексной и максимально безотходной технологии переработки ископаемых углей (бурых углей), необходимы систематические исследования связи «состав - свойство» и, в частности, связи функционального состава гуминовых препаратов с их биологической активностью к определенным организмам и сорбционными свойствами. Разработка новых методов извлечения и повышения выхода продуктов также будет способствовать получению широкого класса веществ, которые могут использоваться в различных отраслях. Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость) 2024 год • Фракции гуминовых веществ

бурого угля. Данные по физико-химической характеристике гумусовых кислот и остаточного угля. • Данные по сорбции элементов экотоксикантов гумусовыми кислотами и остаточным углем (гумином) на примере экотоксикантов (Cu, Pb). Механизм и количественные характеристики. • Концентраты БАВ из битумов нативного бурого угля. 2025 год • Оптимальный состав фракций гуминовых веществ для эффективной сорбции элементов экотоксикантов. • Фракция гуминовых веществ бурого угля, обладающая повышенной физиологической активностью (на примере семян пшеницы). • Фракции битумоидов модифицированного бурого угля, с повышенным содержанием БАВ. Результаты проекта могут найти применение при проектировании новых производств и продуктов в областях: модельном деле в машиностроении, резиновой промышленности, строительных материалов, красящих веществ, хемосорбентов, производства биологически активных субстанций для сельского хозяйства и медицины.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124102300784-4

Разработка технологии пирогенетического коксования углей с получением коксов с улучшенными экологическими и эксплуатационными характеристиками

Проект соответствует второму направлению приоритетов научно-технологического развития в соответствии со Стратегией научно-технического развития РФ - переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, разработка новых источников, способов транспортировки и хранения энергии, накопителей энергии, создание эффективных технологий геологоразведки, добычи и переработки минерального сырья, ядерная энергетика нового поколения. Необходимость переориентации использования угля с традиционных задач выработки тепла и электроэнергии на другие цели. Данный факт обусловлен планами газификации исконно угольных регионов для снижение негативного влияния угольных ТЭС на окружающую среду за счет уменьшения выбросов загрязняющих веществ. В тоже время по разведанным месторождениям угля Россия занимает второе место в мире (около 15% мировых запасов) после США (более 23% мировых запасов). Запасы угля в России превышают 162 млрд т. доля России в мировой добыче угля составляет около 5,5% (шестое место после Китая, Индии, США, Индонезии и Австралии). В России имеются крупные месторождения угля с благоприятными условиями добычи, в которых можно реализовывать крупные проекты по созданию крупных промышленных кластеров, реализующих чистые угольные технологии, например, на основе парогазовых установок с внутрицикловой газификации угля. Имеется достаточно много относительно небольших угольных месторождений, для которых эффективно использовать менее дорогостоящие технологии, например, коксование. Однако угли с таких месторождений часто являются слабоспекающимися и традиционные технологии коксования позволяют получать кокс преимущественного бытового назначения для нужд малой теплоэнергетики. В связи с этим, разработка технологий коксования слабоспекающихся углей с получением кокса с близкими характеристиками к металлургическому является значимой и своевременной задачей. Новизна технического решения, обеспечивающая его существенные преимущества перед известными российскими или зарубежными установками коксования слабоспекающихся углей, заключается в особой организации процесса, которая предполагает последовательное коксование угля в едином технологическом цикле с получением формованного кокса. Технологическую установку можно разделить на несколько реакторов согласно представленной схеме: в первом реакторе происходит сушка угля при 200°C, затем подсушенный уголь поступает следующий реактор, в котором он быстро нагревается до 400-600°C до формирования пластической массы, затем пластическая угольная масса выдерживается в изотермическом режиме при 400-450°C. Время выдержки индивидуально для каждого типа используемого угля. Пластичная угольная масса далее формуется в брикеты с использованием специального пресса, и затем поступает в реактор, в котором происходит закалка формованного брикета при 800°C. Стоит отметить, что пиролизный газ, получаемый на разных стадиях, поступает в устройство сжигания и образующееся тепло используется для нагрева реакторов технологической установки. Также предусмотрено использование альтернативного газового топлива (природный газ, СУГ) в реакторе сжигания пиролизного газа, что повышает надежность работы установки. Реализация НИР предполагается совместно с зарубежным партнером в лице профессора Юсуфа Исы с университета Витватерсранда (ЮАР). В результате выполнения проекта будут получены и опубликованы в высокорейтинговых журналах новые научные и научно-технологические результаты фундаментального и прикладного характера, имеющие важное значение для развития научного направления и формирования научных основ и технологий создания, внедрения и использования чистых угольных технологий. Прорывной характер выполненных исследований обеспечит формирование технологической платформы для создания, внедрения и использования наукоемкого и инновационного процесса коксования углей разной стадии метаморфизма в энергетике России в соответствии со стратегическим курсом НТР РФ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124041100047-4

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. 2024 - 2025 гг.

Проект направлен на исследование и разработку научных основ глубокой переработки угольного вещества и углехимии с целью получения широкого набора продуктов с высокой добавленной стоимостью, в том числе, особые марки коксов, индивидуальные компоненты каменноугольной смолы, функциональные материалы из каменноугольного пека, сорбенты и пористые композиционные материалы. Развитие методов целенаправленных термических превращений органической массы угля с использованием современных инструментальных методов. Цель исследования - разработка научных основ глубокой переработки и углехимии включая процессы пиролиза, карбонизации, коксования и активации. Детальные исследования состава и свойства продуктов в зависимости от структурных особенностей исходных ископаемых углей с применением современных комплексов физико-химических методов. Исследование коллоидной структуры пека, выделенного из каменноугольной смолы, получение функциональных углеродных материалов

из каменноугольного пека. Разработка научных основ формирования пористой структуры углеродных материалов из ископаемых углей в процессах термохимических превращений под действием различных газовых сред и активных химических соединений. Задачи проекта: 2024 Блок 1 Исследование состава сернистых соединений углей Кузбасса различных стадий метаморфизма. Блок 2 Исследование петрографического состава балахонской и кольчугинской серий углей Кузбасса 2025 Блок 1. Исследование процесса коксования шихты углей на основе ископаемых углей с целью изучения состава и свойств твёрдых, жидких и газообразных продуктов. Блок 2. Исследование влияния петрографического состава на теплоту сгорания ископаемых углей Результаты: 2024 Блок 1. Данные о содержании сернистых соединений в петрографических микрокомпонентах каменных углей Кузбасса (витринит, инертинит); 2. Разработанная методика определения состава сернистых соединений в газовой и твердой фазе в процессе пиролиза углей Кузнецкого бассейна; 3. Аналитические данные, отражающие изменения в составе сернистых соединений газовой и твердой фракции продуктов пиролиза углей Кузнецкого бассейна. Блок 2. 1. Установленные петрографические особенности углей балахонской и кольчугинской серий. 2025 Блок 1. Состав шихт углей и их физико-химические свойства. Результаты исследования процесса коксования различных шихт углей и изучение состава и свойств, полученных жидких, газообразных и твердых продуктов Блок 2. Данные о взаимосвязи петрографического состава и теплоты сгорания углей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124080800012-4

Разработка физико-химических основ получения игольчатого кокса и востребованных химических веществ с использованием нового полиароматического сырья - продуктов термического сольволиза углей

Проект направлен на создание физико-химических основ процесса получения игольчатого кокса и востребованных химических веществ на основе нового ароматического сырья - продуктов нового селективного процесса термического сольволиза каменных углей с низким углеродным следом. Игольчатый кокс — дорогостоящий углеродный продукт с уникальными физическими свойствами, используется для получения широкого спектра графитовых материалов для важнейших областей техники и технологии. Его масштабное промышленное производство основано на замедленном коксовании полиароматического сырья - предварительно ароматизированных нефтяных остатков, частично каменноугольной смолы, локализовано в ограниченном числе стран (в основном, в Великобритании, США, Японии, в России запланировано в 2024г). Быстро растущий спрос на игольчатый кокс со стороны многих базовых отраслей промышленности является фактором, стимулирующим расширение источников ароматического сырья для его получения. Особая актуальность проектной задачи обусловлена отсутствием в России и Монголии качественного полиароматического сырья для производства игольчатого кокса, значительные потребности в нем в России обеспечиваются по импорту. Ранее российские и монгольские участники проекта (в т.ч. совместно) показали, что перспективным способом получения полиароматических веществ - основных строительных единиц многих углеродных материалов с различными структурными модификациями - является термосольволитическая деполимеризация каменного угля в жидкофазном растворителе при невысокой температуре 350-380°С. Предлагаемый проект направлен на использование нового альтернативного вида сырья – полиароматических продуктов процесса термосольволиза угля – для получения игольчатого кокса. Научная значимость и актуальность цели проекта определяются необходимостью получения новых знаний на молекулярном уровне о химических реакциях полиароматических веществ при их термическом превращении в анизотропный углеродный продукт – игольчатый кокс. Методический подход включает получение полиароматических веществ путем термосольволизного растворения углей месторождений России и Монголии с использованием в качестве растворителей технических углеводородных остаточных фракций каменноугольного и нефтяного происхождения, разработку методов фракционирования растворимых продуктов на узкие субфракции, изучение группового и молекулярного состава субфракций и их термических превращений при жидкофазном замедленном коксовании в терморегулируемых условиях. Особое внимание будет уделено комплексной характеристике молекулярной структуры полиароматических молекул субфракций с использованием различных химических и физических методов, образованию кристаллических зародышей и мезофазных сфер из субфракций при жидкофазной карбонизации в интервале температур 400-550°С, установлению факторов, способствующих образованию частиц анизотропной мезофазы, их ассоциации в объемное анизотропное мезофазное вещество, его структурному преобразованию в соответствующий углеродный материал — зеленый игольчатый кокс – и последующее превращение в игольчатый кокс при прокаливании при высокой температуре 1200-1400°С. Будут определены взаимосвязи между параметрами состава ароматического сырья, условиями его термического превращения, морфологией и параметрами кристаллической структуры игольчатого кокса. На заключительном этапе проекта будут выявлены основные закономерности образования игольчатого кокса и разработаны физико-химические основы его получения из ароматических субфракций продукта сольволиза угля. По результатам исследований впервые будут разработаны научно обоснованные рекомендации по получению игольчатого кокса различных марок и востребованных химических веществ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

3.5 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи угля в реальном времени, цифровые образы объектов угледобычи

№ 124073000027-8

Теоретические основы цифровой трансформации горнотехнических систем предприятий минерально-сырьевого комплекса

Несмотря на общемировую тенденцию к отказу от углеводородного топлива в пользу возобновляемой энергетики, спрос на ископаемое топливо как самый надежный источник энергии (в том числе уголь) сохранится в ближайшие десятилетия. При этом перед топливно-энергетическим комплексом Российской Федерации, и, в частности, угольной промышленностью, стоит важная задача повышения эффективности освоения недр, внедрения цифровых и интеллектуальных технологий, переход на экологически чистые и ресурсосберегающие методы ведения

производственной деятельности. Реализация указанных планов будет осложняться существующими санкционными ограничениями и необходимостью переориентации угольных компаний на рынки сбыта стран Азиатского региона, где существует серьёзная конкуренция со стороны угледобывающих компаний Австралии, Индонезии и др. Немаловажным фактором, требующим адаптации угольной промышленности, является провозглашенный Парижским соглашением по климату тренд на повсеместное сокращение выбросов парниковых газов. Страны Азии уделяют существенное внимание экологической повестке, в частности, в Китае запланирован полный переход к углеродной нейтральности к 2060 г., поэтому логично предположить, что требованию к минимизации углеродного следа ввозимой продукции будут ужесточаться. В таких условиях предприятиям угольной промышленности для обеспечения повышения эффективности функционирования, а также сохранения конкурентоспособности как в экономическом, так и экологическом смыслах, необходимо проработать ряд научно-технических вопросов и задач: - разработка и внедрение инновационных технологий с элементами промышленной стратегии «Индустрия 4.0» на базе цифровых платформ и технологий; - развитие промышленного интернета вещей на предприятиях угольной промышленности с целью формирования единой информационно-управляющей инфраструктуры для мониторинга и управления производственными системами, технологическим оборудованием и персоналом, с возможностью обеспечения коммуникации с внешними субъектами (аварийно-диспетчерские службы, государственные органы, цифровые площадки и т.п.); - развитие отечественного горного машиностроения и разработка вспомогательных систем диагностики и мониторинга состояния узлов и агрегатов горного оборудования с применением технологии цифровых двойников; - освоение технологии добычи угля без постоянного присутствия персонала в очистных и подготовительных забоях на базе современных интеллектуальных роботизированных производственных систем; - развитие энерго- и ресурсосберегающих технологий, повышение экологичности ведения производственной деятельности угольными предприятий, в том числе внедрение проектов по созданию объектов малой генерации, работающей на извлеченном из угольных пластов метане; - разработка платформенных решений и адаптацию технологий дистанционного учета выбросов парниковых газов, создание математических моделей по нетто-обмену парниковыми газами между угольными предприятий и карбоновыми полигонами России; - организация взаимодействия науки и производства для укрепления научно-технической базы угольных компаний и отраслевых научных центров, обеспечивающих непрерывность процессов технологической модернизации производства в соответствии с передовыми мировыми практиками. Для решения вышеуказанных задач и эффективного планирования развития угольной промышленности целесообразно применение технологий имитационного моделирования, позволяющих оценить эффективность развития конкретной технологии в условиях ограниченного объема инвестиций. Кроме того, технология имитационного моделирования актуальна при построении цифровых двойников, создании архитектуры платформенных решений, обеспечивающих совершенствование систем управления как объектами угольной промышленности, так и природными ресурсами и недропользованием в целом. Отметим, что актуальность тематики исследования лаборатории подтверждается также соответствием указу Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», ряду позиций программы Фундаментальных исследования Российской Федерации (Распоряжение правительства РФ от 31 декабря 202 года №3684-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021—2030 годы).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»

№ 124123100023-1

Разработка фундаментальных основ моделирования, автоматизации и роботизации процессов горного производства для обеспечения оптимального управления и устойчивого функционирования горнотехнических систем

Объектом исследования являются процессы функционирования, моделирования, автоматизации и роботизации горного производства в рамках существующих и разрабатываемых горнотехнических систем. Основная цель фундаментальных и прикладных исследований состоит в развитии методических и технологических основ моделирования, управления и роботизации процессов, происходящих при функционировании интегрированных горнотехнических систем с использованием цифровых интеллектуальных методов, направленных на повышение эффективности и безопасности разработки месторождений полезных ископаемых и заключается: - в развитии методов получения достоверных данных о количественных и качественных характеристиках георесурсного потенциала месторождений, интеллектуального анализа данных, позволяющих разрабатывать геоинформационные модели нового уровня; - в формировании методических принципов автоматизированного 3-D моделирования геологических структур месторождений, учитывающих их сложную пространственную изменчивость; - в формировании концептуального подхода и методик проектирования, оценки состояния и прогноза функционирования горнотехнических систем при переходе горных предприятий к применению роботизированного оборудования; - в формировании принципов управления горно-технической системой на основе комбинированного применения цифровых инструментов управления горными работами во взаимосвязи с инструментами управления производственными активами путем формирования цифровых моделей месторождений и развития горных работ, интегрированных с системой управления комплексной механизацией и техническим состоянием каждой единицы техники парков горного оборудования, а также системами: управления горно-транспортными комплексами, оперативного управления технологическими процессами и горным оборудованием, в комплексе функционирующими в реальном времени и едином информационном пространстве.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124122400016-3

Математическое моделирование и создание компьютерных программ процессов наклонного бурения метан отводящих скважин на угольных шахтах

Объектом исследования научно-исследовательской работы являются методы проектирования траектории скважины наклонно-направленного бурения. Целью работы является исследование видов наклонно-направленного бурения, рассмотрение и сравнение методов проектирования траектории наклонно-направленной скважины. А также разработка математических моделей наклонно-направленного бурения. Возможность внедрения подтверждается при бурении скважин направленного бурения по породам и угольным пластам, осложнённым геологическими нарушениями в виде дизъюнктивных разрывов. Значимость заключается в контроле траектории скважины. И возможность использование результатов математического моделирования при проектировании скважин наклонно-направленного бурения по заданной траектории.

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

3.6 Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля

№ 124020500064-2

Разработка физико-химических основ перспективных технологий и материалов для энергоэффективного использования традиционных и альтернативных углеродсодержащих ресурсов

Получение этилена, метанола, CO и водорода методом окислительной конверсии различного углеводород содержащего сырья может стать одним из перспективных и наиболее энергоэффективных процессов переработки углеводородов сложного и переменного состава за счет относительной простоты, отсутствия необходимости в использовании катализатора и возможности проведения процессов конверсии в автотермических (в том числе сверхадиабатических) режимах. Процессы газификации твёрдых топлив приобретают особую значимость в связи с многочисленными энергетическими, экологическими и экономическими проблемами. Метод фильтрационного горения в режиме противотока (сверхадиабатические режимы) сочетает в себе высокую энергетическую эффективность и возможность обеспечения экологической чистоты при невысокой требовательности к качеству используемого твердого топлива. Одновременно необходимо изучение потенциала переориентации традиционных методов конверсии углеводородов на сырье сложного и переменного состава с целью увеличения глубины переработки добываемых углеводородов. В то же время переработка продуктов окислительной конверсии углеводородов в ценные нефтехимические продукты требует создания новых высокоэффективных каталитических процессов и катализаторов для них. Перспективными направлениями в данной области представляются разработка процессов карбонилирования продуктов окислительной конверсии (этилена и метанола), которые позволят с эффективностью близкой к 100% использовать исходное сырье, что увеличит экологичность и экономический потенциал переработки, а также процессы гидрирования-дегидрирования в мягких условиях, которые, при высокой селективности, могут решить проблему энергосбережения. Разработка упомянутых процессов не может быть успешной без детального моделирования и оптимизации энергоэффективности с различными уровнями детализации процесса. Кроме того, актуальность предлагаемых исследований определяется созданием средств априорной оценки безопасных условий эффективной эксплуатации изделий и процессов в различных климатических средах. Особый интерес при этом представляет исследование влияния периодического изменения расхода реакционной смеси на тепловую устойчивость процесса. Только сочетание высокоуровневого моделирования и экспериментальной верификации моделей позволит создать принципы для быстрой разработки инженерных решений современных энергоэффективных процессов глубокой переработки углеводородных ресурсов. Для повышения производительности процесса газового риформинга является актуальным увеличение температуры процесса, что требует проведения исследований закономерностей и физико-химических механизмов формирования и роста оксидных слоёв на поверхности проволочного материала матриц (сплав фехраль) и фазово-структурных превращений в объеме сплава (в том числе с нанесённым на поверхность жаростойким покрытием) в процессе окислительной конверсии при длительной эксплуатации в условиях температур выше 1200 К. Представляется также актуальным разработка методики поиска новых материалов мембран для сепарации водорода и методов модификации их структуры и свойств на основе результатов экспериментальных исследований и компьютерного моделирования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ 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

№ 124070500036-4

Ресурсосбережение 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: - разработку продукта: «Комплекс петрографического и рефлектометрического анализа «Уголь Эксперт»; - разработку продукта: «Полифункциональные органоминеральные геополимеры на основе глубокой переработки углей»; - разработку метода оценки поглощающей способности золошлаковых отходов по отношению к парниковым газам для технологии их секвестрации и утилизации; - разработку стандарта организации «Оценка потенциала нейтрализации в отходах добычи и обогащения минерального сырья»; - разработку

стандарта организации «Оценка склонности углей и угольной продукции к самовозгоранию»; - проведение работы в соответствии с Планом мероприятий по гармонизации требований, предъявляемых к углям, продуктам их переработки и горно-шахтному оборудованию между Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Российская Федерация) и Главным государственным управлением по контролю и регулированию рынка Китайской Народной Республики.

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

№ 124082600002-1

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 теплофизические 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 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124121100047-3

Разработка и испытание опытного образца эффективной зольной керамики на основе золошлаковых смесей ТЭЦ

Утилизация твердотопливных отходов (ЗШС) является значимой проблемой для Российской Федерации. На это указывает ряд документов: Постановление Правительства РФ №1557-р от 15.06.2022 г., в котором предусмотрено сокращения отходов от сжигания твердого топлива в два раза к 2035 г.; и ряд других высокозначимых документов. В России функционируют 172 ТЭЦ на твердом топливе, накоплено свыше 1,5 млрд тонн золошлаков. Нами проведенные исследования с учетом структурных особенностей (химического состава) ЗШС на успешность их применения в зольной керамике. Предварительно, полученные опытные образцы имеют высокую прочность выше аналога (керамического кирпича) на две марки для сравнения средняя марка керамического кирпича М150, зольной керамики М250, и более низкую стоимость, аналог в среднем 18 руб/штука, зольная керамика ориентировочно 10 руб/штука. Учитывая вышеизложенное, можно с уверенностью заявить о заинтересованности в потреблении разработанного продукта строительной отраслью. Дальнейшие исследования направлены на внедрение результата в производственный процесс получения зольной керамики методом полусухого прессования.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТЕХНОКЕРАМИКА»

№ 124112500013-2

Разработка технологии комплексной переработки техногенных отходов ТЭК с извлечением и использованием ценных компонентов для производства товарной продукции с высокой добавленной стоимостью

В структуре промышленных отходов (за вычетом отходов горно-обогатительной отрасли) до 30% объёма занимают золошлаковые отходы угольных ТЭС. Из 170 станций России на 72–х золоотвалы переполнены. Несмотря на это в РФ нет ни одного предприятия по комплексной переработке золошлаков. Воздействие золоотвалов на окружающую среду: загрязнение воздуха, рек, водоёмов – весьма ощутимо, с учётом того, что большинство из полигонов находятся либо в населённых пунктах, либо в непосредственной близости от них Переработка ЗШО сдерживается отсутствием технологий, обеспечивающих одновременно экологическую безопасность, экономическую эффективность и крупнотоннажную переработку. Целью проекта является решение проблемы утилизации промышленных отходов предприятий ТЭК через разработку и внедрения комплексной технологии утилизации золошлаковых отходов. Результатами проекта будут импортозамещающие продукты: диоксид кремния, концентраты РЗМ и наукоёмкие технологии производства новых материалов, изготовленных без использования природного сырья.

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

№ 124062400079-7

Полномасштабная утилизация отходов от сжигания бурых углей с получением высокотехнологичных продуктов строительного назначения

В работе предполагается исследовать обогащение и активацию отходов буроугольных тепловых электростанций Сибири и Дальнего Востока, представляющих интерес с точки зрения их эффективного применения в составе минеральных вяжущих композиций и строительных материалов на их основе. Обогащение и активация отходов сжигания бурого угля с применением современных подходов к получению реактивного порошкового материала обеспечит более глубокое и масштабное использование образующегося (выделившегося) обогащенного зольного продукта в производстве высокотехнологичной строительной продукции. Данные, полученные по результатам исследования, также могут способствовать движению к более экологически чистой и экономичной строительной отрасли и формированию комфортной природной среды с максимальным вовлечением в производственный оборот вторичной промышленной продукции. Активация зольных продуктов может способствовать не только увеличению дисперсности, но и возникновению сложных физических, химических и механохимических явлений, сопровождающих процессы активации и обогащения. Это обеспечивает не только получение высокодисперсных активных продуктов с необходимой гранулометрией на основе зольных продуктов, но и повышает их физическую и химическую активность в составе композиционных вяжущих и бетонов на их основе. Таким образом, целью данного проекта было получение новых фундаментальных знаний и ряда важных зависимостей в инженерной практике для описания процессов обогащения (активации) зольных порошков на основе зольных отходов сгорания бурых углей и их влияния на структуру и свойства. многофазных вяжущих минеральных композиций, используемых в производстве инновационных вяжущих и бетонов. Хотя добавление алюмосиликатных микросфер к цементу в бетонной смеси снижает водопотребность смеси (водоцементное соотношение), снижает общую себестоимость производства, но дает более высокую прочность бетона, чем чистый портландцемент. Таким образом, разделение кислых золошлаковых отходов с выделением отдельных однородных компонентов (алюмосиликата, магнетита, техногенного углерода) позволяет более эффективно использовать их в промышленном производстве. Таким образом, целью данного проекта является получение новых фундаментальных знаний и ряда важных в практической деятельности зависимостей для описания процессов обогащения и активации зольных порошков на основе золоотходов от сжигания бурого угля и их влияния на структуру и свойства многофазовых вяжущих минеральных композиций, применяемых в производстве инновационных вяжущих и бетонов.

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

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

№ 124021200057-4

Разработка фундаментальных и прикладных основ перспективных методов увеличения эффективности малоразмерных газотурбинных двигателей беспилотных летательных аппаратов и аэрокосмических транспортных систем, а также наземных энергетических установок

Цели проекта:

1. Создание методов глобальной оптимизации параметров микротурбинных установок, включая методы оптимизации компрессоров и турбин, камер сгорания, учитывающих сложные явления ламинарно-турбулентного перехода, подвода тепла и охлаждения, физико-химические превращения и излучение.

2. Разработка и совершенствование методов математического и численного моделирования течений в проточной части перспективных турбомашин при низких числах Рейнольдса, с учетом ламинарно-турбулентного перехода.

3. Разработка методов математического и численного моделирования процессов горения в камере сгорания при наличии разветвленных (стримерных) СВЧ разрядов, холодной неравновесной плазмы, ударно-волновых и детонационных процессов, с учетом физико-химических превращений и излучения.

4. Совершенствование методик численного расчета термонапряженного состояния, теплообмена и охлаждения стенок камер сгорания, сопловых аппаратов и колес турбин малогабаритных газотурбинных установок.

5. Создание практических методик расчета и исследование

лепестковых газодинамических подшипников с подпорными демпфирующими лепестками, работающих при высоких давлениях и температурах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВОЕНМЕХ» ИМ. Д.Ф. УСТИНОВА»

№ 124032800034-5

Разработка технологии изготовления, изготовление и испытания опытного образца композиционного порошкового материала на основе интерметаллидной матрицы NiAl для газотермического напыления прирабатываемых покрытий, работающих при температурах до 1000°С

Проект «Разработка состава и технологии изготовления композиционного порошкового материала на основе интерметаллидной матрицы NiAl для газотермического напыления прирабатываемых покрытий, работающих при температурах до 1000°С» направлен на решение проблемы, связанной с созданием материала, предназначенного для нанесения прирабатываемого уплотнительного покрытия на детали проточной части ГТД и ГТУ, работающих в условиях высоких температур (свыше 750ºС).

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЯР-НК»

№ 124042600005-6

Интеллектуальный анализ данных о техническом состоянии турбомашин и турбоустановок

Интеллектуальный анализ данных работы технического оборудования является актуальной задачей, особенно для такого сложного как газотурбинные установки (ГТУ). Широкая область применения ГТУ определяет большое разнообразие принципиальных схем установок и условий их эксплуатации, что, соответственно, приводит к наличию большого количества индивидуальных особенностей мониторинга и диагностирования газотурбинного оборудования. Системами автоматизированного управления ГТУ ежесекундно осуществляется запись тысяч параметров работы установок и их систем, которые могут использоваться при анализе больших данных. Опыт эксплуатации показывает, что одних только этих данных недостаточно для осуществления предиктивного анализа состояния оборудования. С определенной периодичностью проводятся технические осмотры оборудования, результатами которых являются не оцифрованные и не структурированные данные в виде экспертных отчетов. Исследование направлено на разработку подхода к структурированию и обработке данных об оборудовании, проведение интеллектуального анализа этих данных для оценки и прогнозирования технического состояния оборудования.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124051500013-4

Оптимизационные инструменты для перехода на отечественные парогазовые технологии

Целью проекта является создание универсальных инструментов для прогнозирования и оптимизации параметров, структуры и режимов работы, с целью ускорения процесса ввода разрабатываемых установок в промышленный цикл. Задачи проекта: 1. Разработка рекомендаций для оптимизации начальных параметров и структуры утилизационного контура теплофикационных ПГУ при проектировании новых и модернизации действующих ТЭЦ на базе применения перспективных отечественных газовых турбин. 2. Разработка рекомендаций для выбора и корректировки тепловой нагрузки и рациональной доли раздельной выработки новых и действующих теплофикационных ПГУ при замене импортного оборудования на отечественные газовые турбины. 3. Разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации топливных затрат теплофикационных ПГУ на базе отечественного газотурбинного оборудования. 4. Разработка научно обоснованных рекомендаций по применению перспективных технологий повышения экологичности ПГУ. 5. Разработка базы имитационных моделей проектируемых и действующих ПГУ-ТЭЦ на территории РФ для анализа и прогнозирования системных последствий масштабного перевода ПГУ-ТЭЦ на отечественные газотурбинные технологии. 6. Разработка российского ПО, работающего с использованием имитационных моделей на базе отечественных газовых турбин, способного быстро прогнозировать эффект от изменения параметров и структуры ПГУ-ТЭЦ.

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

№ 124051600049-2

Научные основы создания природоподобных материалов и конструкций с заданным комплексом свойств с использованием передовых технологий цифрового проектирования, моделирования и аддитивного производства

Проект направлен на комплексный подход достижения поставленной цели. В связи с этим необходимо решить ряд самостоятельных задач: 1. Создание научных основ новых природоподобных металлических материалов с пространственным изменением химического состава методом аддитивных технологий и проектирование функциональных конструкций, превосходящие подобный уровень научных результатов в мире; 2. Создание научных основ новых природоподобных полимерных и металлических функционально-градиентных материалов и конструкций на их основе с применением современных методов цифрового проектирования, прогнозирования свойств и их изготовление с использованием технологий аддитивного производства, превосходящие подобный уровень научных результатов в мире; 3. Создание новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования новых природоподобных функционально-градиентных метаматериалов и конструкций, аддитивного производства изделий с заданным комплексом свойств превосходящие подобный уровень научных результатов в мире;

4. Формирование базы данных механических метаматериалов и соответствующих им механических характеристик, полученных с использованием технологий аддитивного производства, для дальнейшего их синтезирования и адаптирования конечного продукта под конкретную задачу, превосходящие подобный уровень научных результатов в мире; 5. Разработка научно-технологических основ создания новых материалов с природоподобной геликоидальной структурой и формирование инновационных решений по проектированию и изготовлению защитных элементов и демпферов для автомобилестроения, судостроения, а также авиационной и военной промышленности методами аддитивного производства, превосходящие подобный уровень научных результатов в мире; 6. Разработка научно-технологические основы проектирования сетчатых конструкций для систем охлаждения деталей турбин высокого давления газотурбинных установок, превосходящие подобный уровень научных результатов в мире; 7. Разработка научно- технологических основ создания природоподобных материалов из биомедицинских сплавов методом селективного лазерного плавления, превосходящие подобный уровень научных результатов в мире; 8. Разработка научно-технологических основ проектирования высокооборотной турбины и бурового долота с природообразным расположением вооружения (принцип золотого сечения, числа Фибоначчи), превосходящие подобный уровень научных результатов в мире. Ожидаемые результаты проекта позволят разработать научно- технологические основы мирового уровня в области создания природоподобных материалов и конструкций с заданным комплексом свойств с использованием передовых технологий цифрового проектирования, моделирования и аддитивного производства, полученные в ходе эволюции природы и животного мира (природоподобие) и обеспечат технологический суверенитет России по сквозным технологиям.

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

№ 124052200007-3

Синтез и свойства композитов оксидное волокно/высокоэнтропийный сплав для ультравысокотемпературного применения

Потенциал используемых жаропрочных сплавов на основе Ni ограничен рабочей температурой около 1100 °С, по физическим причинам и уже не соответствуют требованиям, предъявляемым к энергетическим установкам турбинного типа нового поколения. Дальнейшего повышения рабочих температур энергетических установок турбинного типа связана с необходимостью повышения характеристик газотурбинных двигателей (ГТД) и газотурбинных установок (ГТУ) (снижением необходимого запаса топлива и с соответствующим увеличением полезной нагрузки летательного аппарата), сокращением расхода топлива ГДТ на стадии полета, и ГТУ при генерации энергии и при газотранспортной перекачке, снижением нагрузки на окружающую среду путём сокращения вредных выбросов в атмосферу и др. Актуальным направлением, в области разработки новых материалов для изготовления высокотемпературных конструкционных деталей являются тугоплавкие металлы Nb, Mo, Cr и сплавы на их основе. Однако при их разработке возникают трудноразрешимые проблемы, связанные с конфликтом прочность – трещиностойкость. Эти трудности могут быть преодолимы в случае сочетания волоконных композитов и металлической матрицы. Относительно новым подходом к разработке высокотемпературных материалов является их формирование на принципиально новой концепции, которая исключает наличие базового компонента, а строится на использовании одновременно нескольких металлов с относительно близкими концентрациями. Такие сплавы получили название высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) (в мировой литературе -high entropy alloy (HEA). В этой связи наибольший интерес вызывают ВЭС с потенциально высокими физико-механическими характеристиками в условиях воздействия повышенных температур, получившие в мировой литераторе аббревиатуру RHEA (Refractory high entropy alloy). Такие сплавы формируются из тугоплавких элементов (Nb, Mo, Cr, Ta, V, W, Hf, Zr, Ti) и др., при этом имеют как правило однофазную структуру твердого раствора с ОЦК кристаллической решеткой. Настоящий проект направлен на решение фундаментальной проблемы, связанной с разработкой и получением новых материалов, сочетающих в своем составе оксидное волокно/ ВЭС (матрица), способных к длительной эксплуатации, в условиях воздействия высокой температуры (более 1200 °С) и механических нагрузок. В предлагаемом проекте впервые будет использован комплексный подход, объединяющий: -разработку эффективных методов получения литых ВЭС на основе тугоплавких металлов, методами центробежной СВС-металлургии с использованием исходного оксидного сырья (оксидов металлов); -разработку физико-технологических параметров получения оксидных волокон, методом внутренней кристаллизации (МВК), применительно к получению ранее не исследованных композитов семейства оксидное волокно/ВЭС на основе тугоплавких металлов; -разработке физико-технологических приемов получения композитов по жидкофазной и твердофазной технологии, на основе синтезированных ВЭС, структурно упрочненных оксидными волокнами, а также всесторонний структурно-фазовый анализ полученных композиционных материалов и анализ физико-механических свойств, включая испытания при высоких температурах. Выполнение исследований, в рамках заявленного проекта, позволит получить большой объем знаний о механизмах формирования ВЭС в процессах СВС-металлургии, о механизмах взаимодействия, составляющих композита на границе раздела фаз и установлении взаимосвязи структурных факторов и характера поведения материалов при Т 1200°С). Запланированные исследования является пионерскими и опережает мировой уровень исследований, проводимых в данной области. Актуальность таких исследований обусловлена тем, что полученные материалы могут иметь практический интерес сразу для нескольких высокотехнологичных отраслей промышленности: авиационное двигателестроение, энергетические установки наземного типа для энергогенерации и транспорта газа, малые энергетические установки различного применения в образцах современной и перспективной техники и др.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СТРУКТУРНОЙ МАКРОКИНЕТИКИ И ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.Г. МЕРЖАНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124053000013-3

Исследование и разработка порошкового композита Cr-Cr2Ta

Настоящий проект направлен на получение методами порошковой металлургии жаропрочного и жаростойкого композита Cr-Cr_2Ta и изучение его физико-химических свойств в порошковом и компактном состоянии. Актуальность данного проекта определяется необходимостью разработки новых жаропрочных и жаростойких материалов с рабочей температурой более 1200°С для создания более эффективных газотурбинных двигателей для энергетики и авиакосмической

отрасли России. Композиты типа Cr-Cr_2Ta предназначены для замены современных никелевых суперсплавов и сплавов на основе хрома с рабочими температурами не более 1100-1150°C. В передовых зарубежных странах (США, Европа) данные материалы разрабатываются и применяются уже более 20 лет. В России на текущий момент данные материалы не применяются и не разрабатываются. Предлагаемый проект является по своей сути продолжением работ проекта РНФ №22-23-20113 (Исследование и разработка порошкового интерметаллида Cr_2Ta как основы новых жаропрочных композитов системы Cr-Cr_2Ta) и представляет первую попытку разработки жаропрочного композита Cr-Cr_2Ta в нашей стране. Актуальность данной разработки более чем очевидна. В условиях наложенных западными странами санкций, которые особенно коснулись запрета на поставки в нашу страну новых материалов и двигателей для гражданских самолётов (Сухой супер джет SSJ-100 и др.), газотурбинных установок для перекачки нефти, газа, аммиака, пара и т.д., необходимость в импортозамещении и создании новых материалов чрезвычайно высока. Для выполнения поставленной цели в проекте предлагается использовать технологию, включающую следующие основные операции: металлотермический (гидридно-кальциевый) синтез порошка композита Cr-Cr_2Ta из оксидного сырья и его консолидацию методами прессование + спекание и/или искрового плазменного спекания. В ходе выполнения проекта будут проведены исследования процессов восстановления оксидов металлов гидридом кальция (Cr_2O_3 + Ta_2O_5 + CaH_2) при температурах не более 1200 °C с получением продуктов реакции в виде смеси Cr, Cr_2Ta и CaO. Будут определены условия консолидации порошков для получения компактных заготовок с минимальной пористостью. В настоящий момент в зарубежной литературе представлены свойства композиций Cr-Cr_2Ta только эвтектического состава, что обусловлено сложностью получения данного композита традиционными методами плавление-кристаллизация и невозможности получения композитов с другим соотношением фаз требуемого качества. В предлагаемом проекте будут получены и исследованы свойства трёх состав Cr-Cr_2Ta (доэвтектический, эвтектический и заэвтектический), что существенно расширяет возможности и области применения композитов для различных условий. Актуальность обозначенной проблемы подтверждается рядом работ ведущих российских учёных, в которых остро поставлена проблема создания жаропрочных и жаростойких материалов, которые бы удовлетворяли требованиям, предъявляемым современной отраслью двигателе- и ракетостроения как в России, так и в мире в целом. За рубежом активно работают над поиском новых материалов на основе наиболее перспективных тугоплавких матриц. Считается, что одним из главных критериев выбора жаропрочного материала является его температура плавления. В связи с этим в качестве тугоплавких матриц могут рассматриваться интерметаллиды на основе Mo, Nb, Cr, например, Cr_2Ta, Nb_3Al, Mo_3Al, Nb_5Si_3, Mo_3Si, имеющие высокие температуры плавления (более 2000 °C). Обзор литературы показал, что в России кроме системы Nb_5Si_3-Nb(Si) новыми композитами на основе Cr и Mo практически никто не занимается. Научная новизна настоящего исследования заключается в том, что впервые будут получены композиты Cr-Cr_2Ta в виде порошка и компактных образцов, изучены их физико-химические и жаростойкие свойства. Впервые будут исследованы особенности низкотемпературного (не более 1200°C) гидридно-кальциевого синтеза композита Cr-Cr_2Ta (температура солидуса 1760°C) и процессов его консолидации с получением компактной заготовки.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «МЕТСИНТЕЗ»

№ 124061900055-9

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка научно-технических основ создания авиационного гибридного двигателя малой мощности и его системы автоматического управления. Этап 2024 г

Научно-исследовательская политика предлагаемого направления заключается в подготовке высококвалифицированных специалистов, способных осуществлять исследования, проектирование и эксплуатацию авиационных двигателей и энергетических установок на их основе, решать научные, проектные и эксплуатационные задачи в области авиационного машиностроения с учетом энергосбережения и энергосберегающих технологий, применяя передовые цифровые технологии и принципиально новые технические решения. Проект направлен на развитие основных фронтирных путей эволюции в авиадвигателестроении: Рост сложности систем — подсистем — компонентов, мультидисциплинарность, киберфизические системы. Рост сложности технологий: мультитехнологичность, лучшие в классе, кросс-отраслевой трансфер, комплексирование, цифровые платформы, экосистемы. В мировом авиастроении происходят радикальные преобразования, связанные с внедрением новых технологий, стандартов и методов цифрового производства. В настоящее время наблюдается существенное отставание российских предприятий авиационной промышленности от мировых лидеров в использовании передовых цифровых технологий. На предприятиях требуется создание комплексного платформенного технологического и программного решения, которое будет объединять в себе функционал систем по подготовке производства (системы CAD, CAM, CAE, PDM), систем управления производством (системы MES и ERP) и системы управления ресурсами EAM. Развитие компетенций кадров авиационной промышленности в области цифровых технологий с использованием методов форсайта определило набор компетенций, необходимых для применения современных цифровых технологий в авиационной промышленности. Предлагается осуществить на этой основе подготовку специалистов принципиально нового типа, способных стать «цифровыми лидерами» на предприятиях и обеспечить цифровую трансформацию отрасли, а также массовую и быструю переподготовку имеющихся кадров. Для развития научных, конструкторских, инженерных кадров авиационной науки, обеспечения ее лидерства в развитии человеческого капитала России будут реализованы следующие меры: • восстановление и развитие отечественной научной и инженерной школы СПбПУ в области авиации; • поддержка ее деятельности, распространение и популяризация научно-технических достижений; • адаптация системы подготовки, переподготовки, повышения квалификации кадров для авиационной науки к прорывным научно-технологическим направлениям и современным профессиональным компетенциям в областях цифровизации и информатизации, новых материалов и технологий, интеллектуальной собственности; • развитие и тиражирование лучших практик интеграции авиационной науки и образования, реализуемых научными организациями и ОКБ, включая создание базовых кафедр, совместных лабораторий, научно-образовательных центров; • формирование программ привлечения и закрепления молодежи в авиационной науке, предусматривающих целевую подготовку специалистов, специальные гранты, поддержку академической мобильности, участие в перспективных проектах и др. Актуальность исследования обусловлена необходимостью решения больших (фронтирных) инженерных задач в интересах высокотехнологичной авиадвигателестроительной промышленности и обеспечения импортозамещения, технологического суверенитета и национальной безопасности в условиях мобилизационной

экономики. В проекте будут использованы передовые технические решения – высокоперепадные турбины конструкции ЛПИ, высокооборотные радиально-осевые центростремительные турбины, центробежные компрессоры и синхронные двигатель/генераторы на постоянных магнитах; газодинамические, газостатические и магнитные подшипники; высокочастотный преобразователь и высокоэффективные малогабаритные аккумуляторы. Сочетание таких технических решений в оптимизационных тепловых схемах позволит обеспечить высокую экономичность и надежность, минимальные массогабаритные характеристики гибридного двигателя. Результатом проекта должны стать научно-технические основы (в том числе Научно-технические отчеты по этапам и конструкторская документация – теоретические чертежи для создания авиационного гибридного двигателя малой мощности), что позволит перейти к рабочему проектированию гибридного двигателя малой мощности на основе технологии цифровых двойников. Будут разработаны основы цифрового двойника турбогенераторной установки в части одномерных и трехмерных математических моделей и матрицы граничных условий и ресурсных ограничений, которые позволят проводить оптимизацию технических характеристик основных узлов с целью снижения материальных затрат, прогнозирования аварийности, моделирования внештатных ситуаций. Будет разработана документация на цифровую систему автоматического управления турбогенераторной установки и далее создан цифровой двойник электронной модульной системы автоматического управления (САУ), включающей в себя: программный комплекс, обеспечивающий решение задач моделирования алгоритмов САУ; комплекс взаимоувязанных тепловых, механических и математических моделей САУ; программно-аппаратный стенд цифровых испытаний САУ. В то же время в рамках выполнения НИОКР планируется валидация и верификация математических моделей на стенде. Отличительной особенностью работы является интеграция математических моделей ГТУ с цифровым двойником САУ. На этапе 2024 года ожидаемым результатом является модификация ранее разработанных математических моделей под разработку микротурбинных установок, выполнение расчетно-экспериментальных исследований малорасходных высокоэффективных микротурбин, валидация модернизированных методик на стенде ТГ-16М.

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

№ 124062400085-8

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Цифровая платформа разработки и применения цифровых двойников CML-Bench. Разработка новой улучшенной версии. Этап 2024 г

Данный проект направлен на решение актуальных государственных задач: импортонезависимость (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, киберфизичических 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. На этапе 2024 года будет доработан и обновлен модуль расчетных цепочек (WorkFlow). В рамках развития инструментария будет продолжена разработка и модернизация методологии обобщенного системного инжиниринга и проектирования, цифровых технологий и цифровой платформы 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.

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

№ 124062400090-2

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Исследовательские работы по разработке и внедрению технологии создания цифровых двойников газотурбинных двигателей авиационного, морского и наземного назначения. Этап 2024 г

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 взаимоувязанные 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. На этапе 2024 года планируется создание модуля проектирования лопаточных машин, позволяющего проводить проектирование лопаточных машин с учетом результатов термодинамических, теплогидравлических и термомеханических расчетов, готовый к интеграции в платформу разработки и применения цифровых двойников CML-Bench.

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

№ 124062400091-9

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Отраслевая кастомизация и внедрение платформы по разработке цифровых двойников CML-Bench. Этап 2024 г

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. На этапе 2024 года будет разработан пользовательский интерфейс в платформе разработки и применения цифровых двойников CML-Bench, позволяющий осуществлять полноценную работу пользователя с модулем проектирования лопаточных машин, в том числе с возможностью использования результатов виртуальных испытаний газотурбинных двигателей, хранящихся в платформе.

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

№ 124091700007-7

Разработка цифрового двойника технологического процесса литья в ХТС корпусных деталей ГТД

Целевым продуктом реализации инновационного проекта является разработанный верифицированный цифровой двойник (в виде методики компьютерного моделирования) технологического процесса литья в холодно-твердеющие смеси (ХТС) корпусных деталей газотурбинного двигателя, включающий: разработку и согласование с конструкторами 3D моделей деталей 24.101.002 Картер вала заднего винта (КВЗВ) и 60.100.002 Корпус; конечно-элементное проектирование технологической системы; работу в препроцессоре (задание граничных, начальных и контактных условий) и работу в постпроцессоре (анализ результатов моделирования). Разрабатываемая продукция в виде методики моделирования будет востребована в металлургическом производстве (у технологов-литейщиков). Отличие разрабатываемого цифрового двойника процесса литья в ХТС от уже существующего 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 плавок с целью подбора оптимальных технологических режимов при внедрении новой технологии изготовления за счет отработки технологических процессов на цифровых двойниках; - снижение доли литейного брака за счет проведения экспериментальных исследований по прогнозированию дефектов на верифицированных цифровых моделях; - оптимизация металлоемкости и трудоемкости технологических процессов изготовления корпусных деталей за счет проведения итерационных компьютерных расчетов; - уменьшение массо-габаритных характеристик стержневых ящиков по сравнению с существующей и используемой технологией 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 внедрения новой технологии литья в ХТС при изготовлении корпусных деталей. 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»

№ 124092400027-5

Разработка основных элементов теории процессов микровзрывной фрагментации гетерогенных жидкостей при микроволновом и плазменном нагреве применительно к подготовке топлив к сжиганию в камерах сгорания газотурбинных двигателей

В рамках предлагаемого проекта запланирована разработка основных элементов теории процессов микровзрывной фрагментации гетерогенных жидкостей в виде двухжидкостных капель, эмульсий, суспензий при микроволновом и плазменном нагреве применительно к подготовке топлив к сжиганию в камерах сгорания газотурбинных двигателей под современные и перспективные требования топливно-энергетического сектора, химической

и нефтяной промышленности на базе результатов лабораторных экспериментов, стендовых и натурных испытаний, а также многопараметрического математического моделирования с учетом всех технологических этапов: поиск перспективного сырья, компонентов и добавок для инициирования интенсивной микровзрывной фрагментации при тепловом воздействии, их приготовление, стабилизация, хранение, первичное и вторичное распыление в условиях интенсивного микроволнового и плазменного нагрева, горение, улавливание выбросов, формирование замкнутых циклов для возврата части продуктов в технологический цикл. Магистральное направление работы – создание уникальных экспериментальных стендов и комплексов, а также программных кодов и модулей для управления процессами микровзрывного измельчения при различных условиях нагрева, в частности при микроволновом и плазменном, аналогов которых в мире нет, с широким спектром практических приложений с целью повышения экономических, экологических, энергетических, технологических показателей работы оборудования. К настоящему моменту времени во всем мире интенсифицирована работа по снижению антропогенных выбросов; повышению эффективности работы технологического оборудования; созданию новых материалов и топливных композиций для различных практических приложений. Новые материалы и топливные композиции, способные к микровзрывной фрагментации, при определенном комплексе мер по их подготовке и нагреву, а также с применением новых знаний об их структуре позволят решить поставленные задачи. Применение электромагнитного излучения позволит организовать взрывную фрагментацию топлива изнутри вследствие объемного парообразования. В связи с современными тенденциями по импортозамещению особенно актуальной становится формулирование рекомендаций и разработка цифровых двойников узлов технологических процессов, куда будут внедрена накопленная база научных знаний по результатам выполнения данного проекта. В России и в мире в настоящее время нет аналогов технологических комплексов со сложными и взаимосвязанными процессами тепломассопереноса с физико-химическими превращениями при микровзрывной фрагментации гетерогенных жидкостей. В рамках проекта планируется провести эксперименты и численные расчеты с наиболее перспективными рецептурами композиций, способных к микровзрывной фрагментации, для топливно-энергетического сектора, химической и нефтяной промышленности и создать цифровые модели для их использования в условиях пламенного и микроволнового нагрева с учетом оптимизации ключевых технологических параметров. С учетом многопараметричности задач и широкого класса практических приложений, вызванных колоссальным разнообразием свойств сырья и компонентов, эффектов, факторов, процессов, переходов можно успешно создавать, испытывать и вводить в эксплуатацию только при глубокой фундаментальной проработке за счет проведения фундаментальных поисковых исследований на лабораторных стендах и малоразмерных пилотных установках и с последующим обезразмериванием ключевых параметров, построением физических и математических моделей. Важно соответствие альтернативных топлив широкому перечню нормативных показателей (от 30 до 50 основных показателей). В этой связи в рамках проекта запланирован взаимодействие и работа с Индустриальными партнерами, эксплуатирующими и разрабатывающими двигатели и установки нового поколения.

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

№ 124101500492-9

Исследование и разработка перспективных технологий снижения удельного расхода топлива и повышения ресурса малогабаритных турбогенераторов и турбореактивных двигателей

Малоразмерные ГТД (МГТД) нашли широкое применение в качестве основных и вспомогательных силовых установок для транспортных средств различного назначения. Для МГТД характерно большое число типов двигателей, различающихся по назначению, условиям применения и имеющих существенно отличающиеся друг от друга конструктивные схемы и удельные параметры. Существует объективная необходимость повышения эффективности МГТД и изыскания дополнительных резервов экономии топлива, финансовых и материальных ресурсов. Цели работы: разработка новой методологии создания малоразмерных газотурбинных двигателей, базирующейся на их полном математическом описании и применении многокритериальной оптимизации, что должно позволить существенно сократить сроки и стоимость разработки, а также повысить характеристики изделия. Целевыми функциями при создании систем проектирования, изготовления и испытаний малоразмерных ГТД являются: - сокращение сроков создания опытного образца до 1…1,5 лет в зависимости от назначения и тяги двигателя; - сокращение себестоимости производства серийного образца до 0,4…4,0 миллионов рублей в диапазоне тяг 20-150 кг; - увеличение ресурса до 100…1000 часов в зависимости от назначения двигателя. Результатами предоставления гранта станут созданные объекты интеллектуальной собственности в рамках поддержанных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для обеспечения технологической независимости и глобальной конкурентоспособности российских беспилотных авиационных систем по приоритетному направлению технологий «Энергетические и силовые установки».

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

№ 124111100010-8

Определение оптимальных факторов регулирования для обеспечения работы в широком климатическом диапазоне газотурбинной энергетической установки

Основанием для реализации проекта стали результаты конкурса студенческих инновационных проектов, реализуемых на территории Самарской области в соответствии с приказом исполнительного директора Инновационного фонда Самарской области от 26.08.2024 № 3. Цель реализации проекта: обеспечить эмиссию загрязняющих веществ в рамках нормируемых значений для газотурбинных двигателей (ГТД) НК-14СТ и НК-14СТ-10 с малоэмиссионной камерой сгорания (МЭКС), при обеспечении требуемой мощности двигателей, в диапазоне дроссельной и климатической характеристик. Целевым продуктом инновационного проекта является комплексная модель ГТД, отличающаяся от существующих наличием редуцированной модели камеры сгорания. Комплексная модель ГТД учитывает особенности рабочего процесса камеры сгорания и влияние на неё климатических условий. Полученные результаты позволят существенно снизить уровень выбросов вредных веществ газотурбинными энергетическими установками и в дальнейшем обосновать требования к системе регулирования, что позволит расширить диапазон рабочих условий НК-14СТ и НК-14СТ-10. Итогом выполнения работ станет отчёт о выполненных работах, содержащий: - обзор литературы по влиянию изменения

каждого из управляющих факторов на эмиссию загрязняющих веществ и КПД узлов; - формирование редуцированной модели КС по потерям полного давления, полноте сгорания, эмиссии CO и NOx. Разработку комплексной модели ГТД с учётом редуцированной модели камеры сгорания; - идентификацию термогазодинамической модели по полученным характеристикам; - оценку параметров камеры сгорания при изменении каждого из управляющих факторов на основе редуцированной модели КС; - оценку параметров камеры сгорания на основе редуцированной модели КС, для сочетаний управляющих факторов, оптимальных по критерию минимальных потерь КПД узлов; - комплексную модель ГТД; - техническое предложение на тему возможной модернизации системы управления существующим двигателем; - цифровые модели в формате файлов ПО «Астра»; - копию заявления о государственной регистрации программы для ЭВМ.

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

№ 124120400027-5

Разработка мобильного газотурбинного энергетического агрегата (газотурбинной установки), предназначенного для производства электроэнергии и обеспечения промышленных и бытовых потребителей, в целях осуществления экспортных поставок

Описание продукции и ее предназначения. В настоящее время разрабатывается мобильный газотурбинный энергетический агрегат номинальной электрической мощностью 2 МВт (далее - ГТЭА). ГТЭА имеет также альтернативное наименование - газотурбинная электростанция или установка. ГТЭА предназначена для производства и обеспечения электроэнергией промышленных и бытовых потребителей, а при использовании котла-утилизатора – для совместного производства электрической энергии, горячей воды и пара. ГТЭА могут быть применены в качестве генераторов электроэнергии и для отопления зданий и сооружений гражданского или сельскохозяйственного назначения, при строительстве новых объектов и реконструкции существующих муниципальных котельных, ГРЭС и ТЭЦ, а также объектов ЖКХ. Мобильные ГТЭА, разрабатываемые в рамках предлагаемого к реализации проекта, планируются к поставке в полной заводской готовности и размещению как внутри помещения, так и на открытой площадке, а также могут использоваться: • в качестве основного или резервного источника питания; • автономно или параллельно с другими источниками электроэнергии; • при строительстве новых объектов для производства электроэнергии, тепла и пара, а также на объектах ЖКХ и при реконструкции существующих муниципальных котельных, ГРЭС и ТЭЦ. Основными узлами ГТЭА являются газотурбинный двигатель собственной разработки и генератор, размещаемые в шумотеплоизолирующем контейнере. Планируется, что ГТЭА будет укомплектована всеми необходимыми системами обеспечения (топливной, пусковой, масляной и другими) и вспомогательными устройствами. Топливо: Природный газ по ГОСТ 5542 или ОСТ 51.40, попутный нефтяной газ; При необходимости, в зависимости от параметров газа на объекте эксплуатации, опционально в комплект поставки ГТЭА может быть включен блок подготовки топливного газа обеспечивающий: 1. Повышение давления ТГ; 2. Подогрев/охлаждение; 3. Редуцирование; 4. Очистку; 5. Измерение расхода; В зависимости от применения ГТЭА коэффициент использования топлива может достигать - 90%. Применение малоэмиссионной камеры сгорания в купе с высокой температурой выхлопных газов позволит напрямую использовать тепло уходящих газов для предварительного подогрева воздуха топки, печи или обычного котла, сушки, в том числе при производстве кирпича или корма для животных. При номинальной нагрузке ГТЭА доступно до 5 МВт тепла чистых выхлопных газов. В качестве привода будет применен газотурбинный двигатель собственной разработки. ГТЭА планируется к поставке в виде блока высокой заводской готовности, который можно транспортировать железнодорожным, автомобильным и водным транспортом. Габариты блоков соответствуют размером морских грузовых контейнеров. Комплектация блока подбирается индивидуально под конкретные параметры газа на объекте эксплуатации. Описание преимущества продукции по отношению к аналогам или предыдущим модификациям: Разрабатываемый ГТЭА будет иметь следующие преимущества по сравнению с аналогами данного класса: • Не требуется строительство дополнительных зданий, что ведет к снижению капитальных затрат при строительстве объекта; • Все установки проходят полный цикл заводских испытаний до отправки заказчику; • Минимальное количество обслуживающего персонала позволяет снизить эксплуатационные расходы; • Высокая степень заводской готовности, что значительно снижает сроки монтажа, пусконаладочных работ и ввода объектов в эксплуатацию; • Имеет малоэмисионную камеру сгорания, обеспечивающую пониженную концентрацию выбросов NOx в сравнении с российскими аналогами; • Соответствие экологическим требованиям по эмиссии вредных веществ и шуму; • Возможна работа как параллельно в сеть, так и автономно, что существенно повышает энергобезопасность объектов, позволяя при аварийном отключении потребителей от сети автоматически переходить на локальную нагрузку, предотвращая тем самым негативные последствия аварий в сети; • Оперативное и качественное техобслуживание специалистами компании; • Высокая эффективность в когенерационном цикле. Описание рыночного потенциала продукции: Создаваемый ГТЭА будет эффективен, надежен и экологичен, поэтому идеально подходит для нефтегазового и морского сектора промышленности, где данные критерии являются приоритетными. ГТЭА может быть выполнен в индивидуальной конфигурации для удовлетворения конкретных требований заказчика. ГТЭА в простом цикле идеально подходит для применения в технологических и отопительных циклах за счет применения котла утилизатора. Использование ГТЭА в составе ТЭЦ является экономичным, практичным и экологически чистым способом производства тепла и энергии. ГТЭА могут быть применены в качестве генераторов электроэнергии и для отопления зданий и сооружений гражданского или сельскохозяйственного назначения, при строительстве новых объектов и реконструкции существующих муниципальных котельных, ГРЭС и ТЭЦ, а также объектов ЖКХ следующих стран: Казахстан (член ЕАЭС), Узбекистан (государство-наблюдатель ЕАЭС), ОАЭ. Рыночный потенциал оценивается в 1,15 млрд рублей (6 штук) Основные потенциальные потребители продукции: - Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC), ОАЭ; - АО «Uzbekneftegaz», Республика Узбекистан; - АО НК «КазМунайГаз», Республика Казахстан; - ENTER Engineering PTE. LTD, Республика Узбекистан.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНГК - ПРОМТЕХ»

№ 124121300064-8

Новые высокоэнтропийные оксиды в качестве высокоэффективных термобарьерных покрытий

Термобарьерные покрытия успешно применяются для защиты частей горячей секции газовых турбин и газотурбинных двигателей. Они позволяют снизить термическую и коррозионную нагрузки на конструкционные никелевые сплавы. КПД газотурбинных установок зависит от степени сжатия газа в камере сгорания и увеличивается с ростом эксплуатационной температуры. В связи с чем поиск материалов, выдерживающих температуры более 1300°C, является важной задачей энергетической и авиационной промышленностей. В качестве потенциальных материалов для упомянутых применений могут быть предложены высокоэнтропийные оксиды (ВЭО), это однофазные твердые растворы, содержащие 5 или более катионов в своём составе. Эти соединения обладают большей термодинамической стабильностью по сравнению с обычными оксидами и характеризуются повышенной твердостью и низкой теплопроводностью. Эти свойства позволяют рассматривать ВЭО в качестве перспективного материала для теплозащитных покрытий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124122600067-3

Разработка подходов и формирование концепции повышения энергоэффективности газотурбинных газоперекачивающих агрегатов в условиях эксплуатации

Проведен аналитический обзор парка газотурбинных газоперекачивающих агрегатов, эксплуатирующихся газотранспортными предприятиями РФ. Представлены основные направления повышения энергоэффективности эксплуатации газотурбинных установок и центробежных газовых компрессоров. Анализ направлен на выявление основных путей совершенствования проточных частей турбомашин. Приведены примеры проведения расчетно-экспериментальных работ по увеличению экономичности работы ГПА, имеющих значительную эксплуатационную наработку.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

4.2 Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

№ 124042200013-5

Научно-технические основы и прикладные решения ресурсоэффективной термической переработки органического сырья с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью для энергетической, металлургической и сельскохозяйственной отраслей

Экспоненциальный рост численности населения приводит к негативным последствиям во многих сферах человеческой деятельности, но особенно сказывается на экологии и изменении климата. Это, в свою очередь, приводит ко множеству проблем и обуславливает необходимость поиска эффективных способов их решения. Так, накапливание органических отходов и нецелесообразное использование ряда ресурсов приводит к значительным выбросам парниковых газов в атмосферу Земли. В этой связи рациональная утилизация такого органического сырья с получением полезных продуктов с высокой добавленной стоимостью, пригодных для использования в различных отраслях человеческой деятельности и позволяющих попутно решать вопросы снижения экологической нагрузки на окружающую среду, становится весьма актуальной задачей. Таким образом, целью работы является разработка научно-технических основ и прикладных решений ресурсоэффективной термической переработки органического сырья с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью для энергетической, металлургической и сельскохозяйственной отраслей. В рамках исследований планируется выполнение нескольких основных научных и научно-технических задач, включающих в себя ряд подзадач: 1) На основе проведенных патентных исследований и анализа научно-технической литературы провести разработку газогенератора, работающего за счёт термической переработки органического сырья, характерного для Западно-Сибирского Федерального округа, и превосходящего аналоги по величине удельных затрат на 1 кг перерабатываемого сырья, для питания газотурбинной установки малой мощности (до 6 МВт), используемой для автономного энергоснабжения удаленных поселков. 2) Разработать и изготовить автоматизированную установку по термической переработке органического сырья в биоугли, отличающуюся от существующих аналогов пониженными тепловыми затратами. 3) Получить гранулированный биоуголь из органического сырья для использования в виде бездымного топлива в энергетике и углеродного восстановителя в металлургической отрасли, отличающийся от аналогов высокими прочностными характеристиками (обеспечение требований транспортировки). 4) Численно описать разработанные технические решения и процессы, происходящие при термической переработке в целом. В результате выполнения проекта будут получены следующие результаты. 1) База данных о свойствах и характеристиках видов биомассы, являющихся наиболее представительными и перспективными ресурсами для энергетического использования в Западно-Сибирском Федеральном округе. 2) Математические модели термической переработки биомассы и разработанных технических решений. 3) Эскизная конструкторская документация на экспериментальные стенды, реализующие основные принципы работы промышленных установок по переработке биомассы в биоугли. 4) Автоматизированная установка по термической переработке органического сырья в биоугли. 5) Режимные параметры и оптимальные органические ресурсы, способствующие получению биоуглей для их эффективного применения в качестве почвенных мелиорантов, повышающих стрессоустойчивость урожайных культур к засухе. 6) Прототип газогенераторной установки, реализующей принципы термической переработки органического сырья, для питания газотурбинной установки малой мощности, используемой для автономного энергоснабжения удаленных населенных пунктов. 7) Результаты вегетационных и натурных (полевых) исследований по оценке влияния внесения биоугольных мелиорантов в почвы, характерные для Западно-Сибирского региона, на стрессоустойчивость урожайных культур в условиях засухи. 8) Новые технические решения термической переработки, способные к правовой охране в виде заявок на выдачу патента на изобретение или непосредственно патентов. 9) Образцы получаемых продуктов, готовые для

представления потенциальным инвесторам и индустриальным партнерам (ООО НП «Сибирская ореховая компания», ООО НПП «Уловиста инжиниринг»). 10) Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus) в количестве не менее 18 штук за 3 года, 9 из которых в журналах первого и второго квартиля, а также защита 1 кандидатской и 1 докторской диссертаций.

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

№ 124041100046-7

Разработка научных основ инструментальных методов исследования состава структуры и морфологии угля и продуктов углехимии. 2024 - 2025 гг.

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 макрососставляющие: 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 ожижения 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! 2024 год 1. Исследование методом аналитической сканирующей микроскопии состава и морфологии поверхности углеродных сорбентов, полученных путем химической активации ископаемых углей различных марок. (исп. в.н.с. Созинов С.А.) 2. Исследование методом спектроскопии ЯМР молекулярной структуры фульвокислот кислот, полученных из бурого угля. 3. Установление параметров расщепления в нулевом поле комплексов фульвокислот с ионом Fe3+ методом симуляции ЭПР-спектров и выявление структуры комплексов Fe3+–фульвокислота, Mn2+–фульвокислота (степень искажения, тип лигандов, входящих во внутреннюю и внешнюю координационную сферу) 4. Сопоставление полученных результатов по оценке структуры фульвокислот метожом ЭПР с данными, полученными методом ЯМР-спектроскопии. 5. Исследование методом рентгеновской дифракции фазового состава и структурных характеристик углеродных сорбентов, полученных из разных марок углей Кузбасса. 5. Исследование условий проведения анализа методом ОЭС ИСП с лазерным отбором пробы, разработанных на предыдущих этапах исследований для количественного определения микропримесей в соединениях кальция, натрия и калия, допированных различным количеством примесных элементов. 2025 год 1. Разработка комплексной методики для оценки методом сканирующей электронной микроскопии зольности углей, содержания в них золообразующих элементов, и степени метаморфизма. 2. Исследования методами ЯМР и ИК –спектроскопии структурного и функционального состава каменноугольных смол, полученных из них каменноугольных пеков и их отдельных компонентов, а также полукоксов. 3. Исследование методом ЭПР радикальных структур в образцах каменноугольных смол, каменноугольных пеков и их отдельных компонентов, а также полукоксов. и установление их природы, 4. Исследование методом рентгеновской дифракции влияния режимов термической обработки на фазовые и структурные изменения углеродных сорбентов, полученных из разных марок углей Кузбасса, при термическом воздействии (в процессе коксования. 5. Обобщение и анализ поученных на предыдущих этапах экспериментальных данных по исследованию методом ОЭС ИСП с лазерным пробоотбором оксидов алюминия, железа, соединений кальция, калия и натрия на содержание в них микропримесей благородных, редкоземельных и токсичных элементов Планируемый результат выполнения работы, подразделение научного учреждения РАН и руководитель работы 2024 год 1. Будут получены данные о химическом составе и структуре поверхности в зависимости от способов и

условий химической активации ископаемых углей. 2. Будут определены качественные и количественные структурные параметры молекул гумусовых кислот, полученных из бурого угля. Будут определены структурные параметры молекулы, ее функционально-групповой состав. 3. Используя метод симуляции ЭПР-спектров с последующим сравнением симулированного спектра и полученного экспериментально будут установлены параметры расщепления в нулевом поле комплексов Fe3+– фульвокислота, и в комплексе с методом ЯМР спектроскопии будет выявлена структура комплексов Fe3+– фульвокислота, Mn2+–фульвокислота (степень искажения, тип лигандов, входящих во внутреннюю и внешнюю координационную сферу). Полученные данные могут быть использованы при создании высокоактивных биологических добавок, стимулирующих рост сельскохозяйственных растений. 3. Будут определены: фазовый состав углеродных сорбентов на основе ископаемых углей (содержание графитоподобной фазы, а также степень её упорядочения) и структурные параметры, а также зависимости рентгеноструктурных характеристик углеродных сорбентов в зависимости от режима их получения. 4. Методика определения микроэлементного состава карбоната кальция методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и лазерным пробоотбором. 2025 год 1. Методика определения методом сканирующей электронной микроскопии зольности углей, содержания в них золообразующих элементов, и степени метаморфизма. 2. Будут получены данные функционального состава каменноугольных смол, полученных из них каменноугольных пеков и их отдельных компонентов, а также полукоксов в зависимости от марки пека и условий коксования. 3. Будет установлена природа радикальных структур, находящихся в различных продуктах углехимии (каменноугольные смолы, каменноугольные пеки и их фракции, полукоксы). Будет оценена их роль в пиролитических процессах. Полученные данные могут быть использованы при модернизации технологических процессов получения функциональных углеродных материалов. 4. Будут установлены зависимости рентгеноструктурных характеристик (содержание графитоподобной фазы, а также степень её упорядочения) углеродных сорбентов от режимов термической обработки. 5. Будут получены образцы сравнения заданных составов для анализа основных типов золошлаковых и других силикатных материалов и разработана методика количественного определения микропримесей в золошлаковых отходах методом ОЭС ИСП с лазерным отбором проб.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124041100056-6

Исследование процессов пиролиза, газификации и зажигания ископаемых углей под воздействием лазерного излучения. 2024 – 2025гг.

1. Актуальность проблемы, предлагаемой к решению. 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 настоящем проекте 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. Использованные для исследования кинетики реакции методы не позволяли выделить возможные промежуточные продукты и их температуру, поэтому весь комплекс результатов имеет полуколичественный характер и малопригоден для построения обоснованных математических моделей актуальных процессов. Работы по зажиганию углей короткими мощными лазерными импульсами (длительность 0.01–100 мкс) практически отсутствуют и будут проведены впервые в Российской Федерации. В связи с 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. Практическая значимость заключается в использовании полученных фундаментальных результатов для разработки технологии лазерного инициирования термохимических процессов переработки углей, в том числе зажигания пылеугольного топлива в котельных установках и создания новых эффективных камер сгорания. Рекомендации, выработанные в результате выполнения проекта могут быть использованы для разработки топок с кипящим слоем с использованием лазерного зажигания. Это даст возможность разработки системы безмазутного розжига угольного топлива, что приведет к значительному экономическому эффекту. Полученные результаты по лазерному пиролизу углей в перспективе могут найти применение при разработке реакторов для получения синтез газа. Задачи на 2024 год 1. Исследование влияние добавок щелочных и щелочноземельных металлов, металлов подгруппы железа на лазерный пиролиз углей. 2. Исследование влияние добавок щелочных и щелочноземельных металлов, металлов подгруппы железа на лазерное зажигание углей. Результаты 2024 года 1. Результаты исследований влияния добавок щелочных и щелочноземельных металлов, металлов подгруппы железа на лазерный пиролиз углей. 2. Результаты исследований влияния щелочных и щелочноземельных металлов, металлов подгруппы железа на лазерное зажигание углей. Задачи на 2025 год 1. Исследование лазерного зажигания углей и топлива из возобновляемых источников энергии с использованием технологии

«кипящего слоя». 2. Исследование лазерного зажигания смесевых составов из углей и возобновляемых источников энергии с использованием технологии «кипящего слоя». Результаты 2025 год 1. Результаты исследований лазерного зажигания углей и топлива из возобновляемых источников энергии с использованием технологии «кипящего слоя». 2. Результаты исследований лазерного зажигания смесевых составов из углей и возобновляемых источников энергии с использованием технологии «кипящего слоя».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

№ 124013000743-3

Перспективные органические и гибридные функциональные материалы для солнечных батарей и химических источников тока

Целью проекта является разработка нового поколения функциональных материалов и создание на их основе прорывных технологий преобразования солнечного света и электрохимических систем для эффективного (в том числе массового) хранения энергии. В ходе реализации проекта будут решаться следующие основные задачи: 1. Разработка новых полупроводниковых материалов с перовскитной и перовскитоподобной структурой и оптимальным набором оптоэлектронных и физико-химических свойств; 2. Разработка эффективных и стабильных перовскитных солнечных элементов с к.п.д. >20% на основе перспективных фотоактивных и зарядово-транспортных материалов; 3. Разработка редокс-активных органических и гибридных материалов как катодных и анодных компонентов нового поколения металл-ионных аккумуляторов. 4. Разработка и исследование перспективных полимерных электролитов, совместимых с органическими и гибридными электродными материалами. 5. Создание инновационных металл-ионных аккумуляторов (литиевых, натриевых, калиевых и др.), в том числе гибких, с высокой плотностью запасания энергии и долговременной эксплуатационной стабильностью. Неконтролируемое сжигание ископаемых углеводородов для получения энергии может привести уже в ближайшем будущем к нехватке сырья для химической промышленности. Учитывая, что основным источником углерода будет углекислый газ в атмосфере, чисто школьную задачу получения, например, изопрена или бензола из углерода или CO_2, придется решать уже не на бумаге, а на практике. Для обеспечения устойчивого развития нашей страны необходимо незамедлительно начинать экономить углеводородное сырье, внедряя новые технологии возобновляемой энергетики. Интенсивное развитие солнечной энергетики может быть одним из возможных решений. Большая часть территории РФ отличается высокой степенью инсоляции – на 1 м^2 поверхности приходится от 3 до 5 кВт-ч энергии в сутки. По данным Института энергетической стратегии, суммарная энергия солнечных лучей, падающих на территорию России в течение трех дней, превышает объем всего годового производства электроэнергии в нашей стране. Потому размещение солнечных электростанций в южных районах России (включая Крым) может внести весьма значительный вклад в возобновляемую энергетику. В России степень внедрения солнечных батарей предельна низка, несмотря на существенную долю распределённой энергетики. Поэтому чрезвычайно актуальной задачей является разработка и внедрение инновационных фотопреобразователей третьего поколения: каскадных, тонкоплёночных, органических и гибридных перовскитных солнечных батарей, на что и направлен данный проект. Внедрение альтернативных источников энергии требует также освоения новых технологий хранения энергии. Помимо традиционных литиевых источников тока должны быть разработаны и внедрены в производство инновационные технологии аккумуляторов высокой ёмкости на основе органических и гибридных электродных материалов, гибкие полимерные аккумуляторы со сверхвысокими скоростями заряда/разряда, натрий- и калий-ионные аккумуляторы и устройства на основе мультивалентных элементов (магний, цинк, алюминий). Важнейшей задачей является создание систем массового запасания энергии на основе технологий проточных батарей и металл-ионных аккумуляторов, способных обеспечить стабильную работу отечественных электросетей со значительным (>50%) вкладом возобновляемых источников энергии (солнце, ветер) и устранить суточные и сезонные перепады в генерируемой мощности. Заявляемый проект будет способствовать решению обозначенных задач в части создания перспективных органических редокс-активных материалов и конструированию на их основе инновационных систем электрохимического запасания энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124020500039-0

Новые синтетические подходы к высокотехнологичным материалам, в том числе для технологии органического синтеза и электроники

Будут разработаны новые подходы к фото- и/или электроактивным малым молекулам или полимерам, которые могут найти применение в качестве компонентов органических электронных устройств. Синтез ряда новых пушпульных и полициклических систем на основе N,S-гетероциклов, представляющих интерес в качестве органических полупроводниковых материалов. Создание новых люминесцентных материалов, с высоким квантовый выход в видимой области, а также малой фотодеградации для использования в вычислительных устройствах нелинейной оптики. Будут получены светопоглощающие соединения различного строения, имеющих D-π-A структуру, с использованием таких донорных фрагментов как тиено[3,2-b] индола, индоло[3,2-b]карбазола, тиено[3,2-b]тиофена, 9Н-флуорена, тиазола и хиноксалина, перспективные для использования в качестве сенсибилизирующих красителей в устройствах по типу ячейки Гретцеля и органических солнечных батареях. Также планируется изготовить лабораторные прототипы солнечных элементов на их основе. Кроме того, будут получены катализаторы и/или сорбционные материалы для химической технологии. Запланированы различные способы модифицирования поверхности полисилсесквиоксана с целью формирования реакционно-активных центров. Получения нового ряда сорбентов для решения современных экологических задач, таких как очистка вод и утилизация материалов, изучена каталитическая активность сформированных материалов на основе полисилсесквиоксана в реакциях деструкции красителей, а также других органических загрязнителей. Осуществлен синтез новых полимерных композиционных материалов. Будут разработаны новые углеродные материалы и металлорганические координационные полимеры, которые

могут найти применение в качестве носителей гетерогенных катализаторов, адсорбентов природного газа, материалов для хранения водорода, топливных элементов, литий-ионных аккумуляторных батарей, суперконденсаторов и солнечных элементов. Используя известные и оригинальные походы к синтезу органических и органо-неорганических материалов, планируется разработать и оптимизировать методы синтеза органических и металлоорганических соединений, которые могут быть перспективны для использования в катализе, фотоактивных устройствах и сорбционных процессах. Будут разработаны новые подходы к диалкилкарбонатам, в том числе фторсодержащим и их производным, которые могут найти применение в качестве компонентов растворителей в химических источниках тока и в качестве отвердителей эпоксидных смол.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМ. И.Я. ПОСТОВСКОГО УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124020600024-5

Теоретические и экспериментальные основы разработки новых функциональных материалов и перспективных технологий

Целью научной ТЕМЫ является создание новых функциональных материалов и эффективных технологий для решения проблем импортозамещения и обеспечения технологической безопасности РФ. Работы ориентированы на получение фундаментальных и важных для практики результатов в области “smart”-материалов, разработку технологий их получения, всестороннее изучение структурных и спектральных характеристик, аттестацию свойств для приложений солнечной энергетики, химических источников тока, фотокатализа, фотоники и нано-технологий. Будут получены новые высокоэффективные материалы для сорбционно-химической и фотохимической очистки водных растворов промышленных предприятий. Развиваемые методы химии твёрдого тела в сочетании с новыми приёмами тонкого неорганического синтеза составляют новизну и оригинальность проекта, что позволит впервые осуществить: - разработку неорганических материалов-поглотителей лазерного излучения с длиной волны 0.7–1.0 мкм для солнечных элементов, оптических сенсоров, изделий для маскировки техники и людей, при создании скрытых изображений на ценных бумагах и документах и т.д.; - создание линейки перспективных дозиметрических материалов на основе матриц борфосфатов и фторфосфатов щелочных и щелочноземельных металлов; - разработку новых, в том числе прекурсорных, методов синтеза наноструктурированных материалов на основе оксидов и сульфидов переходных металлов с заданными размерными и морфологическими характеристиками для задач фотокатализа, оптики, сенсорики, химических источников тока, материалов с гигантской диэлектрической проницаемостью и материалов, обладающих оригинальными магнитными свойствами; - создание совершенных монокристаллов халькогенидов методом Бриджмена, экспериментальное исследование фундаментальных оптических и электронных свойств таких полупроводниковых соединений для поглощающего слоя тонкопленочных солнечных батарей методами оптической, магнитооптической и фотоэлектронной спектроскопии, а также модификация свойств полупроводников облучением МэВ- электронами; - разработку новых подходов к исследованию диффузии в твердых телах на примере перспективных ионных Li- и Na- ионных проводников для химических источников тока (ХИТ) методами ЯМР в сочетании с первопринципными теоретическими расчетами; новых методов фотоэлектронной дифракции и голографии для реконструкции атомной структуры поверхности в 3D-формате на примере слоистых структур халькогенидов – перспективных топологических изоляторов; - теоретическое моделирование широкого круга соединений и материалов с целью поиска новых фаз, оценки их термодинамической устойчивости, электронных свойств и перспективных функциональных характеристик; - изучение влияния высоких давлений и температур на твердофазные соединения различного состава с оригинальными электрическими, магнитными и люминесцентными свойствами. Объекты исследования: сплавы Гейслера $Ni_{50}Mn_{36}Sb_{14}$-xMex (Me = Al, Ge) и оптически прозрачная нанокерамика на основе $MgAl_2O_4$ и $NaREGeO_4$, сегнетоэлектрики $CaCu_3Ti_4$-x$MexO_{12}$ (Me - Zr, Zn); - плазмохимический синтез нанокристаллических материалов на основе тугоплавких соединений элементов IV – VIA групп в форме «ядро-оболочка» с покрытием из металлических слоев Ni или Co.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124021200005-5

Разработка функциональных полимерных, органических и гибридных материалов с заданными полупроводниковыми, оптическими, электрохимическими, сенсорными и другими свойствами, необходимыми для обеспечения создания элементной базы электроники, фотоники и оптоэлектроники нового поколения на основе нанотехнологий

Целью научного исследования является создание фундаментального научного задела, позволяющего разрабатывать и получать высокоэффективные функциональные олигомерные, полимерные и композитные функциональные материалы с заданными свойствами под конкретные применения в органической и гибридной электронике, фотонике и оптоэлектронике нового поколения. Проект направлен на получение новых функциональных материалов для таких устройств, как органические полевые транзисторы, органические и гибридные солнечные батареи, пластмассовые и жидкие сцинтилляторы, ион-селективные мембраны, газовые сенсоры и мемристоры. Для этого планируется синтезировать ряд новых органических полупроводников и люминофоров на основе различных донорно-акцепторных, линейно-сопряженных и аннелированных структур, изучить их физико-химические свойства и выявить взаимосвязь между их химическим строением, оптическими и полупроводниковыми свойствами. Будут разработаны новые узкозонные органические полупроводники с заданными уровнями граничных молекулярных орбиталей, позволяющие их использовать в качестве активного слоя для органической фотовольтаики, либо в качестве транспортных слоев для гибридных фотоэлементов на основе перовскитов. Планируется создание новых люминесцентных материалов, высвечивающих в заданном спектральном диапазоне длин волн оптического диапазона с высоким квантовым выходом люминесценции, обладающих повышенной стабильностью и совместимостью с основными оптическими полимерами (ПММА, полистиролом, поликарбонатом, полисилоксанами) либо с линейным алкилбензолом (ЛАБ), широко применяемом в качестве растворителя в жидких сцинтилляторах. Важной и практически значимой целью работы является создание двух- и трехмерных наноматериалов для современной

фотоники и биоинженерии (ион-селективных мембран с переключаемой, терморегулируемой шириной каналов) на основе новых самоорганизующихся систем различной природы. Для установления общих закономерностей самосборки и самоорганизации макромолекул различной природы: жестких секторообразных дендронов, сопряженных амфифильных молекул, а также мезоморфных элементоорганических полимеров будут проведены систематические сравнительные исследования структуры, свойств и фазового поведения соединений, различающихся формой и размером мезогенных группировок, а также степенью упорядочения супрамолекулярных агрегатов и образованных ими мезофаз. Кроме того, будет изучено влияние различных технологических процессов на создание конечных изделий из самоорганизующихся материалов. Методом низкотемпературной полимеризации на поверхности из газовой фазы будут синтезированы тонкопленочные гибридные нанокомпозиционные покрытия на основе поли-п-ксилилена и наночастиц полупроводников с регулируемыми электрическими и оптическими свойствами. Будет изучено влияние природы полимерной матрицы, условий формирования и отжига на морфологию и кристаллическую структуру нанокомпозитов и установлена взаимосвязь между структурой тонкопленочных нанокомпозитов и их электрофизическими, оптическими свойствами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. Н.С. ЕНИКОЛОПОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124022000078-8

Органо-неорганические твердые растворы перовскитного типа: термодинамика, стабильность

Проект направлен на систематическое изучение термодинамики образования твёрдых растворов гибридных органо-неорганических перовскитоподобных материалов состава A1-xA/xPb(X1-zX/z)3 (где A и A/-метиламмоний, Cs, формамидиний; X и X/-Cl, Br, I), что включает также и получение новой термодинамической информации о процессах деградации этих материалов в различных условиях окружающей среды. Будут измерены изобарные теплоёмкости и стандартные термодинамические функции образования объектов исследования. Будут рассчитаны стандартные термодинамические функции смешения, а их поведение будет проанализировано в рядах твердых растворов различного состава. Всё это позволит сформулировать научно обоснованные критерии поиска новых материалов для различных приложений. Актуальность работы обусловлена тем, что к настоящему времени, несмотря на бурный прогресс в сфере солнечной энергетики, вызванный применением гибридных органо-неорганических материалов, в литературе отсутствует базовая термодинамическая информация об объектах заявляемого исследования. В результате полностью отсутствует возможность прогнозирования поведения таких материалов в тех или иных условиях окружающей среды, что является критически необходимым для успешной коммерциализации, отсутствует возможность целенаправленного поиска других материалов с аналогичными свойствами, невозможно оптимизировать методы синтеза гибридных органо-неорганических перовскитоподобных галогенидов для воспроизводимого и контролируемого получения материалов с заданными свойствами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124031100071-0

Наногетероструктурные фотоэлектрические преобразователи

Актуальность поисковых (ориентированных фундаментальных) исследований наногетероструктурных фотоэлектрических преобразователей солнечного и лазерного излучения определяется важностью задач, решаемых данным направлением исследований. Прежде всего, это космическая и наземная солнечная энергетика. Современные космические солнечные батареи изготавливаются в основном с использованием наиболее эффективных каскадных (многопереходных) наногетероструктурных солнечных элементов. Результаты исследований должны обеспечить увеличение эффективности, радиационной стойкости, удельного энергосъема и ресурса работы отечественных космических батарей. Основным методом получения гетероструктур является МОС-гидридная эпитаксия A3B5 слоев, технологические приемы и возможности которой будут развиваться в рамках планируемых работ при создании «прямых» и «обратных» структур для фотопреобразователей. Прогресс в развитии наземной солнечной энергетики связан с фотоэлектрическим преобразованием концентрированного солнечного излучения высокоэффективными каскадными солнечными элементами в фотоэнергоустановках со слежением за Солнцем. Имеются перспективы увеличения КПД каскадных (многопереходных) солнечных элементов при 500-1000 кратном концентрировании солнечного излучения, что открывает возможности снижения «вклада» стоимости солнечных элементов в стоимость генерируемой солнечной электроэнергии. Повышение эффективности, мощности и быстродействия фотоэлектрических преобразователей лазерного излучения является актуальной задачей в области систем коммуникации, систем беспроводной передачи энергии и информации, для специальных применений радиофотоники.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124031500127-0

Практико-ориентированные фундаментальные исследования процессов генерации, рекомбинации и транспорта носителей заряда в перспективных полимерных материалах космической техники и солнечной энергетики

Цель научного исследования - выявление закономерностей, механизмов и характеристик транспорта носителей заряда в перспективных полимерных и гибридных материалах космической техники и солнечной энергетики. Задачи научного исследования; 1. Экспериментальные и теоретические исследования электронных и фотонных процессов в полимерных и перовскитных материалах с целью установления функциональных зависимостей электрических параметров от температуры и внешнего электрического поля. 1.1. Исследование влияния внешнего электрического поля на фотопроводимость и подвижность носителей заряда в полимерном композите при разной температуре. 1.2. Исследование влияния температуры на сигналы переходного тока в перовскитных пленках. 2. Исследование зависимостей

радиационной электропроводности от различных факторов, при воздействии радиации значительной длительности и низких температур, соответствующих натурным условиям геостационарной орбиты, для широко используемого в космической технике диэлектрического полимерного материала – полиэтилентерефталата. 2.1. Исследование зависимости радиационной электропроводности от мощности поглощенной дозы электронного излучения. 2.2. Исследование зависимости радиационной электропроводности от величины электрического поля приложенного к образцу полимера во время проведения исследований. 3. Исследование влияния отрицательной корреляционной функции случайной энергии носителей заряда на их рекомбинацию в аморфных органических полимерных материалах. 4. Исследование сверхпроводящих фазовых диаграмм и неоднородных состояний в двойных и тройных гидридах металлов с доминированием водорода при высоком давлении.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

№ 124032600006-4

Разработка метода синтеза, масштабирование, синтез и испытания опытных образцов полупроводниковых материалов для фотовольтаических устройств и других устройств органической электроники

Проект посвящен разработке методов синтеза полупроводниковых материалов, в частности полимера политриариламина (ПТАА), в граммовых количествах. Полупроводники на основе триариламиновых структур имеют широкое применение в фотовольтаических устройствах, а также других сферах органической электроники. Перовскитные солнечные батареи, содержащие ПТАА в качестве дырочно-транспортного слоя, демонстрируют повышенную стабильность и высокие параметры преобразования энергии. Это делает триариламины одним из самых востребованных классов материалов для перовскитной фотовольтаики. В связи с растущим спросом на данный вид материалов, а также сложностью импорта от крупных зарубежных дистрибьюторов, в рамках проекта планируется создание собственной ресурсной базы для синтеза ПТАА в больших масштабах.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПОЛИСЕНС»

№ 124051500073-8

Дизайн и технологии создания перспективных функциональных материалов на основе орто-карборана для молекулярной электроники

Разработка новых и развитие существующих технологий создания функциональных наноматериалов непрерывно связаны с постоянным поиском эффективных способов направленного конструирования органических и гибридных соединений и молекулярных систем на их основе. В связи с острой нехваткой полупроводников и других важных компонентов электронных систем необходимо не только усовершенствовать существующие, но и развивать новые технологические решения для обеспечения научно-технологического суверенитета Российской Федерации в части создания перспективных отечественных функциональных материалов, «умных» устройств, а также разработки оригинальных импортозамещающих технологий их синтеза. Актуальным наукоемким направлением на сегодня является наномолекулярная электроника, которая ставит перед собой задачу использования одной молекулы в качестве рабочего элемента устройств (транзисторов, выпрямителей и т.д.). Второе направление – макромолекулярная электроника, она решает проблемы малой эффективности солнечных батарей, короткого срока службы органических светодиодов, а также создает сенсорные системы на основе кластеров органических молекул. Такой технологический переход невозможен без оригинальных органических соединений, которые обладают ценными электрохимическими, оптическими, структурными и другими характеристиками для удобного практического использования в качестве функциональных материалов «умных» устройств. В настоящее время наблюдается недостаток эффективных, экологичных и экономичных методов получения оригинальных молекул с необходимыми свойствами. Одним из перспективных решений могут стать молекулы на основе о-карборанов. Благодаря электронному и пространственному строению данные конструкционные блоки обуславливают необходимые для молекулярной электроники и функциональных материалов свойства токопроводимости, кристаллической упаковки, длины волн эмиссии и др. Однако в настоящее время существует ограниченное количество способов синтеза данных производных, многие из них недостаточно продуктивны (приводят к небольшим выходом целевых продуктам) и в малой степени отвечают принципам «зеленой» химии (низкая атомная экономия и эффективность, использование токсичных растворителей и др.). В области современного тонкого органического синтеза наблюдается острая нехватка способов получения, соответствующих современным тенденциям развития синтетической органической химии и требованиям технологий для направленного конструирования систем на основе о-карборанов, что является критически важным для обеспечения динамичного развития индустрии наноматериалов и молекулярной электроники. Настоящий проект направлен на разработку эффективных, удобных и экологичных способов синтеза перспективных материалов на основе о-карборана и систематического изучения возможностей их практического использования в качестве люминофоров, органических светодиодов, хемосенсоров, фотосентитайзеров и рабочих элементов «умных» устройств макромолекулярной электроники. Сочетание мультикомпонентных, перициклических реакций, подходов C-H и C-X функционализаций, включая реакции нуклеофильного замещения водорода (SNH) и кросс-дегидрогенативного сочетания (CDC) в совокупности с комплексным исследованием структурных, физико-химических, фотофизических, электрохимических и других свойств полученных в рамках настоящего проекта фотоактивных систем на основе функционально-замещенных карборанов обеспечат новые возможности для создания перспективных функциональных органических и гибридных материалов, перспективных для разработки «умных» молекулярных устройств на их основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124052000014-3

Разработка технологии формирования монолитных кремниевых трубок в субмикронном диапазоне с помощью машинного обучения для создания энергоэффективных солнечных элементов

Развитие энергетической промышленности стремится к замене традиционных источников энергии на возобновляемые источники энергии. Наиболее перспективным методом, с точки зрения генерации электроэнергии, считается фотоэлектрическое преобразование энергии солнца. На сегодняшний день наиболее часто используются тонкопленочные солнечные элементы (СЭ) и СЭ на основе кристаллического кремния. Однако, тонкопленочные элементы имеют низкий КПД, что не позволяет полноценно использовать подобные элементы в промышленности. СЭ на основе кристаллического кремния хоть и имеют высокие значения КПД, но их высокая стоимость не позволяет им конкурировать с традиционными источниками энергии. Известно, что одним из перспективных путей решения вышеописанных проблем является создание солнечных элементов, на основе вертикально-ориентированных кремниевых наноструктур, которые также могут использоваться при создании гибких СЭ. Данный подход позволяет увеличить площадь взаимодействия солнечного света с поверхностью солнечного элемента. Кроме того, вертикальные микро- и наноструктуры, по сравнению с плоской поверхностью, более эффективно поглощают рассеянный солнечный свет. Следовательно, такие солнечные элементы имеют максимальное поглощение не только при нормальном падении света в солнечную погоду, но и при рассеянном свете в пасмурную погоду, что приводит к росту итоговой выходной мощности солнечной панели. В связи с этим, наблюдается растущий интерес к созданию солнечных элементов на основе кремниевых вертикально-ориентированных структур в субмикронном диапазоне, в частности кремниевых столбиков и нановолокон. Наиболее перспективным подходом к формированию вертикально-ориентированных структур с гладкими стенками является сочетание двух процессов: 1. безмасочная литография методом Ленгмюра-Блоджетт для формирования плотноупакованного равномерного массива латексных сфер, которые используются в качестве маски для травления; 2. плазмохимическое травление (ПХТ) в смешанном режиме при «комнатной» температур. Исходя из вышесказанного, особо актуальными являются вопросы формирования альтернативной геометрии вертикально-ориентированных структур, а именно формирование кремниевых монолитных трубок в субмикронном диапазоне. Данные структуры ранее не были никем изучены, однако позволяют ещё больше увеличить площадь взаимодействия солнечного света и поверхности СЭ и могут быть использованы в качестве основы солнечных элементов с вертикальными p-n/p-i-n переходами. Кроме того, на сегодняшний день, в литературе отсутствует какая-либо информацию о создании подобного рода структур методами Ленгмюра-Блоджетт и плазмохимического травления в смешанном режиме при «комнатной» температуре. Таким образом, в ходе реализации проекта планируется 1. Изучить физико-химические закономерности нанесения латексных сфер на поверхность кремниевых пластин методом Ленгмюра-Блоджетт, для создания плотноупакованного массива сфер на поверхности кремния, которые играют роль маски в процессе плазмохимического травления кремния. 2. Изучить физико-химические закономерности процесса плазмохимического травления латексных сфер, с целью контролируемого изменения плотности и размера вертикально-ориентированных кремниевых структур. 3. Изучить физико-химические закономерности ПХТ кремния в субмикронном диапазоне в смешанном режиме с применением машинного обучения, с целью создания кремниевых монолитных трубок. На этой основе в первые в мире разработать технологию формирования кремниевых трубок в субмикронном диапазоне, с целью последующего применения подобных структур для создания солнечных элементов. 4. В первые в мире изучить влияние геометрических характеристик кремниевых трубок в субмикронном диапазоне на фотоэлектрические и электрофизические свойства кремния. 5. Разработан и создан прототип солнечного элемента на основе кремниевых трубок с размерами в субмикронном диапазоне.

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

№ 124082200001-8

Оптически чёрные силициды и германиды щелочноземельных металлов (Ca, Mg) для фотоэлектрической, фототермальной и гибридной конверсии солнечной энергии

Технология текстурирования поверхности элементарных полупроводников, в частности получения чёрного кремния (b-Si), позволяет солнечным элементам и фотодетекторам на основе кремния быть экстремально тонкими и одновременно сверхчувствительными к падающему излучению, благодаря эффектам оптического просветления и эффективного захвата фотонов. Однако данные эффекты наблюдаются в основном только в спектральном диапазоне, лежащем выше запрещённой зоны кремния. До сих пор структуры b-Si для повышения оптического поглощения модифицировались путем осаждения пленок или наночастиц, формирования иерархических углеродных наноструктур или импульсной лазерной постобработки. На сегодняшний день практическое применение таких подходов ограничено низкой экономичностью, обусловленной применяемыми дорогостоящими методами осаждения, а также редкими или тугоплавкими материалами и соединениями. Если говорить о способах дальнейшего уменьшения себестоимости солнечных модулей, то созданием фотоэлектрических систем с солнечными батареями, встраиваемые в крыши и фасады зданий, для повышения их энергоэффективности и энергонезависимости является наиболее перспективным. Интегрированные в здания фотоэлектрические модули являются неотъемлемой частью современной технологии солнечной энергетики, движущейся к инженерии с нулевым потреблением энергии и нулевым выбросом углерода. Использование конструкционных материалов таких как стекло или нержавеющая сталь (НС) для замены подложек из кристаллического кремния является наиболее рентабельным решением для крупномасштабной интеграции солнечных элементов. В настоящее время НС используется в составе сложных слоистых подложек для аморфных и кристаллических солнечных элементов (СЭ) благодаря своим достоинствам, таким как хорошая гибкость, высокая термическая и химическая стабильность, дешевизна и хорошая электропроводность. Чтобы использовать прокатные подложки из нержавеющей стали для фотоэлектрических систем, промышленность предлагает нанесение промежуточных слоев для одновременного выравнивания поверхности, изоляции заднего электрода и предотвращения диффузии различных примесей из подложки из НС в светопоглощающие слой СЭ. Во всех вышеперечисленных случаях НС используется в качестве несущей подложки для изготовления гибких солнечных элементов или нанесения задних оптических отражателей. В результате необходимы различные диффузионные барьеры и выравнивающие слои,

чтобы сохранить конкурентоспособную энергоэффективность за счет дополнительных этапов осаждения. Еще один важный аспект, ограничивающий эффективность СЭ на подложках НС связан с самой конструкцией тонкоплёночных СЭ. Чем тоньше слой, поглощающий солнечный свет, тем более сложную стратегию управления светом необходимо применять, чтобы компенсировать снижение генерируемого фототока. Таким образом, интеграция подложки из НС с так называемыми черными материалами представляется естественным решением для достижения высокого КПД СЭ. Научная новизна проекта связана с разработкой методов получения многофункциональных материалов, называемых в данной работе чёрными силицидами и германидами щелочноземельных металлов, для решения ряда конкретных практических задач фотовольтаики. Дополнительное покрытие из материала, поглощающего фотоны ближнего инфракрасного диапазона, нанесенное на текстуры, приведет к расширению его спектральной «черноты» при условии сохранения геометрии черной структуры. Текстурированные поверхности могут стать отличным выбором при решении в первую очередь задачи повышения эффективности фотоэлектрического преобразования СЭ. Кроме того текстурирование конструкционных материалов с последующим нанесением чёрных силицидов и германидов для производства активных светопоглощающих элементов солнечных коллекторов и опреснителей существенно повысят их эффективность.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124100700265-0

Разработка конструкции и технологии изготовления высокоэффективных солнечных элементов на базе установки газофазной эпитаксии

Проект «Разработка конструкции и технологии изготовления высокоэффективных солнечных элементов на базе установки газофазной эпитаксии» направлен на создание передового технологического решения по изготовлению высокоэффективных солнечных элементов на базе установки газофазной эпитаксии. Разрабатываемые технологии позволят поддерживать конкурентоспособность в области спутниковых систем, так как они обеспечивают более высокую производительность и эффективность по сравнению с существующими решениями. В настоящее время в качестве фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) космического назначения используются арсенид-галлиевые каскадные солнечные элементы. Основными преимуществами по сравнению с кремниевыми являются более высокий КПД (до ~30%) и большая устойчивость в условиях космического пространства. Однако, необходимо отметить, что стоимость таких ФЭП значительно больше кремниевых солнечных батарей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124102100602-3

Изучение инкапсулирующих свойств поли-пара-ксилилена и его производных в перовскитных фотоэлементах

Перовскитные фотоэлементы – актуальная тема в сфере фотовольтаики, которая не первый год привлекает внимание ученых со всего мира. Фотоэлементы на основе комплексных галогенидов свинца (перовскитов) год за годом совершенствуются, опережая темпы развития всех предшествующих технологий в солнечной энергетике. На сегодняшний день рекорд эффективности преобразования света перовскитных солнечных элементов составляет 26%. Однако, несмотря на это, устройства на основе комплексных галогенидов свинца далеки от коммерческого успеха из-за своей низкой стабильности. Кислород и влага действуют разрушительно на фотоактивный слой устройств, если его не защитить надежным инкапсулирующим слоем. На сегодняшний день нет готового решения в области инкапсуляции перовскитной фотовольтаики, а большинство научных групп стремятся улучшить показатели эффективности и стабильности устройств в условиях инертной среды, забывая о том, что конечные устройства будут использоваться на воздухе. В данном проекте будет изучено влияние верхнего инкапсулирующего слоя на основе поли-п-ксилилена (парилена) на стабильность работы перовскитных фотоэлементов. Впервые для этих целей будет использован незамещенный парилен-N, обладающий всеми необходимыми характеристиками. Кроме того, впервые будет проведена оптимизация процесса осаждения, подобрана оптимальная толщина и измерена сила адгезии парилена к таким материалам как оксид ванадия и оксид молибдена. Выполнение данного проекта откроет новые перспективы в области изготовления стабильных фотовольтаических устройств на основе перовскита и приблизит общемировую цель коммерциализации данной технологии.

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

№ 124110100038-5

Разработка интеллектуальной технологии максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции на основе модифицированной нечеткой нейросети

Будет разработана интеллектуальная технология максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции, предназначенная для решения задачи максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции в условиях частичного затенения солнечных панелей. Интеллектуальная технология максимизации выработки электроэнергии солнечной электростанции, 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»

№ 124110700066-2

Электронные процессы в наноструктурированных органических материалах. Этап 2

Быстро развивающаяся полимерная электроника представляет собой альтернативу неорганическим приборам и выгодно отличатся от них своей экологичностью, относительной дешевизной и возможностью создания гибких устройств. На основе полимерных пленок разрабатываются новые поколения интегральных микросхем, солнечных батарей, химических и биологических сенсоров, устройства памяти и логики. Основным ограничением для массового применения полимеров в качестве материалов для электронных устройств является низкая подвижность носителей зарядов. Это связано с особенностями строения и спецификой физических механизмов транспорта носителей заряда в органических полимерных материалах. В результате, подвижность носителей в проводящих полимерах значительно ниже, чем в неорганических полупроводниках и, в связи с этим рабочие частоты устройств полимерной электроники смещены в сторону диапазона низких частот. Исследования, направленные на увеличение подвижностей носителей зарядов, сейчас в основном ведутся в двух направлениях. Первое направление ориентировано на поиск новых полимерных материалов и разработку новых методов допирования. Второе направление - оптимизация уже существующих устройств на основе полимеров. Однако существенных улучшений электронных параметров органических материалов не наблюдается и не ожидается. В связи с этим, представляется актуальной работа по поиску принципиально новых подходов к электронной структуре материалов и новых физических явлений в них для решения фундаментальных проблем транспорта носителей заряда в органических материалах. Одним из перспективных направлений современной твердотельной неорганической электроники признано использование свойств электронного газа, находящегося в квантово-размерной двумерной структуре. Применение такого подхода к органическим полимерным материалам могло бы решить часть проблем, связанных с известными объективными ограничениями на транспорт носителей заряда в таких материалах. Целью данной работы является разработка основных принципов создания интерфейсов полимер-полимер, практическая реализация разных видов интерфейсных структур, визуализация и контроль полученных структур методами сканирующей зондовой микроскопии, а также исследование электрофизических свойств интерфейсов. Формирование интерфейса типа полимер – полимер может быть реализовано при помощи двух методических подходов. Во-первых, каждый полимер в твердом состоянии обладает свойственной ему надмолекулярной структурой. Первая задача состоит в выявлении и исследовании границ раздела между элементами этой структуры. Во-вторых, можно искусственно изготовить полимерную пленку, состоящую из двух или более слоев. Соответственно вторая задача состоит в выявлении и исследовании переходной области между слоями полимера. И, наконец, третья задача заключается в исследовании поверхностной поляризации полимерных пленок. Объектами исследования являются гетероструктуры типа металл/диэлектрик/металл, в которых роль диэлектрика выполняют несопряженные полимера класса полиариленфталидов. При этом пленки полимеров выбираются толщиной менее некоторой критической, определяемой появлением размерных эффектов. Научная новизна исследований заключается в расширении круга объектов, в которых могут быть созданы интерфейсные структуры. Основные методы исследования при этом направлены на изучение морфологических, структурных, фактографических особенностей субмикронных полимерных пленок, сопоставление морфологических характеристик и локальных электрофизических свойств, определение поляризационных характеристик поверхности, исследование электрофизических свойств интерфейсов между двумя слоями полимера. Технология изготовления полимерных слоев сравнительно проста, а функциональная гибкость полимерных материалов позволяет создавать полимеры с заданными свойствами. На базе имеющегося у коллектива научного задела принципиально новыми направлениями исследования полимерных интерфейсов представляются следующие: Исследование интерфейса, сформированного на границе раздела двух пленок широкозонных полимеров, с точки зрения формирования слоя, обладающего проводимостью «металлоподобного» типа. Исследование связи между высокой электропроводностью вдоль границы раздела и свойствами двумерной электронной системы, сформированной слоем ориентированных на поверхности боковых фталидных групп с большим дипольным моментом. Исследование возможности управления электрофизическими свойствами границы раздела при помощи электрического поля и других внешних воздействий.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ»

№ 124111300036-6

Синтез и исследование фотофизических свойств новых 1,2,5-халькогенадиазолов с тяжелыми халькогенами

Данный проект направлен на решение задачи по разработке подходов к дизайну и синтезу новых органических люминесцентных/фосфоресцентных материалов на основе производных 1,2,5-халькогенадиазолов – халькоген-азотных гетероциклов, включающих серу, селен или теллур. Выбор данной области исследований весьма актуален, поскольку в промышленности не ослабевает запрос на более эффективные материалы, которые можно применять в фотовольтаике при разработке светоизлучающих диодов, солнечных батарей, сенсоров и других устройств. Серосодержащие гетероциклы из указанного набора классов гетероциклических соединений – тиадиазолы, в особенности бензотиадиазолы, широко применяются для разработки новых материалов в органической электронике благодаря выигрышному набору свойств: ярко выраженному акцепторному характеру, способности к образованию нековалентных взаимодействий и оптическим характеристикам (эффективному поглощению света и в ряде случаев люминесценции / фосфоресценции). Помимо чисто органических материалов популярность набирает подход, связанный с получением комплексов переходных металлов, в которых халькогенадиазолы выступают в качестве лигандов, при этом зачастую люминесценция таких комплексов определяется природой металла, а халькогенадиазол служит «антенной» для света и последующего переноса энергии с лиганда на металл. Количество публикаций, посвященных применению тиадиазолов как акцепторных строительных блоков в полисопряженных малых молекулах и полимерах очень велико и продолжает расти. В то же время селенадиазолы только недавно начали входить в набор строительных блоков при разработке таких материалов, теллурадиазолы в данном контексте практически не изучены. В рамках данного проекта упор делается именно на тяжелые халькогены – селен и теллур, поскольку введение тяжелого атома может драматическим образом сказываться на функциональных свойствах веществ, например, положении полос эмиссии, т.е. цвете излучаемого в результате люминесценции света, квантовом выходе, т.е. эффективности преобразовании энергии, а

также приводить к возникновению фосфоресценции. При этом нет однозначного понимания того, как именно эффект тяжелого атома повлияет на свойства: в литературе известны примеры как положительного эффекта за счет реализации различных механизмов излучения, таких как агрегационно-индуцированная эмиссия, фосфоресценция и т.д., так и негативного эффекта, например, снижения квантового выхода люминесценции. Поэтому вопрос о влиянии тяжелого атома является ключевым для данного проекта. Кроме того, при всем обилии работ, с точки зрения классов используемых веществ, химическое разнообразие в данной области не так велико, поэтому ещё один потенциальный подход к новым материалам, рассматриваемый в данном проекте, заключается в применении полигалогенированных бензохалькогенадиазолов в качестве люминофоров, поскольку данный класс объектов в таком контексте ранее не рассматривался. Таким образом объектами исследования являются два класса производных халькогенадиазолов: полисопряженные би- и полициклические производные теллурадиазола и полигалогенированные бензохалькогенадиазолы, включая серу, селен и теллур. Результатом реализации проекта станет синтез серии ранее неизвестных гетероциклических соединений, потенциально обладающих практически важными свойствами, а также детальное изучение фотофизических свойств новых и ранее известных, но неизученных в обозначенном контексте, соединений. С фундаментальной точки зрения полученные результаты помогут лучше понять взаимосвязь между строением молекул выбранных классов соединений с их свойствами. С практической точки зрения полученные результаты позволят оценить перспективы применения данных соединений при переходе от веществ к материалам, и в более широком смысле позволят сформулировать новые принципы дизайна до сих пор не известных соединений с полезными для органического материаловедения свойствами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ НОВОСИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Н. ВОРОЖЦОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124111500005-0

Система электропитания малой мощности на основе возобновляемых источников энергии солнечной или тепловой природы (КФ-974)

Цель – разработка топологического и схемотехнического решения системы электропитания (СЭП) малой мощности, использующей солнечную или тепловую энергию. Решаемые задачи: - анализ существующих топологических решений СЭП малой мощности, использующей солнечную и тепловую энергию; - выбор или синтез топологического решения СЭП малой мощности, позволяющего создать малобюджетную СЭП, в которой реализуется необходимое и достаточное количество функций для полноценного функционирования СЭП; - разработка имитационной модели СЭП и проведение экспериментов по оценке работоспособности СЭП; - разработка схемотехнического решения СЭП; - изготовление макета СЭП и проведение его испытаний для проверки правильности найденных решений и их возможной корректировки. Актуальность. Автономные СЭП на основе возобновляемых источников энергии широко применяются в различных областях техники. Основными компонентами таких СЭП являются первичные источники (ПИ) энергии, такие как солнечные батареи (СБ) или термоэлектрические преобразователи (ТЭП), аккумуляторные батареи (АБ) и энергопреобразующая аппаратура (ЭПА). Энергопреобразующая аппаратура обеспечивает передачу энергии от ПИ в нагрузку и на заряд АБ. Кроме того, ЭПА обеспечивает передачу энергии от АБ в нагрузку при отсутствии или недостаточной генерации энергии ПИ. Всё более широкое применение автоматических систем контроля, регулирования, измерения различных параметров объектов самого разного назначения, зачастую удалённых от стационарных источников энергии, определяет актуальность развития автономных СЭП, использующих энергию возобновляемых источников. Разработка всех компонентов таких СЭП осуществлена и продолжается их совершенствование, а промышленностью уже освоен выпуск всех компонентов таких СЭП. Развитие электроники, миниатюризация датчиков, систем контроля и исполнительных механизмов приводит к снижению требуемой мощности автономных СЭП, и, как следствие актуализирует развитие маломощных СЭП с низкой стоимостью основных компонентов. При этом нужно учитывать, что маломощные компоненты для ПИ и для АБ выпускаются промышленностью, в то время как ЭПА выпускается для СЭП мощностью в сотни ватт и выше. Применение такой ЭПА в маломощных СЭП возможно, но приводит к завышению стоимости СЭП, что отрицательно сказывается на доступности таких СЭП для широкого круга потребителей. Новизна. К новизне проекта следует отнести поиск топологического решения СЭП, которое позволит создавать ЭПА маломощных СЭП на основе массово выпускаемых электрорадиоэлементов с низкой стоимостью. При этом топология и соответствующие ей схемотехнические решения должны реализовывать необходимый для ЭПА набор функций по передаче энергии на выход СЭП и по заряду – разряду АБ.

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

№ 124112200071-5

Разработка электрон-транспортного слоя для широкозонных перовскитных фотопреобразователей с повышенной эксплуатационной стабильностью

В настоящее время в нашу жизнь активно внедряется интернет вещей (IoT) - системы маломощных устройств, которые занимаются сбором и передачей данных в интернет без участия человека. Быстрое расширение линейки товаров для IoT умных домов поднимает вопрос об обеспечении этих устройств автономными источниками питания без привязки к электросети, к месту установки и к возможности подзарядки. В данном контексте большой интерес представляют фотовольтаические технологии, которые могут эффективно генерировать энергию в условиях внутридомового освещения. В помещениях источники света обычно представлены светодиодными и флуоресцентными лампами, а также рассеянным солнечным светом. Высокая эффективность преобразования света в данных условиях может быть достигнута для устройств с шириной запрещенной зоны фотоактивного слоя в диапазоне от 1,7 до 1,9 эВ, то есть значительно шире, чем у коммерческих устройств на основе монокристаллического кремния (1,1 эВ) и селенида меди-индия-галлия (1,0 эВ). Наиболее подходящей технологией для подобных применений являются перовскитные фотоэлементы (ПФЭ), ширину запрещенной зоны активного материала которых можно легко варьировать от 1,1 до 3,0 эВ путем изменения химического состава. ПФЭ это многослойные устройства, содержащие фотоактивный слой со структурой перовскита, расположенный между электрон- и дырочно-транспортными слоями (ЭТС и ДТС), которые отвечают за транспорт и экстракцию зарядов. Популярность ПФЭ среди других развивающихся технологий объясняется

высокими эффективностями на уровне с коммерческими фотопреобразователями, а также простотой и дешевизной изготовления устройств. Дополнительно, все слои ПФЭ можно наносить энергоэффективными методами из растворов на гибкие и легкие подложки различных размеров и форм. Методы получения широкозонных (1,7 - 1,9 эВ) перовскитов достаточно подробно отражены в литературе. Изменение энергетических уровней фотоактивного материала подразумевает подбор новых материалов для экстракции зарядов. Обычно, в литературе с широкозонными материалами применяются стандартные зарядово-транспортные материалы, используемые с узкозонными перовскитами (1,5 - 1,6 эВ) с уровнем зоны проводимости около -3,9 эВ. Так как при переходе к широкозонным ПСЭ чаще всего изменяется именно уровень зоны проводимости, для обеспечения оптимальных характеристик устройств требуется уделить особое внимание разработке подходящего электрон-транспортного слоя. В заявленном проекте будут исследованы неорганические оксиды металлов n-типа в совокупности с различными методами модификации их поверхности, которые позволят достичь эффективной экстракции электронов с уровня зоны проводимости широкозонного перовскита. Будет проведено систематическое исследование тонких пленок материалов физико-химическими методами, а также выявлены слои или комбинации электрон-транспортных слоёв, позволяющие добиться высоких эффективностей и стабильностей ПФЭ с широкозонным фотоактивным слоем. Достижение данной цели поспособствует скорейшей коммерциализации внутридомовой перовскитной фотовольтаики. Это позволит России получить преимущество в развитии автономных технологий интернета вещей и ускорит появление новых беспроводных устройств IoT. Кроме того, разработанные материалы также могут быть применены в создании многопереходных солнечных батарей, которые обладают высоким КПД преобразования света, что увеличит коммерческую привлекательность использования солнечной энергетики в Российской Федерации. Представленный проект соответствует приоритетному направлению научно-технического развития Российской Федерации H_2 “Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии”.

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

№ 124120400024-4

Экспериментальное исследование физических процессов и явлений, возникающих в тонких пленках металлов при воздействии субпикосекундных импульсов излучения в видимом, ближнем инфракрасном и терагерцевом спектральных диапазонах

Проект посвящен экспериментальному исследованию физических процессов и явлений, возникающих в тонких металлических пленках при воздействии субпикосекундных импульсов излучения в видимом, ближнем инфракрасном и терагерцевом спектральных диапазонах. Исследование свойств и характеристик тонких металлических пленок, находящихся под действием субпикосекундных импульсов излучения в различных спектральных диапазонах с высокой интенсивностью, является неотъемлемой частью современной фундаментальной и прикладной науки в области физики сверхбыстрых процессов и явлений, а также одной из важнейших и значимых задач физики конденсированного состояния вещества. Металлические пленки толщиной несколько десятков нанометров применяются в разработке чувствительных детекторов в субмиллиметровом диапазоне длин волн. Это связано с развитием беспроводных средств связи и передачи информации нового поколения 6G. Одной из актуальных проблем является отвод тепла на наномасштабах. Для решения этой проблемы актуальны исследования динамики переноса энергии на наномасштабах с помощью фемтосекундных лазерных импульсов. Другим важным аспектом сверхбыстрого лазерного нагрева является генерация ультракоротких акустических волн для неразрушающих и бесконтактных методов определения свойств материалов с наноразмерным пространственным разрешением, когда исследуемая область расположена на глубине 10–1000 нм под оптически непрозрачной поверхностью. Формирование нано- и микроструктур с контролем морфологии поверхности имеет широкий спектр применения для производства солнечных батарей, гидрофобных поверхностей и генерации наночастиц. В рамках проекта планируется решить следующие актуальные задачи: 1. Экспериментальное изучение свойств тонких металлических пленок в ТГц спектральном диапазоне в условиях неравновесного нагрева под действием пикосекундного ТГц импульса, в частности диэлектрической проницаемости. 2. Экспериментальное исследование формирования поверхностных периодических структур в тонких металлических пленках и их разрушение при однократном и многократном воздействии ТГц излучения в зависимости от материала и толщины пленки и материала подложки. 3. Неразрушающее исследование сверхбыстрых процессов транспорта энергии, генерации и распространения когерентных акустических фононов на пикосекундных временах в металлических пленках на диэлектрических подложках, находящихся в сильнонеравновесном двухтемпературном состоянии после воздействия мощных субпикосекундных лазерных импульсов в широком спектральном диапазоне. 4. Разработка метода и экспериментальное исследование контролируемого частичного или полного удаления материала тонкопленочных металлических образцов при воздействии фемтосекундного лазерного излучения ближнего ИК диапазона с различными параметрами. Предлагается использовать ряд инновационных методов и подходов, в частности: 1. Генерация ТГц импульсов будет осуществляться методом оптического выпрямления фемтосекундных лазерных импульсов с длиной волны излучения 1240 нм в нелинейных органических кристаллах DSTMS и OH1 на УНУ «ЛТФК» ОИВТ РАН с напряженностью электрического поля до 30 МВ/см. 2. Диагностика индуцируемых фемтосекундными импульсами видимого и ИК диапазонов тепловых и акустических процессов в нанослоях в пикосекундном временном диапазоне будет осуществляться с помощью фемтосекундной термомодуляционной методики с применением метода фазочувствительного детектирования изменения коэффициента отражения и пропускания. 3. Для исследования порога абляции и морфологии кратеров будет применена «pump–probe» методика фемтосекундной интерференционной микроскопии, которая позволяет одновременно регистрировать пространственное распределение фазы и амплитуды отраженной диагностической волны от поверхности образца, обеспечивая пространственное разрешение в плоскости мишени ~2 мкм и разрешение по глубине ~1 нм. Будет проведено измерение порогов откольной и фрагментационной абляции.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124121000040-5

Разработка, изготовление и испытания опытного образца высокоэффективного преобразовательного устройства для возобновляемых источников энергии на основе фотоэлектрических панелей номинальной мощностью 5 кВт

Проект относится к приоритетным направлениям научно-технического развития: высокоэффективная и ресурсосберегающая энергетика. Проект направлен на разработку, изготовление и проведение испытаний высокоэффективного преобразовательных устройства для возобновляемых источников энергии на основе фотоэлектрическихпанелейсулучшеннымихарактеристиками, относительно имеющихся на рынке аналогов номинальной выходной мощностью 5 кВт. Командой проекта разработано две инновационных технологии (тененезависимый алгоритм поиска точки максимальной мощности и технология уменьшения паразитной рекомбинации электронов и дырок в солнечных панелях). В результате среднее количество получаемой энергии за неделю, месяц, год эксплуатации на 10-20% выше аналогов, представленных на рынке. 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»

№ 124121200035-9

Выявление влияния металлического атомного легирования и контроля свойств углеродных наноматериалов на их применение в оптоэлектронике

Углеродные наноматериалы (одно-, двух- и многостенные углеродные нанотрубки, графен, ультраузкие полосы графена, оксид графена и др.) обладают множеством превосходных характеристик, включая оптическую прозрачность, электропроводность, механическую прочность и теплопроводность. Их использование должно помочь существенно улучшить характеристики элементов микро- и наноэлектроники, солнечных батарей, светодиодов, нелинейно-оптических модуляторов и др. Один из наноматериалов - графен, имеет нулевую запрещенную зону, что означает, что даже при абсолютном нуле некоторое количество электронов и дырок уже присутствует в зоне проводимости и в валентной зоне. Это приводит к неконтролируемому потоку носителей заряда, что ограничивает использование углеродных наноматериалов во многих приложениях. Чтобы уменьшить подвижность электронов и сделать ее пригодной для использования в наноэлектронных устройствах, необходимо создать запрещенную зону в материале. Одним из способов создания такой зоны является модификация поверхности или химическое легирование. Добавляя гетероатомы, можно успешно регулировать электрическую структуру и другие свойства углеродных наноматериалов. Было проведено несколько исследований взаимодействия углеродных наноматериалов с легирующими переходными металлами, такими как Ag, Au, Cu, Ni и Pt. В результате удалось существенно изменить электронные и оптические характеристики углеродных наноматериалов. Однако связь между изменением электронных и оптических характеристик углеродных наноматериалов в процессе легирования и возможностью их применения в устройствах оптоэлектроники до сих пор до конца не выяснена. Данный проект направлен на изучение влияния легирования атомами металлов и контроля свойств углеродных наноматериалов на возможность их применения в оптоэлектронике. Микроструктура, свойства и применения углеродных наноматериалов, легированных атомами металлов, будут охарактеризованы с использованием современных аналитических методов. В проекте примут участие 2 ведущие в своих странах лаборатории по синтезу и исследованию одностенных углеродных нанотрубок и графена, уже имеющие опыт работы в рамках 2х совместных проектов Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Исследователи в этих лабораториях знают друг друга лично и являются соавторами 5 совместных статей в высокорейтинговых международных научных журналах. Одна из команд - команда Лаборатории углеродных наноматериалов (Институт материаловедения Вьетнамской академии наук и технологий), возглавляемая Dr. Nguyen Van Chuc, является опытным коллективом по синтезу и применению (например, для создания сенсоров) углеродных нанотрубок и графена. Однако, у нее существуют проблемы в характеризации пленок из-за отсутствия таких аналитических методов как микрораман, АСМ, UV-VIS-NIR оптическое поглощение света, четырехконтактный метод измерения электрического сопротивления и т.д. Лаборатория спектроскопии наноматериалов под руководством Е. Д. Образцовой в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН является сильной группой в области углеродных нанотехнологий в целом, и, в особенности, в области оптических и опто-электронных применений наноуглерода. Сотрудничество между двумя группами позволит детально изучить основные характеристики углеродных наноматериалов (электронную структуру, оптические и проводящие свойства и т.д.). Сотрудничество позволит обменяться опытом между российскими и вьетнамскими учеными, получить новые интересные результаты и опубликовать совместные работы в высокорейтинговых международных научных журналах.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124121700035-4

«Разработка и обоснование метода повышения энергоэффективности солнечных панелей»

1. Общие положения Научно-исследовательская работа выполняется временным творческим коллективом, формируемым кафедрами «Строительство и техносферная безопасность», «Информатика» и «Естественнонаучные дисциплины» ИСОиП (филиала) ДГТУ в г. Шахты, утверждаемым приказом директора. 2. Цели и задачи научно-исследовательской работы Цель НИР: обосновать и разработать рекомендации по реализации метода охлаждения поверхности солнечной панели с целью сохранения коэффициента полезного действия (КПД) фотоэлектрических преобразователей при повышении температуры поверхности солнечной панели. Задачи НИР: 1. Выполнить обзор и анализ теоретических основ работы солнечных панелей при различных температурных режимах. 2. Предложить метод и обосновать целесообразность охлаждения поверхностей солнечной панели на основе теории влияния температуры на фотоэлектрические процессы. 3. Разработать методику исследований и исследовательский стенд для выполнения натурных физических исследований влияния температуры на вольт-амперную характеристику

солнечной панели и её КПД. 4. Провести предварительные экспериментальные исследования. Выполнить анализ результатов, установить степень эффективности охлаждения солнечной панели. 5. Разработать рекомендации по конструированию системы охлаждения солнечной панели. 3. Содержание НИР и основные требования к проведению исследований. В рамках данной работы необходимо разработать систему и метод охлаждения солнечной панели, особенности которых обеспечат эффективность её работы. Содержание научно-исследовательской работы: - выполнение анализа известных методов охлаждения солнечной панели с целью улучшения её энергетической эффективности. - выполнение теоретического обоснования возможности и целесообразности охлаждения солнечной панели вентиляторами. - разработка и изготовление стенда для исследования метода охлаждения солнечной панели. - проведение экспериментальных исследований - обобщение результатов исследований и разработка рекомендаций по применению метода охлаждения солнечной панели.

Исполнитель: ИНСТИТУТ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ШАХТЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

№ 124121800049-0

Разработка энергоэффективной технологии газофазного синтеза кремния повышенной чистоты

Человечество столкнулось с проблемой постоянного роста энергопотребления на фоне ограниченности ископаемых источников. Солнечная энергетика является одной из основных альтернатив традиционным источникам. Основной вопрос, связанный с солнечной энергетикой, сохранятся ли темпы повышения эффективности и снижения стоимости солнечных элементов настолько, что стоимость производимой с помощью них энергии станет конкурентной? Значительную часть стоимости солнечного элемента составляет полупроводниковый материал. В настоящее время 95 % коммерческих солнечных панелей изготовляют с использованием кремниевых фотоэлектрических преобразователей, поэтому вопрос поиска и разработок технологий, которые позволят снизить стоимость кремния солнечного качества является актуальной задачей. В настоящем проекте предлагается разработка энергоэффективной технологии газофазного синтеза кремния из оксида за счет восстановления субфторидом алюминия в ходе транспортной химической реакции.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124122000014-3

Разработка, изготовление и испытание прототипа люминесцентной оптической композитной пленки для солнечных элементов

Разработка функциональных покрытий для солнечных элементов представляет собой актуальную задачу солнечной энергетики, в том числе, в условиях космоса, для аппаратов типа CubeSat. Поскольку применяемые в настоящий момент пластины из специального стекла несмотря на высокую устойчивость к воздействию заряженных частиц и гамма облучения имеют большую массу, высокую хрупкость и стоимость получения. При этом, использование полимерных оптических материалов ограничено их низкой механической и оптической устойчивостью к излучению - наблюдается потемнение и деформация. Кроме того, отмеченные материалы не пропускают ультрафиолетовую часть солнечного спектра. Проект направлен на разработку специального композитного покрытия, на основе термопластичного полимера и стеклокристаллического наполнителя с высокой эффективностью фотолюминесценции нанокристаллов галогенидных перовскитов. Формирование нанокристаллов галогенидных перовскитов происходит в результате направленной кристаллизации при термической обработке уникального состава стеклянной матрицы. Целями проекта являются - разработка технологии получения нанокристаллов в стеклообразной матрице с полосой люминесценции, приходящейся на зеленую область спектра и отработки серийной технологии получения композитных пленок со стеклокристаллическим наполнителем.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КВАНТУМ МАТЕРИАЛС»

№ 124101500445-5

Высокоэффективные солнечные элементы на основе наноструктурированного «черного» кремния с оксидными пассивирующими слоями

Наиболее перспективные современные СЭ — это однопереходные на основе HIT-технологии, полученные ростом тонких слоев аморфного кремния на подложках, но они приблизились к своим предельным теоретическим значениям КПД. Поэтому сегодня ведутся активные поиски новых методов и подходов для создания дешевых высокоэффективных СЭ с применением технологических шагов, пригодных для массового производства. В последние несколько лет резко выросло количество исследований по поиску абсолютно новых материалов, которые в перспективе могут заменить аморфный кремний, так как этот материал имеет недостатки в виде недостаточной термостабильности, а также паразитного поглощения в ультрафиолетовой области солнечного спектра излучения. Важное направление исследований кремниевых СЭ – это формирование развитой наноструктурированной поверхности на лицевой стороне подложки для улучшения поглощения солнечного света, например, текстурированная в виде пирамидок, однородный массив нано- и микро- столбиков, полученных травлением подложки, рост массива нановолокон кремния химическим методами, либо так называемый «черный кремний» и другие. К преимуществам такого подхода относится возможность отказа антиотражающего покрытия и возможность работы в очень широком диапазоне углов падающего, что позволяет повысить среднесуточную и среднегодовую выработку электроэнергии для неподвижных модулей. Однако, осаждение аморфного и микрокристаллического кремния на развитую поверхность нановолокон является нетривиальной задачей, так в отличие от планарной, что приводит к неоднородности пассивации, увеличение паразитного поглощения в эмиттере и уменьшению КПД СЭ. Качество пассивации поверхности подложки кремния является ключевым фактором, влияющим на КПД конечного СЭ, а оно критически определяется двумя факторами: геометрия поверхности кремния и свойства нанесенного на нее слоя. Поэтому в данном проекте предлагается рассмотреть новый тип солнечных элементов, у которых на лицевую поверхность в виде черного кремния, полученного

сухим безмасочным травлением, методом атомно-слоевого осаждение (АСО) наносится пассивирующий слой оксида Al_2O_3, Ga_2O_3, TiO_2, MoOx (толщиной 2-5 нм), с последующим нанесением широкозонного материала тоже методом АСО (фосфиды или иного оксида) для формирования FSF (front surface field) слоя, позволяющего улучшить характеристики солнечного элемента. При этом на тыльную сторону солнечного элемента, которая может быть как исходной планарной, так и в виде черного кремния, наносится хорошо отработанный селективный контакт, состоящий из тонкого слоя аморфного кремния собственной проводимости (2-5 нм) для пассивации с последующим высоколегированным слоем аморфного кремния. Таким образом, p-n переход будет сформирован на тыльной стороне СЭ, что предотвратит паразитное поглощение в эмиттере. Количественное описание свойств этих слоев является следующим важным этапом реализации данного проекта, так как это позволит дополнить информацию о свойствах Al_2O_3 на развитой поверхности кремния, а в случае Ga_2O_3 и MoOx она будет уникальной, что позволит оценить возможные способы их применения в фотопреобразовательных структурах. Новизной работы будет изучение фотопреобразовательных структур с оксидами на развитой поверхности емкостными методами (вольт-фарадная характеристика, спектроскопия полной проводимости, нестационарная спектроскопия глубоких уровней). Кроме того, будет разработана компьютерная модель, позволяющая проводить интерпретацию полученных экспериментальных данных для проведения оценки качества пассивации, в частности, плотности поверхностных состояний. В проекте предлагается комплексный подход в виде использования взаимодополняющих емкостных методов и компьютерного моделирования для исследования структур с оксидами на черном кремнии позволит получить уникальную информацию для оптимизации процесса формирования эффективных фотопреобразовательных структур на их основе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ж.И. АЛФЕРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124070100022-1

Разработка физико-технологических принципов формирования многослойных структур на основе фосфидов III группы на Si подложках для фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии

Солнечные элементы на основе кремния составляют более 90% рынка наземной фотовольтаики, что обусловлено доступностью материала, запасы которого в земной коре практически не ограничены, высоким уровнем развития кремниевой технологии, достаточной стойкостью к солнечному излучению и тем фактом, что солнечные элементы на основе кремниевых подложек безопасны с экологической точки зрения и не требуют особых процедур утилизации. КПД солнечных элементов на основе монокристаллического Si уже приблизился к теоретическому пределу. Однако дальнейшее развитие фотоэлектрического преобразования солнечного излучения требует увеличения эффективности. Эффективность преобразования солнечной энергии ограничена потерями, ряд из которых носит фундаментальный характер. Самое сильное ограничение на максимально достижимый КПД солнечных элементов на основе одного перехода оказывают потери на термализацию носителей заряда, когда избыточная энергия фотонов, передаваемая генерируемым носителям заряда, передается на тепловые колебания решетки. В работе будет рассмотрен наиболее эффективный подход к снижению потерь на термализацию носителей заряда, заключающийся в формировании тандемных (многопереходных) солнечных элементов. Впервые будут проведены исследования по определению возможности формирования двух-переходных солнечных элементов с нижним переходом на основе Si подложки, а верхним на основе короткопериодных сверхрешеток GaN/InP с компенсацией упругих напряжений (strain balanced superlattice). Использование бинарных соединений GaN и InP с противоположено различающейся постоянной кристаллической решетки относительно Si подложки позволяет компенсировать упругие напряжения. Вариация толщины квантовых ям InP позволит проводить достичь необходимого значения эффективной ширины запрещенной зоны для верхнего перехода (1.7-1.8 эВ). Для формирования бинарных слоев GaP и короткопериодных сверхрешеток GaN/InP или GaP/GaN/InP с резкими границами раздела и низким фоновым уровнем легирования предлагается использовать плазмохимическое атомно-слоевое осаждение с импульсным in situ отжигом в плазме при температурах, не превышающих 400°C. На Si подложках сначала будут выращиваться нуклеационные и буферные слои GaP. Для роста активных слоев GaN/InP будет использоваться комбинации последовательности бинарных слоев в виде короткопериодных сверхрешеток GaN/InP или GaP/GaN/InP. При формировании фотопреобразовательных структур активные нелегированные многослойные композиции GaN/InP (GaP/GaN/InP) будут заключаться между легированными слоями – «обкладками» GaP. В ходе выполнения работы будет проведен теоретический расчет параметров короткопериодных сверхрешеток GaN/InP с эффективной шириной запрещенной зоны 1,7-1,8 эВ и свойств фотопреобразовательных гетероструктур на их основе. Будут определены физико-технологические основы формирования многослойных структур GaP/GaN/InP с помощью метода плазмохимического атомно-слоевого осаждения при температурах не превышающих 400°C, проведены исследования оптических, структурных и электронных свойств многослойных структур GaP/InP/GaN, а также свойств границ раздела для этих систем. Будет определена зависимость свойств от условий формирования и определены технологические предпосылки для совершенствования фотоэлектрических свойств этих слоев. Таким образом, в результате выполнения работ по проекту впервые будут проведены исследования фундаментальных аспектов физики и технологии формирования наногетероструктур на основе короткопериодных сверхрешеток GaN/InP, выращенных на Si подложках с помощью метода низкотемпературного атомно-слоевого осаждения, а также будут проведены исследования по использованию данных материалов в качестве фотоактивных слоев многопереходных солнечных элементов на Si с КПД превышающим 30%.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ж.И. АЛФЕРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124012800520-5

Гетероструктурные фотокатализаторы на основе металл-органических каркасов для генерации солнечного топлива: дизайн и детальное изучение механизмов действия

Производство «солнечного топлива», в особенности путем искусственного фотосинтеза, обладает преимуществами углеродной нейтральности, экологической чистоты и конверсии возобновляемой солнечной энергии, вследствие чего является наиболее перспективным способом производства химических топлив. Фотокатализаторы с высокой активностью

критически необходимы для эффективной стимуляции фотокаталитических реакций, и металл-органические каркасы (МОК, англ. MOF) крайне многообещающи в этой связи по ряду причин. Во-первых, их состав и структуры могут быть тонко настроены с целью обеспечения чувствительности к свету видимого диапазона. Во-вторых, высокая площадь удельной поверхности и многочисленные каналы благоприятны для проведения эффективных каталитических реакций. Тем не менее, МОК сами по себе при использовании в качестве фотокатализаторов часто обладают недостатком быстрой рекомбинации фотогенерированных электронов и дырок, что приводит к недостаточно высокой фотокаталитической активности. Создание гетероструктур на основе МОК способно решить данную проблему. Учитывая упомянутые выше предпосылки, можно ожидать, что конструирование новых гибридных систем путем сопряжения МОК с полупроводниками или металлами позволит достичь оптимальной активности для генерации солнечного топлива. Однако разнообразная морфология, настраиваемые состав и структура МОК требуют детального понимания механизмов влияния гетероструктур на фотокаталитическую активность конкретных узлов МОК. В связи с этим, целью данного проекта является дизайн гетероструктур на основе МОК путем развития новых физико-химических стратегий. С помощью подстройки типов МОК, полупроводников и металлов, также как и морфологии композита (0D/1D/2D/3D), будет создана серия гетероструктур. Далее, с использованием in-situ ЭПР (электронный парамагнитный резонанс) с фотовозбуждением, in-situ РФС (рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия) с фотовозбуждением, in-situ АСМ (атомно-силовая микроскопия) с фотовозбуждением, фемтосекундной оптической спектроскопии и теоретических расчетов методом функционала плотности, а также других ex-situ методик, будут детально исследованы активные центры, пути переноса электрона и механизмы реакции, определяющие каталитические свойства гетероструктур различной морфологии, состава, структуры и типа связывания. В итоге, с учетом соответствующих фотокаталитических механизмов, будут разработаны и апробированы эффективные гетероструктуры. Концепции дизайна и установление фундаментальных научных основ функционирования данных новых фотокаталитических систем позволят развить практические приложения фотокаталитических гетероструктур на основе МОК и, таким образом, станут важным шагом на пути к реализации углеродной нейтральности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТОМОГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР» СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124122600052-9

Разработка и исследование катализаторов и процессов переработки природного газа и широкой фракции легких углеводородов в востребованные химические продукты

Природный газ является одним из наиболее важных источников углеводородного сырья, потребление которого неуклонно увеличивается последние десятилетия. С развитием технологии сжижения природного газа его доступность и масштабы использования будут и далее возрастать. На сегодня природный газ преимущественно используется для энергетических нужд. Применение природного газа в химической промышленности в основном ограничивается получением синтез-газа для производства водорода, синтеза метанола и аммиака. При этом, существующие технологические процессы рентабельны на крупных масштабах производства (0,5-1 млн т/г) и включают большое количество каталитических стадий. Поэтому разработка катализаторов для создания новых и модификации существующих процессов переработки природного газа в востребованные химические продукты является актуальной задачей, особенно с учетом наличия крупных газовых месторождений в Российской Федерации. В рамках выполнения работ по проекту предполагается проведение комплексных фундаментальных исследований, направленных на создание новых катализаторов для цепочки существующих процессов получения метанола, для перспективных процессов селективного окисления и оксигалогенирования метана и карбонилирования метанола и его производных. Проблемы, возникающие при глубокой переработке природного газа, связаны, в частности, с загрязнением окружающей среды. Это определяется выбросами в атмосферу соединений серы, оксидов азота, аммиака, парниковых газов (в первую очередь метана и углекислого газа), а также наночастиц сажи в отработанных газах промышленных предприятий, мобильных и стационарных источников, включая установки термического обезвреживания отходов. Решение этих проблем остается актуальным. В части разработки процессов каталитической конверсии сероводорода в элементарную серу существует проблема переработки реального газового сырья, в состав которого наряду с основным компонентом – H2S входит целый «набор» сопутствующих сернистых компонентов, таких как меркаптаны и серооксид углерода. В настоящее время такая проблема решается путем создания специализированных промышленных установок (например, процесс Merox, основной Лицензиар - компания Merichem Company, США). Эти процессы весьма затратны и характеризуются низкой экологической эффективностью и образованием токсичных сульфидных стоков. Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос рациональной переработки газов, содержащих сероводород и аммиак. Такие газы образуются в результате глубокой гидроочистки сырьевых углеводородных потоков (процессы гидрообессеривания и гидродеазотирования). Также на повестке стоит усовершенствование технологий утилизации парниковых газов и переработки химического сырья для снижения антропогенного воздействия на окружающую среду и более рационального использования природных ресурсов. Для процессов парциального окисления, паровой, углекислотной и автотермической конверсии метана и его гомологов в синтез-газ требуется создание устойчивых к зауглероживанию структурированных нанокомпозитных катализаторов, оптимизация рабочих параметров соответствующих процессов на основе детальных кинетических исследований и математического моделирования. Актуальным является приготовление и исследование катализаторов для получения ценных углеводородов и спиртов из синтез-газа. Для энергетических приложений необходима разработка и исследование материалов твердооксидных топливных элементов и электролизеров, функциональных слоев асимметричных нанесенных кислород- и протонпроводящих мембран. Это неразрывно связано с развитием методов охарактеризования проводимости, кислородной и водородной подвижности материалов. Олефиновые и диолефиновые углеводороды находят широкое применение в различных химических производствах, таких как получение синтетических каучуков, пластмасс, компонентов автомобильного топлива и других ценных химических продуктов. Значительный запас низших парафинов в нашей стране делает проблему их эффективной переработки в ценные продукты еще более актуальной. Из всех существующих методов получения олефинов значительная доля приходится на методы каталитического дегидрирования парафинов. Разработка новых типов катализаторов, активных и селективных в дегидрировании широкого спектра легких углеводородов, является актуальной задачей. В настоящее время постоянно ведется поиск новых альтернативных источников энергии и способов ее преобразования, запасания и использования. Одним из перспективных подходов является применение фотокатализа

на полупроводниках для трансформации солнечной энергии в энергию химических связей. Фотокаталитические процессы с использованием полупроводниковых материалов могут быть задействованы не только для получения водорода, но и химических трансформаций различных соединений (в том числе основных и побочных продуктов переработки природного газа и легких углеводородов) в мягких условиях.

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

№ 124101600532-1

Повышение эффективности обратного осмоса на солнечной энергии за счет изменения морфологии мембраны и извлечения тепловой энергии из солнечной фотоэлектрической панели. Заказчик

Солнечные системы, в частности фотоэлектрические панели (ФЭП), часто страдают от низкой эффективности из-за повышения температуры поверхности, что приводит к снижению выходной мощности, энергоэффективности, производительности панели и срока службы. В этом исследовании экспериментально сравнивалось влияние охлаждения фотоэлектрического модуля с помощью ФЭП/пены/воды и ФЭП/пены/наножидкости ZnO на технические, экологические и экономические показатели системы. Отмечено, что средняя электрическая эффективность составила 15,13% для референтной панели, 17,08% для ФЭП/пены/воды и 17,54% для ФЭП/пены/наножидкости ZnO. Исследование показало сокращение выбросов углерода от 0,081 тонны/год до 0,40 тонны/год для контрольной панели, от 0,088 тонны/год до 0,44 тонны/год для PV/пены/воды и от 0,096 тонны/год до 0,48 тонны/год для ФЭП/пены/наножидкости ZnO в зависимости от рабочих дней или периода. Контрольная панель, системы ФЭП/пены/воды и ФЭП/пены/наножидкости ZnO имели расчетные сроки окупаемости энергии 2,97, 2,95 и 2,90 года соответственно, если установка работает круглый год. Система ФЭП/пены/наножидкости ZnO оказалась более эффективной.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра

№ 124032700016-2

Разработка и освоение производства гистерезисграфа для определения статических магнитных характеристик магнитотвердых материалов

Постоянные магниты являются необходимым звеном для ветроэнергетических установок, электротранспорта, робототехники и других высокотехнологичных электрических устройств. Согласно оценкам российского рынка спрос на редкоземельные магниты с 2021 по 2030 год должен вырасти в три раза, с 1045 тонн до 3400 тонн. Для определения статических магнитных характеристик (остаточной магнитной индукции, коэрцитивной силы по индукции и по намагниченности, максимального энергетического произведения) магнитотвердых материалов любых типов применяют автоматизированные магнитоизмерительные комплексы типа гистерезисграфа. В настоящее время в Государственном реестре средств измерений зарегистрированы только гистерезисграфы производства иностранных фирм Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH (Германия), Mianyang Shuangli Electronic Co. LTD (Китай), Walker scientific Inc. (США), Laboratorio Elettrofisico Engineering S.R.L. (Италия) и отсутствуют приборы российских фирм. В рамках выполнения работы планируются разработка и освоение производства отечественного гистерезисграфа, соответствующего действующим государственным стандартам, а также подготовленному Техническим комитетом по стандартизации ТК428 «Магнитные материалы и изделия» к утверждению ГОСТ «Методы определения статических магнитных характеристик магнитотвердых материалов на гистерезисграфах», для обеспечения импортонезависимости и импортоопережения в области производства продукции на основе постоянных магнитов.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ЭЛЕКТРОАППАРАТУРЫ»

№ 124041800062-0

Совершенствование технологий использования альтернативных источников энергии в Арктической зоне Российской Федерации

Необходимость решения экологических проблем заставляет обратить внимание на текущую ситуацию в мировой энергетике. Увеличение спроса и потребления энергии является результатом технического прогресса и рассматривается как наиболее важный фактор ускорения изменений климата и окружающей среды, наблюдаемых и описываемых научным обществом. Мировое потребление энергии к 2040 году увеличится приблизительно на 35% процентов по сравнению с показателем 2023 года. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится приоритетом для государств из-за растущих экологических проблем, безопасности поставок ископаемого топлива. Достигнутый в последние десятилетия прогресс в развитии технологий эффективного использования ВИЭ привел к общественному пониманию того, что без использования солнечной энергии, энергии ветра, биомассы и других практически повсеместно доступных и экологически безопасных природных возобновляемых энергетических источников обеспечить длительное эффективное, устойчивое и безопасное энергетическое развитие человечества будет сложно. В последние годы ветроэнергетика в регионах с холодным климатом вызывает повышенный интерес в связи с наличием большого ветроэнергетического потенциала. Однако обледенение является препятствием для полноценного использования этого большого ресурса. Образующийся лед на лопасти ветроэнергетической установки изменяет геометрию лопасти, что влияет на аэродинамические характеристики лопасти и приводит к потерям при производстве электроэнергии. В некоторых случаях такие потери приводят к снижению среднегодовой производительности ВЭУ на 17% и аэродинамических характеристик на 20 – 50%. Растущий интерес к более эффективному использованию больших ветроэнергетических ресурсов в северных районах подчеркивает необходимость изучения физики образования льда и поиска инновационных технологических решений для эксплуатации ветроэнергетических установок в условиях возможного обледенения с целью снижения капитальных и эксплуатационных расходов. Для повышения

конкурентоспособности ветровой энергии в сравнении с ископаемыми видами топлива в отрасли наблюдается растущая тенденция к увеличению размеров ВЭУ для снижения затрат на производство электроэнергии за счет эффекта экономии масштаба. В последние годы стоимость ВЭУ значительно снижается, что говорит о том, что установка ветровых электростанций становится все более экономичной, доступной и конкурентоспособной. Это также подчеркивает необходимость исследования процесса обледенения лопастей для более широко использования ВЭУ в северных регионах. Арктическая зона является стратегически важной территорией для Российской Федерации. Северный морской путь с каждым годом привлекает все больше внимания в качестве альтернативы перегруженным и значительно более длинным водным путям из Европы в Азию. Основными целями России в ее арктической политике являются использование природных ресурсов, защита экосистем, использование морей как транспортной системы в интересах России. Поэтому развитие данного региона является одной из приоритетных государственных задач. Согласно «Стратегии научно-технического развития Российской Федерации» приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые обеспечат переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике. Подтверждение этого тезиса можно найти в «Энергетической стратегии России на период до 2035 года», где говорится о том, что задачей развития энергетического сектора в сфере экологии и противодействия изменениям климата является всемерное сдерживание роста и уменьшение негативного влияния производства и потребления энергоресурсов на окружающую среду, климат и здоровье людей. Данную задачу в Арктическом регионе Российской Федерации может помочь решить использование непроектных видов топлива, побочных продуктов различных производств: лесопромышленного комплекса, целлюлозно-бумажной отрасли, биологической очистки сточных вод и других производств. К таким топливам можно отнести высококалорийные виды топлива в виде древесных гранул (пеллет, брикет), а также торф, гидролизный лигнин и осадок сточных вод. Торфяное топливо имеет множество экологических и экономических преимуществ. Например, его низшая теплота сгорания на горючую массу близка к бурому углю, также он характеризуется низким содержанием серы и золы и минимальным содержанием ртути. Торф дешевле мазута и природного газа, его цена сопоставима с древесным биотопливом. Важное место в балансе полезных ископаемых нашей страны занимают торфяные месторождения, которые распространены практически на всей территории России. Согласно «Концепции охраны и рационального использования торфяных болот России» Северо-Западный федеральный округ обладает наибольшими разведанными запасами торфа категорий А+В+С1 – 6,9 млрд т, что соответствует 36,2% от запасов всей страны. При этом общее количество месторождений в данном округе составляет 18912.Торфяное топливо обладает огромным потенциалом, использование которого в будущем может значительно повлиять на различные сферы человеческой деятельности. Потенциал этого вида топлива может быть использован в энергетике, промышленности и сельском хозяйстве. Гидролизный лигнин является побочным продуктом производства топлива и химикатов либо путем перколяции (процесс Шоллера), либо путем низкотемпературного гидролиза древесины (процесс Бергиуса). Процесс Шоллера использовался с 1920 по 1945 год. Это гидролиз древесной щепы серной кислотой с получением глюкозы и топлива. Процесс Бергиуса был разработан во время Первой мировой войны. Он заключается в переработке бурого угля (также называемого лигнитом) в сырую нефть путем гидролиза соляной кислотой. Эти процессы были остановлены в конце Второй мировой войны из-за их нерентабельности. После Второй мировой войны и вплоть до XXI века на территории бывшего СССР проводился кислотный гидролиз древесных и сельскохозяйственных отходов с получением этанола, кормовых дрожжей и сахаров. Текущие запасы гидролизного лигнина в России составляют примерно 30 млн тонн и увеличиваются на 1,5 млн тонн в год. Это сырое биотопливо широко не используется, поскольку до сих пор не найдено никаких выгодных применений. Высокая влажность, наличие остаточной кислоты, сложность состава и крайняя неоднородность затрудняют его использование в качестве топлива. Но данный вид топлива имеет огромный потенциал его энергетической утилизации путем производства высококалорийного топлива – гранул из гидролизного лигнина. Одним из важнейших способов совершенствования энергетического использования вторичных энергоресурсов на предприятиях целлюлозно-бумажной отрасли является поиск эффективных способов утилизации, образующегося в технологическом процессе биотоплива – осадка сточных вод. Данный осадок является результатом очистки сточных вод комбината, и энергетически утилизируется в смеси с кородревесными отходами, образующимися в процессе мокрой или сухой окорки древесины.

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

№ 124042200021-0

Разработка современной методики проектирования и технологии производства вертикально-осевых ветроэнергетических установок мощностью более 200 кВт

Ввиду мировой тенденции к снижению углеродного следа и увеличению доли возобновляемых источников энергии на рынке энергетики возрастает потребность в новых высокоэффективных и малошумных ветроэнергетических установках. На данный момент в практике проектирования зачастую используются морально устаревшие подходы к проектированию ветроэнергетических установок с ротором типа Дарье, имеющие общий вид без конкретизации узких задач и не использующие возможности современных вычислительных машин и специализированного программного обеспечения для решения сложных газодинамических, электромагнетических и прочностных задач. Появление новых конструкционных материалов и технологий требует разработки новых подходов к проектированию и разработке методик конструирования ветроэнергетических установок, что в свою очередь, позволяет повысить как производительность, так и эксплуатационные качества новых изделий.

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

№ 124062400029-2

Роторные системы для ветроэнергетики и транспорта Арктической зоны

Арктическая зона является зоной с повышенными ветровыми нагрузками и слабой электрификацией, что напрямую говорит об актуальности разработки современных ветроэнергетических установок. Использование динамического изменения углов атаки лопастей вертикальных роторов Дарье Н-типа приводит к более эффективному использованию энергии ветра. Коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ) таких роторов не

уступает, а в теории может и превысить КИЭВ горизонтально-осевых ветроэнергетических установок (ВЭУ). Кроме того, роторы с подвижными лопастями в отличие от роторов с фиксированным углом атаки лопастей по оценкам имеют значительно меньшую быстроходность и возможность самостоятельного старта на небольших скоростях ветра. В то же время, в условиях крайнего Севера вертикальные ВЭУ являются более приоритетными в силу возможности расположения генераторного оборудования на поверхности земли, а не в гондолах на башне. Циклоидальные движители являются вторым решением использования ортогональных роторов с динамическим изменением углов атаки лопастей. Исследования показали уникальные возможности подобных движителей в области маневрирования, практически мгновенного изменения силы и направления тяги – это позволяет использовать данный вид движителей для создания высокоманевренных летательных аппаратов и систем стабилизации полета аппаратов дирижабельного типа, которые в свою очередь являются приоритетным видом грузового транспорта в условиях крайнего Севера. Согласно последним тенденциям, развитие дирижаблей может привести к решению большого класса задач, в том числе в интересах развития Арктической зоны: - контейнерная транспортировка грузов, сжиженного природного газа и гелия; - транспортировка тяжелых и крупногабаритных грузов; - доставка социально значимых грузов в труднодоступные районы Сибири и Крайнего Севера; - доставка вахтовых бригад нефтяников и газовиков; - передача информационных потоков посредством стратосферных дирижаблей; Для того, чтобы дирижабли стали конкурентоспособными и заняли свою нишу, они должны измениться. Необходимо избавится от хвостового оперенья - это обеспечит дирижаблю низкое лобовое сопротивление. Вторым важным компонентом нового дирижабля должна являться шестивекторная пропульсивная силовая установка на которую возлагаются две задачи: толкать дирижабль вперед и стабилизировать его ось строго против ветра. Подобная пропульсивная установка должна включать в себя циклоидальные движители, обеспечивающие мобильность и устойчивость боковым ветровым воздействиям. Работа лопастных систем в суровых эксплуатационных условиях Арктики неотъемлемо связана с проблемами обледенения и изменением, в связи с этим, параметров эффективности роторов. Применение современных методов борьбы с обледенением , включая супергидрофобные материалы материалов, препятствующих и борющихся с обледенением лопастей, является важной задачей, требующей самого пристального внимания как со стороны разработки методов борьбы с обледенением и изготовления новых гидрофобных материалов, так и со стороны изучения влияния их на аэродинамические и энергетические характеристики ротаторных систем. Задача проекта связана с поиском оптимальных решений для борьбы с обледенением - одной из основных проблем, сдерживающих эффективное использование ветрогенераторов для автономного энергоснабжения отдаленных населённых пунктов крайнего севера. Сейчас эта тематика перспективна и очень актуальна для обеспечения динамического развития энергетики в Арктических и отдаленных регионах Сибири. Обледенением порождает ряд 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. 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. Для успешной реализации работы планируется решение следующих задач: - Расчетно-экспериментальное исследование аэро- и гидродинамических, а также энергетических характеристик ортогональных роторных систем с поворотными лопастями, как перспективных рабочих колёс ветроэнергетических установок и свободопоточных гидроэлектростанций. Использование расчетно-экспериментальных методов для определения параметров обтекания единичных крыловых профилей разной геометрии; при различных углах атаки; в разных режимах работы ротора. Определение оптимальной формы крыла для ротора. Исследование влияния количества лопастей и их кинематики на энергетические характеристики ротора. Трубные испытания ротора. Исследование взаимодействия групп роторов. На основе перечисленного - оптимизация циклоидального ротора и его адаптация для создания ветро- и гидроэнергетических установок. - Исследование аэродинамики циклоидального ротора в качестве движителя летательного аппарата. Изучение обтекания крылового профиля в стационарном положении и с динамически изменяющимся углом. Изучение условий формирования отрывного течения и его влияние на аэродинамическое качество крыла в составе ротора. Определение оптимальной формы лопасти ротора, количества лопастей и их кинематики на тягово-энергетические характеристики ротора. Изучение влияния набегающего потока на изменение тягово-энергетических характеристик ротора. Изучение взаимодействия потока с поверхностями (имитация причаливания, приземления, взаимодействия ротора с фюзеляжем). На основе перечисленного - оптимизация циклоидального пропеллера (роторного движителя) и адаптация его для создания летательных аппаратов. - Борьба с обледенением. Предполагается определить наиболее эффективную стратегию по борьбе с обледенением лопастей ветрогенераторов и движителей ЛА в климатических условиях, характерных для арктического побережья РФ, включая изучение эффективности новой технологии по использованию иерархических супергидрофобных (ИСГ) покрытий, приближенной к форме нано- структурных покрытий природных объектов. - модернизация и использование экспериментальной сезонной климатической аэродинамической трубы, созданной на базе ветроэнергетического стенда с холодильной установкой для исследования процессов обледенения аэродинамических элементов ветровых турбин, климатической камеры ИТ СО РАН и климатической аэродинамической трубы на основе труб Ранка; - экспериментальные исследования образования наледи при различных климатических условиях на профилях, соответствующих оригинальным участкам лопастей описанных выше; - выбор структуры супергидрофобных покрытий, включая разные ИСГ, для климатических условий эксплуатации ветроэнергетических установок в Арктике; - проведение экспериментальных исследований по влиянию супергидрофобных покрытий на образование наледи; - разработка рекомендаций и определение оптимальной стратегии борьбы с обледенением ветрогенераторов с помощью исследованных методов защиты или их комбинирования. - Исследование таяния льда при воздействии солнечного облучения и конвективной теплоотдачи на поверхности металлических подложек разной толщины.

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

4.5 Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики

№ 124032000018-3

Разработка и испытание экспериментальной установки гидроэлектростанции на базе обращенного насосного агрегата

Предлагается создание экспериментальной установки для исследования опытного образца гидротурбины на базе обращенного насосного агрегата, работающей за счет редуцирования давления сетевой воды централизованных систем теплоснабжения. Разрабатываемые гидроэлектростанции с использованием обращенных центробежных насосов предназначены для компенсации затрат электроэнергии на собственные нужды насосных станций за счет утилизации бросового потенциала обратной сетевой воды.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ЛИДЕР»

№ 124042400008-9

Изучение перспектив использования энергии малых водотоков Краснодарского края

Оценка перспектив развития малой гидроэнергетики в Краснодарском крае и подготовка схемы местоположения перспективных малых гидроэлектростанций на реках Черноморского побережья и в бассейне реки Кубань предусматривает проведение исследований по изучению гидрографической сети Краснодарского края, в том числе параметров речных бассейнов, влияющих на энергетический потенциал рек. Полученные материалы могут быть использованы для разработки методики расчета размера вреда от паводков и аварий на гидротехнических сооружениях на реках Черноморского побережья Краснодарского края.

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

№ 124061700014-8

Создание системы оценки технического состояния гидрооборудования ГЭС/ТЭЦ/АЭС

Значительное количество оборудования в Российской Федерации находится в длительной эксплуатации, в ряде случаев за пределами нормативного срока службы. Это справедливо, как для гидроэлектростанций, так и для объектов тепловой энергетики, в связи с этим необходима организация оценки его состояния для последующих технических воздействий. В настоящее время Министерством энергетики Российской Федерации выпущен приказ от 26.07.2017 № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей», регламентирующий численную (индексную) оценку оборудования и его узлов. Ввиду развития возможностей информационных систем и методик оценки технического стояния Министерством энергетики России 17.03.2020 выпущен приказ № 192. На основании действующих нормативных документов возникает необходимость автоматизации процесса сбора и обработки данных о состоянии парка энергетического оборудования ГЭС/ТЭЦ/АЭС, а также автоматического расчета индексов технического состояния основного и вспомогательного оборудования в соответствии с действующими приказами. Данная задача актуальна и перспективна при разработке специализированных информационных систем, кроме того имеет достаточно обширный перечень объектов для интеграции и внедрения. Результатом работы будет свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124121100044-2

Разработка методики контроля раскрытия трещины в теле плотины СШ ГЭС

Плотины являются гидротехническими сооружениям с повышенной опасностью и требуют постоянное наблюдение за их техническим состоянием для предупреждения аварий при различного рода чрезвычайных ситуациях. Обычно данные объекты построены уже значительное время назад и протекающие в них процессы старения приводят к разрушению материалов и образованию трещин, к тому же помимо этого, на них воздействуют различного рода геодинамические процессы, ускоряющие данный эффект. Поэтому современные методы мониторинга просто необходимы для отслеживания изменений, происходящих в конструкции плотин, ведь при критическом повреждении и последующем выходе из строя они приведут к затоплению огромных территорий, разрушению инфраструктуры и большому числу жертв среди человеческого населения и животных, также приведя к большим экономическим потерям для страны. Данный проект направлен на изучение состояния Саяно-Шушенской ГЭС, путем мониторинга изменения частот ее собственных колебаний при раскрытии трещины в теле плотины. Способом такого мониторинга является «Прецизионный метод дистанционного контроля частот собственных колебаний зданий, сооружений и работающего оборудования» разработанный в ФИЦ ЕГС РАН. Как известно, частота собственных колебаний является одним из наиболее информативных динамических параметров, оценивающих состояние исследуемого объекта, а текущие частоты зависят как от структуры самого здания, так и от свойств физических материалов, из которых оно построено, таким образом любые серьезные отклонения от среднестатистических значений будут давать представление о каких-либо изменениях, происходящих в изучаемом объекте. По состоянию на 2018 год, в России эксплуатируются 102 гидроэлектростанции, если взять 10 крупнейших из них, то их строительство было начато в среднем более 60 лет назад, естественно за такой срок с плотиной могут происходить различного рода изменения как критические, так и нет. Возможность следить за такими изменениями за весь период эксплуатации, а тем более в режиме реального времени зачастую отсутствует.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ЕДИНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЛУЖБА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

4.6 Технологии для освоения геотермальных ресурсов, в том числе глубоко залегающих горячих горных пород

№ 124032200003-7

Исследование структуры и динамики геотермальных систем, выделение источников тепла и металлоносных флюидов, физико-химическое моделирование минералообразования в зонах разгрузки парогидротерм

Основной целью исследований является разработка теории происхождения и эволюции сквозькоровых гидротермальных систем, контролирующих потоки тепла и металлоносных флюидов в структуре вулканических островных дуг. Комплексные геолого-геофизические и минералого-геохимические исследования газо-гидротермальных систем позволяют реконструировать условия зарождения широкого спектра месторождений (геотермальных паро- и вододоминирующих, золото-полиметаллических, редкометальных, цеолитовых) и таким образом ответить на ключевые вопросы их генезиса. Исследования направлены на изучение геологических структур, контролирующих метаморфические и гидротермально-метасоматические процессы; определение типа и местоположения источников тепла и рудного вещества; физико-химическое моделирование механизмов транспорта химических соединений на начальных этапах формирования месторождений. Практическая значимость обусловлена комплексным характером исследований и заключается в выработке критериев экспертной оценки проектов, направленных на развитие геотермальной энергетики, оценке рекреационного потенциала уникальных природных объектов, оценке запасов стратегического сырья, оценке экологической составляющей при эксплуатации геотермальных месторождений и естественного функционирования геотермальных систем.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВУЛКАНОЛОГИИ И СЕЙСМОЛОГИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124112600027-8

Научно-обоснованные технико-технологические решения для комплексного использования геотермальных ресурсов (Геотермика-2030)

Использование геотермальных ресурсов в энергетике и др. отраслях в России по сравнению с многими странами находится на крайне низком уровне. В РФ имеется достаточное количество регионов с разведанными геотермальными месторождениями (Камчатская обл., Краснодарский край, Дагестан, Чеченская Республика и др.). При этом в официальных данных о геотермальных месторождениях отсутствует информация об обводненных нефтяных скважинах, ресурсы которых могут существенно увеличить цифры о разведанных геотермальных ресурсах. Данные факторы формируют новый вызов для решения ряда технологических, кадровых и др. вопросов, связанных с вовлечением в хозяйственный оборот как ресурсов геотермальных месторождений, так и обводненного фонда нефтяных скважин. Одной из проблем, с которой связано «торможение» развития геотермии — это отсутствие развитых, в том числе многоуровневых технико-технологических решений, позволяющих повысить технико-экономические показатели использования геотермальных ресурсов за счет комплексного подхода. В части технико-технологических решений в области геотермии, способствующих созданию новых высокотехнологичных продуктов и технологий, в России активно работают различные команды исследователей в ИВТ РАН, МЭИ, Институте проблем геотермии ДНЦ РАН, Институте теплофизики имени С.С. Кутателадзе СО РАН и др. С 2010 года активно подключился к геотермальной повестке Грозненский государственный нефтяной технический университет, на базе которого еще с 1970-ых годов выполнялись исследования в области эффективного использования потенциала теплоэнергетических вод. С учетом имеющихся научно-технических заделов у ГГНТУ и его партнеров, а также поставленными задачами компаниями-партнерами реализация долгосрочного комплексного научно-технического проекта в области геотермии позволит создать коммерциализуемые научно-технические результаты различного уровня готовности (от TRL3 до TRL7). Полученные в ходе реализации проекта результаты будут носить комплексный характер – генерация экологически чистой тепло- и электроэнергии, извлечение полезных компонентов из термальной воды (литий, кремнезем и др.), борьба с твердыми отложениями в нефтяных и геотермальных трубопроводах, реинжиниринг обводненных нефтяных скважин в геотермальные, бальнеология.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВА»

№ 124041000021-5

Физико-химические и экологические исследования, оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов и разработка энергоэффективных технологий освоения геотермальной и других видов возобновляемой энергии

Синтез селективных, эффективных и стабильных гибридных наносорбентов на основе гидроксидов алюминия и железа для извлечения лития из литийсодержащих геотермальных вод после снятия теплового потенциала. Выбор перспективного гранулированного сорбента для извлечения лития из литиеносных подземных рассолов республики Дагестан и Иркутской области. Разработка способов модифицирования глинистых минералов различных месторождений, находящихся на территории Республики Дагестан, и создание на их основе эффективных сорбентов для извлечения рубидия, цезия, стронция. Повышение эффективности использования низкопотенциальных геотермальных вод путем утилизации попутного метана с защитой оборудования от солеотложения. Разработка технологического процесса извлечения соединений стратегически важных элементов с целью обеспечения импортозамещения, повышения экономических показателей и экологической безопасности при освоении геотермальных минерализованных вод. Исследование физико-химических свойств солевых эвтектических смесей, сформированных из фторидов, хлоридов, бромидов, вольфраматов, сульфатов лития и натрия, выявление композиций с практически значимыми свойствами. Создание эффективного импортозамещающего гелиоэнергетического оборудования для теплоснабжения: разработка плоского солнечного металлопластикового коллектора с селективным покрытием абсорбера. Разработка, изготовление и испытание различных гелиотермальных установок с применением тепловых

аккумуляторов, а также расчетно-теоретические исследования процессов преобразования энергии и определения параметров технологического цикла в этих установках. Разработка технологий использования гидрогеотермальных ресурсов для интенсификации добычи нефти. Исследования по определению оптимального давления в паросиловом контуре бинарной ГеоЭС со сверхкритическим циклом. Разработка энергоэффективных технологий комплексного освоения геотермальных ресурсов различного потенциала. Соблюдение требований экологического и природоохранного законодательства при использовании геотермальных вод Исследование процессов тепло- и массопереноса в средах в комплексных структурах в широком диапазоне температур и давлений, от присущих земной коре, до экстремальных состояний, присущих мантии и ядру планеты. Описание уравнений состояния, решение задач расчета температурных полей применительно к скважинам, а также планирование и описание экспериментов по ударному сжатию комплексных мишеней с достижением экстремальных состояний. Системное исследование закономерностей температурной зависимости ионной проводимости минералов и горных пород в зависимости от кристаллохимических особенностей и от физико-химических процессов, протекающих в них при термическом воздействии и характерных для зон протекания геотермальных процессов. Разработка аналитического метода и изучение на его основе температурных и барических зависимостей теплофизических свойств различных веществ, как в макро-, так и в нано-структурном состояниях при давлениях и температурах, соответствующих ядру Земли. Исследование генезиса и прогноз геоэнергетических ресурсов осадочной толщи на основе комплекса геофизических и изотопно-геохимических методов. Исследования потенциала ВИЭ и создание атласа ресурсов ВИЭ Дагестана. Анализ мер поддержки, тенденций и перспектив развития ВИЭ в мире и России. Расчет влияния различных факторов на перспективу развития ВИЭ в России на основе эконометрического моделирования. Разработка программы развития ВИЭ в Дагестане. Гигиеническое обоснование использования низкопотенциальных природных термальных вод Северного Дагестана для питьевого водоснабжения населения, оценка их влияния на здоровье населения. Создание селективного к ионам мышьяка полимерного сорбента с высокой сорбционной емкостью. Разработка технологии очистки термальных вод от соединений мышьяка с учетом региональных особенностей с целью приведения качества подземных вод к нормативам питьевой воды. Обработка фондовых материалов геологических и геофизических исследований Эльбрусского вулканического района (Кабардино-Балкарская республика). Анализ результатов изучения структуры Эльбрусского вулканического центра. Изучение теплофизических и петрофизических параметров пород в качестве источника петротермальной энергии. Анализ экспериментальных результатов, полученных при бурении Тырныаузской глубокой скважины. Обзор исследований по оценке и освоению геотермальных ресурсов вулканических районов Земли, использованию накопленного тепла сухих горных пород. Обоснование проектов ПетроТС и ПетроТЭС в условиях Эльбрусского вулканического района. Обоснование технической возможности и экономической эффективности комплексного использования теплоэнергетических вод разведанных месторождений (горячее водоснабжение, теплично-парниковый комплекс, рыборазведение, бальнеология и пр.), приуроченных к плиоцен-среднемиоценновым термоводосным комплексам Терско-Кумского артезианского бассейна (Кизляр, Болгарский Хутор, Юрковка, Большая Арешевкеа, Кордоновка, Речнинское, Крайновка Кочубей) находящихся на нераспределенном фонде недр.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124092300027-6

Геотермальные технологии для энергоснабжения автономных объектов

Применение модульных бинарных ГеоЭС позволяет быстро и надежно обеспечивать электроэнергией поселки и небольшие города, находящиеся вдали от центральных районов, особенно в северных районах страны. Технология бинарного цикла основана на использовании среднетемпературного тепла сбросного сепарата (горячей воды). Ранее горячую воду, выходящую вместе с паром из геотермальной скважины, не использовали в процессе выработки электроэнергии. В замкнутом цикле горячую воду направляют в специально разработанный испаритель, где осуществляется процесс нагрева и испарения низкокипящего рабочего тела – хладона (фреона). Данный тип станций находит свое развитие последние 15 лет. В ходе разработки энергоблоков, которые способны производить электрическую энергию при использовании низкотемпературных источников, были решены такие вопросы, как выбор оптимального низкокипящего вещества, который обладает всеми необходимыми теплофизическими и термодинамическими характеристиками, которые позволяют достигать высоких значений эффективности такого цикла за счет высокого значения теплоперепада в турбине(детандере), относительно высокого давления конденсации при низких температурах, хорошей текучести, низкой вязкости. Сегодня в России открываются большие перспективы использования модульных бинарных ГеоЭС за счет использования тепловой энергии геотермальной воды и отвода тепловой энергии из цикла при низкой температуре, которое может быть обеспечено применением конденсаторов с воздушным охлаждением. Если в 20-м веке научно-технические изыскания в области низкокипящих веществ были направлены на повышение эффективности циклов холодильных установок, затем на поиск озонобезопасных, после – на поиск и разработку фреонов с около-нулевым эффектом глобального потепления, то последние 15 лет разработки направлены на определение эффективных фреонов, работающих в органических циклах Ренкина. Исследования и разработки ведутся по поиску оптимального вещества для работы в ОЦР в диапазоне температур от 50 до 100 °С, в диапазоне от 110 до 170 °С и в диапазоне от 180 до 300 °С. У каждого температурного диапазона подвода тепловой энергии в цикле имеется свой перечень фреонов: природного происхождения и синтетического. Модульная бинарная ГеоЭС, разработанная в ТПУ, имеет следующие конкурентные преимущества: 1. Планируемые локации ГеоЭС располагаются в климатических зонах с низкими среднегодовыми температурами. Снижение температуры отвода тепловой энергии в цикле на 5°С позволяет увеличить эффективность выработки электрической энергии на 1÷3%. 2. Применение конденсаторов воздушного охлаждения для достижения низкой температуры отвода тепловой энергии из цикла, позволяет получить большой тепловой перепад в турбине/детандере. Что в свою очередь позволяет получить высокую мощность на валу при небольшом массовом расходе фреона. 3. Установка рекуператора тепловой энергии за турбиной/детандером. Данный теплообменник позволяет передать тепловую энергию от перегретого газа фреона к сконденсированному фреону после насоса. Данное решение способствует увеличению отдачи электрической энергии от энергоблока на 0,5÷2,5%. 4. Разработана методика многокритериального выбора фреона, которая учитывает последние достижения науки в этом направлении, а также выполняет все условиям по экологическим характеристикам и показателям безопасности при эксплуатации. Оптимальный выбор фреона способствует снижению затрат на привод

насоса, дутьевых вентиляторов на конденсатор, а также повышению генерации энергии на валу турбины/детандера, что в суммарном эффекте в последствии приведет и к увеличению мощности нетто на 2,5÷10%. Таким образом, модульная бинарная ГеоЭС, разработанная в ТПУ, обладает преимуществами перед зарубежными аналогами, основное это: Огромный потенциал геотермальных источников с температурой <100°С. Использование данных ресурсов целесообразно для децентрализованных потребителей использующих ДЭС для производства ЭЭ. При невысокой температуре подвода тепла к бинарному циклу (~80°С) температура отвода тепловой энергии так же низкая за счет месторасположения в суровых регионах и использования конденсаторов с воздушным охлаждением. Таким образом, цикл работает при низких значениях температуры подвода, при этом ΔТЦ остается в таком же диапазоне, как у зарубежных аналогов, работающих при более высоких температурах. Например, в Европе среднегодовая температура выше примерно на 25-35°С, чем у Ханты-Мансийского или Ямало-ненецкого АО, поэтому для их установок температура подвода тепловой энергии должна быть выше на это значение, чем у модульной бинарной установке ГеоЭС ТПУ. Использование современного синтетического фреона, предназначенного для работы в ОЦР при средних и низких температурах. В зарубежных аналогах используются уже устаревшие фреоны с более низкой эффективностью. Специально разработанное, спроектированное оборудование – детандер, конденсатор воздушного охлаждения для эффективной работы при температурном диапазоне от -40 до +80°С. Для работы установки применяется озонобезопасный перспективный фреон R245fa.

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

4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

№ 124092400032-9

Комплексное развитие энергетических систем и технологий распределенной энергетики

Проект направлен на развитие компетенций в разработке цифровых двойников энергетических систем и проектировании сложных энергетических установок, включая разработку конструкторской документации. Проектирование или реверс-инжиниринг оборудования с последующим созданием элементов в натурном виде. Проект направлен на решение основного направления государственной политики по созданию системы трансфера технологий, опытно-конструкторских производств, студенческих конструкторских бюро для обеспечения быстрого перехода к стадии практического применения результатов научных исследований. Развитие полигона «Чистая энергия» позволит отрабатывать инженерные технические решения в области геотермальной энергетики, ветроэнергетики, солнечной энергетики, использования низкосортных местных видов топлив, отделения метана от газоносных скважин с внедрением мониторинга состояния энергетических систем с применением БПЛА и ИИ. Предполагается реализация экспериментальных стендов полного технологического цикла. Актуальнейшими направлениями Полигона станут: создание мониторинга состояния энергетического оборудования с применением БПЛА и переносом результатов мониторинга в цифровую модель энергосистемы с последующим привлечением ИИ для обработки результатов и предоставлением выводов и предложений по эффективным мероприятиям. Разработка и исследования технологий рисайклинга, которые затем будут масштабированы в интересах индустриальных партнеров на Фабрике энерготехнологий будущего.

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

№ 124020100121-6

Создание научных основ разработки гибких комбинированных установок с интегрированными возобновляемыми источниками энергии и использованием местных ресурсов холода

Данная тема предполагает разработку физико-математических моделей и исследование характеристик гибридных и комбинированных мультигенерационных установок со встроенными возобновляемыми источниками энергии, в том числе, с использованием климатических ресурсов холода на базе газотурбинных двигателей повышенной удельной мощности на номинальном и переменном режимах для определения наиболее эффективных схем и рабочих тел, а также наиболее эффективные способы регулирования мощности и управления потоками энергии для различных конфигураций этих установок. Выполнить оценку ресурсного потенциала возобновляемых источников энергии на территории юга России в условиях меняющегося климата. Дать климатическую характеристику комбинированных ветровых и солнечных электростанций, и оценить их эффективность с учетом сезонной и суточной изменчивости. Выявить наиболее благоприятные районы для размещения ветроэнергетических и солнечных установок на территории юга России с учетом современных и будущих климатических условий для эффективного планирования развития возобновляемой энергетики в регионе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

№ 124022800192-3

Разработка и исследование научно-технических решений по созданию электрооборудования, обеспечивающего функционирование электрических сетей по принципу интернета энергии

Проект направлен на разработку технологий, повышающих эффективность использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), интегрируемых в распределительную электрическую сеть (РЭС), и обеспечивающих энергетическую безопасность экономики и населения страны. В России к 2030 г. ожидается рост потребления первичных энергоресурсов, увеличение спроса на ЭЭ. Высокий износ электроустановок передачи и распределения ЭЭ, недостаточная автоматизация являются причинами, снижающими надежность электроснабжения потребителей. В средне- и долгосрочной перспективе экстенсивная электрификация на основе ВИЭ считается одним из наиболее перспективных путей решения проблем, но при условии, если энергетическая инфраструктура может использовать ВИЭ без негативного воздействия на работу электросетей. Для реализации цели электрификации на основе ВИЭ была предложена новая

концепция «Энергетический интернет», использующая последние достижения в области инфокоммуникационных сетевых технологий. В отличие от Smart Grid, которые фокусируются на информатизации и интеллектуализации существующей энергосистемы, Энергетический интернет – построение энергосистемы нового типа, основанной на двунаправленной интеграции информационных и энергетических потоков. Построение энергосистем в стиле Интернет позволит расширить взаимодействие производителей и потребителей электроэнергии за счет обеспечения свободных перетоков мощности в РЭС среднего напряжения, повысить эффективность ВИЭ. Новые участники сети смогут беспрепятственно интегрироваться в общую инфраструктуру и обмениваться ЭЭ так же легко, как и при передаче информации по сети интернет. При реализации горизонтального энергетического и информационного взаимодействия активных элементов (распределенной генерации и нагрузки) сохранятся преимущества как централизованных (надежность, бесперебойность, устойчивость), так и децентрализованных систем электроснабжения (накопление излишков электрической энергии, ее выдача в сеть). Построение энергосистемы в стиле Интернет возможно с использованием устройства активно-адаптивного управления потоками мощности – энергетического аналога маршрутизатора сети Интернет. Разработки таких устройств (энергороутеров) ведутся по всему миру. Представлены различные концепции энергороутеров, однако их промышленной реализации нет. Проект посвящен доработке и исследованию схемотехнических решений устройства активно-адаптивного управления потоком мощности – тиристорного регулятора напряжения (ТРН), созданного в НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Принцип действия ТРН основан на внесении добавки напряжения (положительной или отрицательной ЭДС) в линию электропередачи при поперечном (изменение фазы) и продольном (изменение амплитуды) регулировании напряжения. Поперечное регулирование позволяет изменять потоки активной и реактивной мощности, продольное – уровень напряжения (снижение отклонений и колебаний напряжения при работе ВИЭ), Задачами проекта являются анализ и исследование режимов работы ТРН, обеспечивающих повышение эффективности ВИЭ, позволяющих снижать негативное воздействие стохастического характера ВИЭ на работу сети, исследование влияния режимов работы ТРН на качество ЭЭ (высшие гармоники напряжения). В настоящее время не существует масштабируемой рабочей модели энергетического интернета, публикации имеют концептуальный или обзорный характер без конкретных технических решений, что делает исследования в этой области значимыми, новыми и своевременными. Научная новизна проекта заключается: – в разработке оптимальных алгоритмов управления ТРН потоками мощности в электрической сети с ВИЭ; – оптимизации схемотехнических решений и системы управления ТРН; – разработке архитектуры взаимодействия ТРН и ВИЭ в электрической сети; – архитектуры ТРН, выполняющего функции энергороутера в электрической сети с ВИЭ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 124042400066-9

Разработка научных основ энергетической концепции формирования городской среды обитания человека при ее реконструкции

Разработка методического инструментария сопровождения планирования территорий комплексного развития при реконструкции с учетом нормативов удельного расхода энергетических ресурсов для общественных зданий и жилых зданий и оптимизации выбора использования возобновляемых источников энергии. Данный инструментарий в дальнейшем позволит определять прогнозный расход энергоресурсов предполагаемой территории комплексного развития путем определения удельного расхода энергоресурсов, прогнозных объемов строительства жилой и общественной застройки. Анализ российского и зарубежного опыта в области реконструкции городской застройки, экологического строительства, реновации промышленных зон, комплексного развития территории. Определение факторов, влияющих на возможность использования ВИЭ и на формирование энергетической концепции при реконструкции городской застройки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК»

№ 124122600053-6

Катализаторы, носители и сорбенты для экологически ориентированных процессов, основанных на принципах «зелёной химии», для преобразования и запасания энергии

Прослеживаемая в последние десятилетия тенденция к постепенному сокращению легкодоступных запасов углеводородсодержащего сырья высокого качества, а также высокое антропогенное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, возникающие как на этапе добычи этого сырья, так и в процессе переработки, подчеркивают важность дальнейшего поиска и использования экологически чистых и возобновляемых источников энергии и химических веществ. В частности, отметим, что тепловая энергия, занимает значительную часть в структуре потребления первичной энергии. Так, в России производство тепловой энергии в 2016 г. составило около 5,3*10^18 Дж, причем 97% этой энергии было получено из ископаемых источников (Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015 - 2016 годы. Информационно-аналитический доклад. Министерство энергетики РФ, Москва 2018). Все это означает, что подходы, основанные на использовании альтернативной и возобновляемой энергетики, уже сейчас являются востребованными и их значимость будет расти. В связи с этим, разработка технологий, позволяющих эффективно использовать тепловую энергию возобновляемых (солнечное тепло), и вторичных (тепловые отходы транспорта и бытового сектора) источников энергии, является одним из ключевых направлений фундаментальных научных исследований. Характерной чертой данного вида энергии, является ее низкий температурный потенциал (<120°C), а также несогласованность периодов ее производства и потребления. Адсорбционные технологии позволяют эффективно использовать низкотемпературное тепло и, благодаря низкому потреблению электроэнергии и применению экологичных рабочих жидкостей, характеризуются низким уровнем воздействия на окружающую среду. Такие технологии способны сгладить временную несогласованность производства и потребления тепловой энергии и могут быть использованы для получения холода, теплоты с требуемым температурным потенциалом, а также пресной воды в регионах засушливым климатом, удаленных от природных источников воды. Согласование свойств адсорбента с рабочими условиями циклов, оптимизация циклов на основе термодинамического и динамического анализа являются

необходимой предпосылкой для повышения эффективности и мощности систем адсорбционного преобразования тепла и получения пресной воды и повышения их конкурентоспособности по сравнению с существующими устройствами. Помимо использования низкопотенциальной тепловой энергии перспективным направлением развития энергетики и химии будущего является использование энергии солнечного света за счет преобразования в энергию химических связей энергоемких соединений или ценных продуктов. В последнем случае все возрастающее значение также начинает приобретать электрокатализ. При этом ключевую роль играют каталитические материалы, которые должны обеспечивать достижение высоких показателей преобразования и/или запасания энергии в процессах фото- и электрокаталитического окислительного превращения органических веществ в жидкой фазе для получения ценных субстратов, так и для очистки воды для уменьшения антропогенного загрязнения окружающей среды. Кроме высокой эффективности одним из неизбежных требований для перспективных технологий получения альтернативных топлив или ценных продуктов является снижение возможного углеродного следа. Это приводит к необходимости улавливания CO_2, его концентрирования и включения в цикл запасания и расходования энергии. Ввиду высокой стабильности молекулы CO_2 его использование в качестве реагента при проведении традиционных химических процессов термодинамически невыгодно, что приводит к необходимости введения в систему дополнительной энергии (например, термической энергии, электрической энергии, энергии света) для создания условий, при которых будет возможно образование ценных химических продуктов, в качестве которых можно рассматривать кислород-содержащие органические соединения в жидкой фазе. Фотокаталитическое восстановление CO_2 с использованием энергии солнечного света является перспективным процессом получения ценных продуктов, но зачастую их выход оказывается на очень низком уровне. Существенного увеличения выхода кислородсодержащих продуктов с большим количеством углерода в углеродной цепи можно достичь путем приложения внешнего электрического потенциала, т.е. реализации процесса по маршруту фотоэлектрокаталитического восстановления. Отдельная проблема при этом заключается в необходимости концентрирования CO_2 для повышения выхода целевых продуктов и более эффективного проведения процессов фиксации и превращения CO_2. Углекислый газ может быть сконцентрирован из различных газовых смесей при помощи специализированных материалов - регенерируемых поглотителей CO_2. Решение этих двух актуальных проблем можно рассматривать связанно, поскольку повышение эффективности использования энергии на каждом этапе процесса (адсорбционном и фотоэлектрокаталитическом) основывается, в первую очередь, на разработке новых материалов – сорбентов CO_2 и фотоэлектрокатализаторов. Перспективными подходами к созданию экологически безопасных способов получения, запасания и транспортировки источников энергии являются разработка технологий получения биогенных энергоносителей, таких как биоводород и бигенная муравьиная кислота, а также их вовлечение в процессы переработки и получения традиционных видов энергоресурсов и сырья для получения ценных соединений. В этом направлении, на наш взгляд, весьма актуальными будут следующие исследования: 1) получение энергетического сырья с использованием микроорганизмов; 2) получение ценных субстратов, в том числе муравьиной кислоты, из биомассы микробиального происхождения; 3) получение энергоносителей, в том числе водорода, из муравьиной кислоты; 4) переработка тяжелых нефтяных фракций с использованием биогенной муравьиной кислоты. В заключении необходимо сказать, что разработка эффективных катализаторов и адсорбентов невозможны без целенаправленного поиска методов синтеза новых уникальных материалов с регулируемыми свойствами поверхности и текстурой. Например, создание материалов со структурированной иерархией пор и каналов может оказать существенное влияние на диффузионных контроль протекания химических процессов на гетерогенных катализаторах с неподвижным слоем, а именно регулярная и связанная структура пор и каналов позволит беспрепятственно проникать реагентам к активному компоненту катализатора. Поэтому, разрабатывая новые подходы к приготовлению катализаторов, позволяющих минимизировать вклад случайных погрешностей и участия человека, часто, в рутинных и опасных для здоровья процедурах химического синтеза, целенаправленное создание материалов с прогнозируемыми и воспроизводимыми свойствами является важной задачей.

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

№ 124040500020-6

Совершенствование умных сетей электроснабжения, содержащих альтернативные и возобновляемые источники электроэнергии

Бурное развитие цифровой экономики, систем хранения и генерирования энергии, переход к электротранспорту послужили причиной трансформации традиционных сетей электроснабжения в интеллектуальные электроэнергетические системы. Так как для интеллектуальной энергетики требуются совершено другие устройства для распределения и передачи электроэнергии, необходимо уделять повышенное внимание показателям качества электроэнергии. Актуальность решения обозначенной проблемы обуславливается “Энергетической стратегией России на период до 2030 года”, где приоритетными направлениями научно-технического прогресса в электроэнергетике выступают «Создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети – Smart Grid)» и «Развитие силовой электроники и устройств на их основе, прежде всего, различного рода сетевых управляемых устройств (гибкие системы передачи переменного тока – FACTS)» Таким образом, для эффективного развития интеллектуальных сетей электроснабжения в России необходимо особое внимание уделять обеспечению высоких показателей качества электроэнергии. Обеспечение таких требований к интеллектуальным сетям невозможно без системного решения следующих задач: - создание нового оборудования силовой электроники, построенного на основе полупроводников с использованием принципов интеллектуальных сетей электроснабжения; - установка в сетях активных технических средств для обеспечения высоких показателей качества электроэнергии и создание на их основе адаптивной системы управления; - применение новых информационных технологий и быстродействующих вычислительных комплексов для контроля показателей качества электроэнергии и эффективного энергопотребления; - повышение эффективности использования энергоресурсов и энергосбережение; Новизна исследований заключается в разработке новых концепций, устройств и алгоритмов работы умных сетей электроснабжения, содержащей альтернативные и возобновляемые источники электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124102900010-8

Разработка системы мониторинга и управления распределительными сетями на основе интеллектуальных систем учета

На сегодняшний день, актуальным направлением развития распределительных сетей во всем мире является их трансформация, внедрение возобновляемых, распределенных источников генерации, переход от пассивной к активно-адаптивной организационной структуре. Такие преобразования невозможны без внедрения современных цифровых информационно-измерительных технологий. Одна из таких технологий – технология синхронизированных измерений. Эта технология уже много лет применяется в высоковольтных передающих сетях, но в распределительных сетях находится на этапе теоретических и экспериментальных исследований на отдельных пилотных энергообъектах. Целью настоящей НИОКТР является разработка экспериментальных систем мониторинга и управления распределительными сетями на основе интеллектуальных систем учета, использующих технологию синхронизированных измерений. Работа включает в себя ряд важных подзадач, в том числе разработку стенда для исследования режимов работы фидера 0,4 кВ, разработку лабораторного образца однофазного интеллектуального измерительного устройства, разработку экспериментального образца передвижной лаборатории для определения параметров силовых трансформаторов 6-10/0,4 кВ в полевых условиях, разработку программного обеспечения для мониторинга показателей качества электроэнергии на базе анализа sv-потоков и анализа способов выявления характерных потребителей в сети 0,4 кВ по результатам мониторинга режимных параметров центра питания.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

№ 124053100042-2

Разработка и исследование теплового накопителя с использованием высокотемпературного рабочего тела

Ключевым вопросом устойчивого развития энергетики является хранение и использование тепловой энергии, что тесно связано с жизнеобеспечением людей. Аккумулирование тепловой энергии в системах охлаждения, кондиционирования и вентиляции, отопления и горячего водоснабжения обеспечивает снижение расхода энергетических ресурсов на соответствующие нужды, их пикового потребления, а также уменьшение мощности применяемых установок при переменных нагрузках. Системы аккумулирования холода позволяют снижать потребление электроэнергии при использовании для накопления холода возобновляемых источников энергии, к которым относятся энергия солнца, энергия окружающей среды при низких температурах, энергия ночного радиационного охлаждения. Этот процесс может иметь сезонный характер: накопление холода в зимний период и расход накопленной энергии в летние месяцы. При использовании двойных тарифов на электроэнергию аккумулировать холод можно холодильной машиной в ночное время, что приводит к снижению стоимости потребленной электроэнергии и сокращению ее пикового расхода. Наличие аккумуляторов холода в системах охлаждения с переменными нагрузками позволяет применять холодильные машины меньшей мощности, поскольку максимальные нагрузки могут сниматься накопленной энергией охлаждения. Перспективным, активно развивающимся направлением создания систем аккумулирования тепловой энергии является использование веществ с фазовым переходом (ВФП). Ряд зарубежных компаний выпускают накопители тепловой энергии с такими веществами (Cristopia Energy Systems, «Drake Landing Solar Community» и «Ice Bear»). Для разработки и создания отечественных эффективных и конкурентоспособных систем тепло- и хладоснабжения с аккумуляторами тепловой энергии требуется выполнение целого комплекса фундаментальных и прикладных научных исследований, опытно-конструкторских работ, испытаний промышленных образцов накопителей тепловой энергии. Научные исследования должны включать в себя систематизацию ВФП, выбор наиболее перспективных веществ, изучение их свойств, работы по улучшению отдельных свойств этих веществ, аналитические и экспериментальные исследования нестационарного теплообмена при фазовых переходах, разработку эффективных конструкций аккумуляторов тепловой энергии. Показано, что для накопления тепловой энергии широко используют вещества с фазовым переходом, преимущественно типа «твердое тело–жидкость», обеспечивающие объемную и массовую плотность хранения энергии теплоты и холода в 5–14 раз выше в сравнении с аккумулирующими жидкостями. Они широко изучаются из–за их высокой плотности теплоаккумулирования, почти постоянной рабочей температуры и хорошей термостабильности. Использование скрытой теплоты фазового перехода материалов (ВФП) для достижения температурной стабильности является лучшим пассивным охлаждением. Принцип заключается в том, что при повышении температуры до температуры фазового перехода ВФП переходит из твердого состояния в жидкое и сохраняет большое количество тепловой энергии в виде скрытого тепла, что позволяет эффективно смягчать резкий рост температуры во время работы системы. С развитием этой технологии для терморегулирования было изучено множество различных групп материалов, включая неорганические соединения (гидраты солей), органические соединения, такие как парафин, жирные кислоты и полимерные материалы (полиэтиленгликоль) [А.В. Бараненко, П.А. Кузнецов, В.Ю. Захарова, А.П. Цой. Анализ исследований в этой области свидетельствует о том, что накопление тепловой энергии с последующим ее использованием в системах охлаждения и нагрева повышает эффективность последних, сокращая энергопотребление. Развитие подобных систем является актуальной научно-технической задачей, поскольку потребление энергетических ресурсов мировым сообществом постоянно возрастает.

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

№ 124070800009-5

Модели и методы обслуживания трафика приложений систем критической инфраструктуры в сотовых технологиях Интернета Вещей 5G/6G

Появление новых услуг mMTC для энергетических сетей предъявляет новые требования к технологиям доступа. К элементам энергетической сети, на которые будут установлены оконечные устройства (ОУ) технологий радиодоступа можно отнести: а) удаленные переключатели, б) трансформаторные станции, в) возобновляемые источники энергии, г) зарядные станции, д) смарт-счетчики сетей высокого напряжения и е) смарт-счетчики сетей низкого напряжения. По оценкам экспертов, ожидается, что в ближайшие 10 лет количество ОУ, подпадающих под все категории, резко возрастет до более чем 3-5 миллионов для городов миллионников. Требуемая задержка для большинства указанных приложений намного меньше, чем определенная спецификациями системы 5G в ITU-R M.2410. Приложения энергетических сетей, характеризуются пачечным поступающим трафиком. Например, смарт-счетчики сетей низкого напряжения, количество которых будет составлять до 80% всех подключенных устройств энергетических сетей, обладают высокой пространственной корреляцией между измерениями, тогда как трансформаторные станции и удаленные переключатели требуют постоянного подключения к удаленному центру управления и опрашиваются через регулярные интервалы времени. Известно, что при одной и той же интенсивности сообщений пачечный трафик приводит к снижению показателей QoS. Удовлетворение показателям требует усовершенствований современных технологий NB-IoT и LTE-M на системном уровне, а также разработки новых технологий радиодоступа для сетей 6G. Современные технологии 4G/5G LTE-M и NB-IoT, используют двухэтапный подход для передачи данных: множественный доступ, за которым следует фаза передачи данных. Согласно сценариям 5G mMTC, определенным в ITU-R M.2412, обе фазы в настоящее время рассчитаны на Пуассоновский процесс поступления, и технологии LTE-M и NB-IoT удовлетворяют показателям 4G/5G QoS только в этих условиях. Известно, что один канал NB-IoT может поддержать не более 400 ОУ, работающих в режиме регулярного опроса с задержкой не более 3 с. Использование методов дифференцированного доступа, позволяет улучшить характеристики задержки для ОУ. Еще одним методом уменьшения мгновенной нагрузки трафика является использование нескольких технологий доступа в одном устройстве, например, LTE-M и NB-IoT. Показано, что существует точка балансировки нагрузки между рассматриваемыми технологиями, которая минимизирует задержку. Указанные проблемы типичны не только для ОУ, работающих в режиме регулярного опроса, но и для смарт-счетчиков установленных на устройствах сетей низкого и высокого напряжений, где пространственная и временная корреляция между событиями может приводит к пачечной структуре трафика. Такие приложения требуют совместной оптимизация методов детектирования событий, отправки пакетов и технологий доступа. Методы оптимизации на системном уровне могут повысить производительность современных технологий 4G/5G для поддержки новых типов услуг mMTC. Тем не менее, это не решает проблему в долгосрочной перспективе, поскольку как в LTE-M, так и в NB-IoT отсутствуют функции для обеспечения показателей QoS для широкого набора будущих приложений IoT. Радиотехнология 6G mMTC должна быть разработана таким образом, чтобы: а) осуществлять поддержку нескольких типов трафика с различными характеристиками и требованиями к QoS, б) динамически адаптировать этапы множественного доступа и передачи данных, в) реализовать функции мультисвязности как в пределах новой технологии, так и с NB-IoT и LTE-M для повышения надежности и поддержки методом динамической разгрузки трафика.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

№ 124050600003-7

Трансформация коммунальных систем энергоснабжения малых и средних городов

Экономическое развитие России, хозяйствующих субъектов экономики происходит в условиях различных вызовов, связанных с санкциями, импортозамещением, что требует перестройки промышленности и трансформации коммунально-энергетической инфраструктуры (КЭИ). Основное направление развития энергетики сегодня ресурсосбережение на основе увеличения доли комбинированной выработки и использования инновационных технологий производства и транспорта энергии. Благодаря повышению энергоэффективности производства и энергосбережению при передаче и потреблении энергии снизится энергоемкость экономики, что повысит конкурентоспособность производимой продукции и уровень жизни граждан. В крупнейших и крупных городах основной систем теплоснабжения служат крупные ТЭЦ, доля комбинированного производства энергии составляет 50–70%, что обуславливает высокий уровень энергоэффективности при производстве энергии. В малых и средних городах (МСГ), поселках городского типа с системами централизованного теплоснабжения доминирует раздельное производство. Основой являются газовые и угольные котельные, что не соответствует политике ресурсосбережения и соответствующим государственным целям и задачам. Органы муниципальной власти практически не способны оказать влияния на надежность и доступность электроснабжения, задачи развития электроэнергетики в основном решаются на федеральном и региональном уровне, но значительная ответственность возлагается на муниципалитеты, обязанность которых организовать работу КЭИ. Разработка Схем теплоснабжения (СТС) возложена на муниципальные власти, но вопросам ресурсосбережения в них уделяется недостаточно внимания. При разработке СТС МСГ основное ограничение - недостаток бюджетных средств для развития КЭИ. Основное внимание направлено на обеспечение надежности систем теплоснабжения, что обусловлено изношенностью тепловых сетей на 60–80%. Управление развитием систем теплоснабжения зачастую осуществляется на принципе «поддержания работоспособности», но темп роста износа значительно превышает темп замены оборудования. В силу генезиса систем теплоснабжения часто в МСГ основными источниками тепловой энергии являются промышленные котельные, которые создавались для производства пара и характеризуются низкой энергоэффективностью при использовании в качестве отопительных. Муниципальные власти оказываются в сложной ситуации, когда требуются значительные инвестиции в реконструкцию котельных, особенно если это единственный источник тепловой энергии, т. к. не обладают возможностью создать условия для повышения инвестиционной привлекательности КЭИ. Внесение изменений в нормативно-правовые акты относится к компетенции региональных властей и поэтому актуальны исследования, позволяющие согласовать технико-технологические и организационно-экономические аспекты трансформации КЭИ МСГ. В работе рассматривается возможность повышения энергоэффективности и энергосбережения путем изменения структуры системы энергоснабжения МСГ, с включением в их состав новых энергоэффективных когенерационных технологий в сочетании

с использованием низкопотенциальных источников энергии, электрокотельных, накопителей тепловой энергии и прочее. Предлагаемая трансформация сопровождается созданием гибких систем энергоснабжения в МСГ и повышением их энергонезависимости и энергобезопасности. Научная новизна заключается в разработке модели гибкой системы теплоснабжения, определении характеризующих ее показателей гибкости и методик их расчета. Создание гибких систем теплоснабжения сопровождается эффектами от повышения энергоэффективности и энергосбережения. Предлагаемые решения могут стать методической основой при разработке и актуализации схем теплоснабжения МСГ. Апробация результатов на примере муниципальных образований Новосибирской области позволит выбрать МСГ для трансформации КЭИ и повысить инвестиционную привлекательность КЭИ, определив потенциальные технические, экономические и социально значимые эффекты.

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

№ 124052400005-7

Моделирование информационного, программного и методического обеспечения полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ

1. Название проекта: Моделирование информационного, программного и методического обеспечения полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ 2. Область знания (в соответствии с классификатором ГРНТИ): 44.29 Электроэнергетика 3. Ключевые слова (не более 10): цифровая подстанция, автоматизированная система управления технологическими процессами, интеллектуальная обучающая система, электронный учебно-методический комплекс 4. Научная проблема, ее новизна и актуальность: за последние годы построено большое количество подстанцией с высоким уровнем автоматизации, в которых информационный обмен между элементами и процесс управления осуществляются согласно стандартам МЭК 61850. Внедрение таких цифровых подстанций (ЦПС) вызывает потребность в высококвалифицированных специалистах. В ФГБОУ ВО ВСГУТУ для обучения будущих специалистов применяется учебный полигон-тренажер ЦПС 35/10 кВ, на котором установлено современное электрооборудование 35, 10 кВ, цифровые устройства (Siprotec 4), внедрена автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) подстанции. Моделирование информационного, программного и методического обеспечения полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ позволит создать учебно-исследовательский полигон технических средств, работающих по стандарту МЭК 61850. 5. Предлагаемые методы и подходы к решению: для эффективного применения полигона-тренажера 35/10 кВ необходимо разработать методическое, программное и информационное обеспечение по моделированию ситуаций, приближенных к реальным условиям. Для программирования микропроцессорных устройств защит и управления Siprotec-4 будет использоваться специализированное программное обеспечение DIGSI CFC. Для программирования верхнего уровня для организации АРМ оперативного персонала будет использоваться SCADA-система Simatic WinCC. Будет разработан комплекс лабораторных работ, воспроизводящих реальные ситуации при управлении электроустановкой. 6. Ожидаемые конкретные научные результаты реализации проекта: Цель разработки - создание методического, программного и информационного обеспечения полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ. Ожидаемые результаты: методическое, программное и информационное обеспечение полигона-тренажера цифровой подстанции 35/10 кВ, включающее электронный учебно-методический комплекс, интеллектуально-тренирующую систему; компьютерный тренажер.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ»

№ 124112000067-0

Разработка и совершенствование научных основ исследования топливоиспользования, теплоснабжения, режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных видах топлива

Рассматриваются объекты производства тепловой энергии, теплоснабжения энергетических систем и комплексов региона, прорабатываются варианты повышения эффективности топливоиспользования при работе высокотемпературных печей, влияния изменения параметров исходного сырья на тепловую работу и поверхности нагрева печного агрегата; предлагаются эффективные методики расчета повышения эффективности работы котельного оборудования; рассматриваются вопросы надежности системы теплоснабжения города; разрабатываются мероприятия по эффективной работе природоохранных технологий; рассматриваются вопросы альтернативной энергетики. Цель работы: повышение эффективности топливоиспользования, теплоснабжения и режимов работы энергетических систем и комплексов. В работах используются теоретический анализ, экспериментальные и лабораторные исследования, физическое и математическое моделирование, проектирование энергоустановок на действующих теплоэнергетических комплексах промышленных предприятий. В исследованиях используется ультразвуковые расходомеры, электрохимические газоанализаторы, пирометры, цифровые термометры, тепловизор, термоанемометр и другая измерительная аппаратура. Полученные результаты работ могут быть использованы на предприятиях промышленной энергетики, нефтеперерабатывающего завода, железнодорожного транспорта и в энергосистемах малой мощности.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

№ 124041100006-1

Адаптивное и интеллектуальное управление сетевыми и распределенными системами с использованием методов искусственного интеллекта

За время выполнения проекта будут разработаны новые методы, алгоритмы и программное обеспечение для гарантированного управления сетевыми и распределенными системами в условиях параметрической неопределенности и действия внешних возмущений. Научная новизна решаемых задач состоит в обобщении недавно полученных сотрудниками

лаб. «Адаптивное и интеллектуальное управление сетевыми и распределенными системами» (АдИн) методов и алгоритмов управления одним объектом на сетевые и распределенные системы с гарантией заданного качества регулирования. Это позволит выполнять поставленную цель не только в установившемся режиме, как в существующих решениях, но и в любой момент времени. Для решения оптимизационных задач по устранению влияния внешних возмущений будут использоваться методы машинного обучения. Научная и практическая значимость решаемых задач состоит в сохранении устойчивости и безопасной работы систем управления сложными техническими системами в любой момент времени при наличии возмущений и параметрической неопределенности. В качестве практических задач в проекте будет рассмотрено построение системы управления электроэнергетическими сетями с гарантией нахождения напряжения и частоты тока в заданном диапазоне в любой момент времени, что позволит гарантировать безопасную и бесперебойную работу потребителей, подключенных к сети. В нефтегазодобывающей промышленности сохранение параметров процессов в заданных диапазонах позволит бесперебойно работать процессам и оборудованию, поскольку остановки оборудования влекут огромные ресурсные и финансовые потери.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124062800006-9

Искусственный интеллект в диагностике неисправностей и оценке состояния электросетевого оборудования

Исследование сосредотачивается на применении передовых методов искусственного интеллекта (ИИ), моделей машинного обучения для более точной диагностики и оценки состояния электросетевого оборудования, при ограниченном наборе исходных данных. Фундаментальное исследование ляжет в основу разработки современного метода неразрушающего контроля выявления, верификации и ранжирования дефектов на электросетевых объектах. Важно отметить, что количество классов дефектов для каждого типа электрооборудования огромно и динамически меняется. Проблема ограниченности исходных данных остается актуальной. Наше исследование направлено на решение этой проблемы. Будет разработан новый тип нейронных сетей, которые могут работать с небольшим набором обучающих данных, структурированных в виде графов. Ожидаемые результаты за первый год реализации проекта: 1. Физическая реализация онтологической базы знаний, которая отражает взаимосвязи между различными аспектами электрооборудования и их состоянием. 2. Алгоритм быстрого обучения для эффективного предсказания аварийного состояния электрооборудования и классификация сущностей (присвоение сущностям типов или категориальных свойств). 3. Интеграция онтологической базы знаний и алгоритма быстрого обучения в API-сервис поддержки принятия решений.

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

№ 124051400098-2

Платформа анализа технологических данных и диагностики оборудования

Основная цель проекта состоит в повышении эффективности и результативности управления проектами в организациях. Задачи проекта: - Запустить прототип цифрового сервиса обработки данных тепловых сетей в облаке НГТУ. - Разработать образовательная программа по обработке технологических данных для обучения специалистов, работающих с тепловыми сетями, индивидуальными тепловыми пунктами. - Разработать проектную документацию на лабораторную установку тепловой сети.

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

№ 124102800012-3

Разработка методического подхода к автоматизации мультиагентного моделирования с использованием цифрового двойника интегрированной энергетической системы при ее проектировании

Создание интегрированных энергетических систем (ИЭС), объединяющих системы электро-, тепло-, холодо-, газоснабжения является перспективной технологией для создания современных энергетических систем нового поколения. Сложность ИЭС обусловлена их сетевой конфигурацией, широким набором применяемого при их построении оборудования, необходимостью обеспечения различных режимов функционирования и согласования работы отдельных подсистем, в том числе обладающих активным поведением. Вследствие перечисленных особенностей ИЭС их проектирование представляет собой сложную задачу. Мультиагентное моделирование является эффективным подходом, позволяющим преодолеть сложность задач проектирования ИЭС. Организация такого моделирования требует построения мультиагентной системы, что для таких больших и сложных систем, как ИЭС, является задачей с высокой трудоемкостью. В рамках проекта выделена актуальная научная проблема автоматизации процессов построения мультиагентной системы и организации вычислений. Цифровой двойник ИЭС используется как база для автоматизации мультиагентного моделирования. Применение цифровых двойников позволяет проводить моделирование в виртуальном пространстве, рассматривая различные конфигурации построения ИЭС. Сформулирована актуальная научная задача разработки методического подхода к автоматизации вычислений при проведении мультиагентного моделирования на базе цифрового двойника ИЭС при решении задачи ее проектирования. Научная новизна результатов исследований состоит в том, что будет предложен оригинальный методический подход, в соответствии с которым выполняется автоматизированное формирование мультиагентной системы в рамках цифрового двойника в соответствии с моделью ИЭС и условиями решения задачи ее проектирования, и далее проводится мультиагентное моделирование с использованием этой мультиагентной системы на базе цифрового двойника ИЭС. Выполнение в рамках цифрового двойника ИЭС мультиагентного моделирования обеспечивает преодоления сложностей, обусловленных многоуровневой иерархической структурой ИЭС, и позволяет реализовать более гибкие и эффективные подходы к решению задач проектирования ИЭС и получить проектные рекомендации, которые могут быть

реализованы при построении или развитии реальной ИЭС. Разрабатываемый методический подход к автоматизации вычислений при проведении мультиагентного моделирования на базе цифрового двойника ИЭС включает в себя следующие составляющие: 1. Принципы проведения мультиагентного моделирования с использованием цифрового двойника ИЭС. 2. Принципы построения иерархической мультиагентной модели ИЭС. 3. Принципы реализации библиотеки агентов, используемых при построении мультиагентной системы. 4. Методика разработки онтологии агентов, используемых при построении мультиагентной системы. 5. Методика автоматизации мультиагентного моделирования в рамках цифрового двойника ИЭС. Полученные результаты проекта могут применяться в научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организациях, занимающихся разработкой и применением научно-методического и программного обеспечения для проектирования и развития энергетических систем. Практическое применение разработанного методического и программного обеспечения позволит получать рекомендации по обоснованию эффективных решений по созданию ИЭС для повышения их энергетической и экономической эффективности, надежности, экологичности и безопасности снабжения потребителей различными видами энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124062400036-0

Кибер-физическая среда на базе цифровых двойников энергетических, информационных и коммуникационных систем

НИР направлена на развитие программно-технических решений для современных электроэнергетических систем. В рамках проекта запланированы исследования, направленные на решение проблемы разработки отечественных устройств защиты, мониторинга и управления оборудованием на базе силовых преобразователей. Предлагаемое решение основывается на создании кибер-физической среды на базе цифровых двойников энергетических, информационных и коммуникационных систем, позволяющей проверять различные решения любых производителей систем управления, мониторинга и защиты любого уровня условиях эксплуатации максимально приближенным к реальным. В рамках проекта предполагается разработать макет энергороутера, как устройства сопряжения электронной генерации и нагрузки. Это необходимо, поскольку в настоящее время силовую технику производят как правило в Китае, при этом поставляют технику под ключ, соответственно алгоритмы управления защиты и мониторинга защищены коммерческой тайной и изменить топологию, настроить ее компаниями-эксплуатантами оборудования становится невозможно. Соответственно отечественные системы защиты и управления нельзя внедрить для таких преобразователей. В рамках проекта планируется создать макет энергороутера с открытой конфигурацией, на котором можно будет опробовать различные решения разных производителей и собирать конфигурацию под интересуемые объекты. По этим причинам индустриальные партнеры проекта главным образом заинтересованы в разработке кибер-физической среды на базе цифровых двойников энергетических, информационных и коммуникационных систем.

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

№ 124051600013-3

Разработка и лабораторная апробация технологии интеллектуального управления системами отопления

В рамках реализации проекта выполняется разработка инструментальных средств для создания и лабораторного подтверждения интеллектуальной технологии управления системой отопления. Сюда входит разработка математической модели и цифрового двойника объекта и управляемой системы отопления; создание универсального испытательного полигона для исследования отопительного оборудования и передовых алгоритмов управления; апробация цифрового двойника; проведение экспериментальных исследований на цифровом двойнике и полигоне; доработка способа, обучение нейросетевых алгоритмов; тестовые испытания полученной технологии на полигоне, доработка недочетов. Выполнение данных работ обеспечит создание технологии энергоэффективного интеллектуального управления системами отопления, реализуемой в виде аппаратной структуры и программного алгоритма контроллера управления.

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

№ 124040500019-0

Разработка технологии и пакета цифровых сервисов для автоматической проверки правильности проектных решений по цифровым системам защиты и автоматики электрических сетей 6-220 кВ

Научно-исследовательская работа направлена на разработку технологии автоматической проверки правильности проектных решений по цифровым систем защиты и автоматики для электрических сетей 6-220 кВ. Применение стандарта МЭК 61850 для формирования информационной модели создаваемых систем защиты и автоматики позволяет создавать системы проверки корректности проектной документации, разработанной в формате SCD. Создание правил проверки цифровых моделей систем защиты и автоматики является сложным процессом, требующим учёта большого количества особенностей построения систем защиты электроэнергетических объектов. В работе рассматривается использование методов ИИ для анализа нормативно-технической документации для автоматического выявления формальных требований к создаваемым системам защиты и автоматики. На основе выявленных формальных требований производится проверка представленных проектных решений на соответствие выявленным требованиям. Для проверки формальных требований часто требуется проводить автоматическую проверку правильности работы алгоритмов защиты и автоматики в различных режимах работы.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

№ 124081000003-7

Технологии интеллектуального управления перетоками и балансами мощности в электроэнергетических системах

Научно-исследовательская работа (НИР) по теме «Технологии интеллектуального управления перетоками и балансами мощности в электроэнергетических системах» выполняется в рамках научного проекта ПИШ-НИР-2024-007. Объектом исследования являются автоматизированные способы распределения управляющих воздействий по активной мощности между электростанциями, участвующими во вторичном регулировании частоты и перетоков активной мощности, а также управляющих воздействий по реактивной мощности между средствами регулирования напряжения в электроэнергетической системе. В рамках НИР разрабатываются и усовершенствуются алгоритмы интеллектуального управления перетоками и балансами мощности в электроэнергетических системах, выполняется оптимизация разработанного прототипа программного обеспечения для его тестирования с участием промышленного партнера. Для исследуемых задач управления формируются оптимизационные модели, при этом значения переменных, входящих в состав целевых функций оцениваются с помощью модели энергосистемы, представленной в виде системы нелинейных алгебраических уравнений или искусственной нейронной сети, способы обучения которой также предложены в рамках НИР, а поиск экстремумов осуществляется с помощью эвристических алгоритмов оптимизации. Практическое применение разрабатываемых программных средств позволит обеспечить селективность управления перетоками мощности (в данный момент такое свойство отсутствует у существующих систем управления перетоками), наиболее гибкое и эффективное управления перетоками и балансами мощности. Разрабатываемое программное обеспечение, должно интегрироваться с существующими информационно-управляющими системами, применяемыми в диспетчерских центрах электроэнергетических систем, и обеспечивать повышение эффективности использования резервов мощности, пропускной способности электрических сетей за счет новых интеллектуальных функций: - оптимального распределения внепланового задания мощности между регулирующими 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); - оптимального управления реактивной мощностью для повышения пропускной способности электрической сети по активной мощности.

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

№ 124020200121-5

Исследование интегрального воздействия геосреды для построения интеллектуальных агентов в электроэнергетике

Надёжность функционирования объектов электроэнергетики является стратегическим базисом в деле обеспечения безопасности во всех сферах жизни современного общества. В настоящее время электроэнергетическая отрасль находится на этапе перехода к энергоинформационным системам нового поколения. Получивший распространение термин Smart Grid (в русскоязычных изданиях «активно-адаптивная сеть») может трактоваться как совокупность сети электроснабжения и многочисленных устройств – интеллектуальных агентов – объединённых в единую компьютерную систему. Преимуществом мультиагентной системы является возможность в значительной мере решить проблему качественного, бесперебойного электроснабжения. Территория нашей страны отличается многообразием и интенсивностью воздействия различных факторов геосреды на процесс эксплуатации электрических сетей – имеющих также значительную протяжённость и зачастую радиальномагистральную конфигурацию без возможности резервирования. Это накладывает отпечаток на существенную особенность отечественной «умной» сети – необходимости построения и оснащения сети интеллектуальными агентами, призванными обеспечить нивелирование интегрального воздействия географической среды на процесс передачи электроэнергии. Рассматривая каждый агент как программно-аппаратный комплекс, в рамках проекта следует выделить: а) агент релейной защиты сети, деятельность которого направлена на изоляцию поврежденного участка электросети посредством избирательной, селективной реакции на неисправность, б) агент определения места повреждения, необходимый для автоматического поиска и классификации неисправностей на линии, в) агент мониторинга предаварийных ситуаций и профилактики аварий на ЛЭП. Общая парадигма построения иерархической структуры каждого агента заключается в применении множества сенсорных субагентов – датчиков воздействия геосреды – а также реализации обрабатывающих субагентов с использованием аппаратов искусственной нейронной сети, нечёткой логики и прочих средств, призванных обеспечить принятие решения (осуществления реакции) с опорой на весь спектр доступных для анализа параметров функционирования ЛЭП: начиная от текущего состояния линии, внешней среды и заканчивая статистическими выкладками из опыта эксплуатации сети. Различные факторы геосреды могут оказывать возмущающее воздействие, угрожающее как нормальной работе сети, так и нарушающее корректное поведение того или иного агента (и требующего учёта при его построении). В рамках проекта планируется провести исследование следующих эффектов и закономерностей: 1) трибоэлектрического эффекта, заключающегося в накоплении атмосферного заряда при трении частичек льда, снега и песка под воздействием бурь, вихрей, низовых ветровых потоков. Накопление заряда может быть столь интенсивным, что в прилегающем воздухе возникнет коронный разряд (снежная гроза), при этом: из-за изменения величин токов утечек на землю возможны погрешности срабатывания токовой релейной защиты, нарушения передачи информации по сетям мобильной связи от расположенных на линии сенсорных субагентов для сбора данных о состоянии линии (её нагреве, оледенении и т.д.); 2) влияния внешней среды (влажности почвы, рельефа местности, осадков и отложений), состояния изоляции линии на погрешность дистанционного мониторинга ЛЭП и определения места повреждения методом импульсной рефлектометрии. Все перечисленные направления исследований, проводимые в рамках проекта, отвечают условиям научной новизны и имеют как фундаментальный, так и прикладной характер.

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

№ 124062700078-7

Выявление недобросовестных потребителей электроэнергии, причастных к хищениям электроэнергии и майнингу, методами машинного обучения

Нетехнические потери энергии в электрических сетях являются источником ущерба электросетевых организаций, связанного с увеличением потерь и снижением платы за оказываемые услуги по передаче электроэнергии. Эти потери помимо непосредственных хищений электроэнергии обусловлены мошенничеством потребителей. Это относится к юридическим лицам и, в частности, к майнинг-фермам, собственникам которых в связи с ростом тарифов на передачу электроэнергии выгодно платить за электроэнергию, как физическим или юридическим лицам, скрывая свой реальный статус. Единственным способом снижения ущерба является поиск и выявление абонентов, причастных к хищениям электроэнергии и мошенничеству, с последующим наложением штрафов. Для этого сетевыми организациями выполняются рейды для поиска недобросовестных потребителей. Тем не менее, проверить всех потребителей в разумные сроки при ограниченных трудовых ресурсах невозможно. При проведении проверок нужно ориентироваться на результаты предварительной оценки потребителей и отдавать приоритет при проверках наиболее вероятным источникам потерь. Для решения задачи оценивания в настоящее время выполняются местные проверки потребителей в ходе рейдов. При этом не существует надёжного программного решения промышленного уровня, позволяющего выявлять недобросовестных абонентов на основе информации о точках учёта без выезда персонала, т.е. информационными методами. Применение развитой теории схемно-технических решений, основанных на анализе балансов мощности, схем электрических сетей и замеров режимных параметров, сталкиваются с отсутствием в базах данных по точкам учёта достоверной информации о схемах электрических сетей, а также недостаточным числом балансовых счётчиков, необходимых для локализации потерь. Развитие современных интеллектуальных систем учёта и связанных с ними систем передачи данных, а также развитие современных математических методов в области искусственного интеллекта позволяют по-новому подойти к решению задачи пиритизации проверок и поиска недобросовестных потребителей. В рамках развития научной темы предлагается разработать методику поиска недобросовестных потребителей и опытный образец программного модуля, реализующий эту методику на базе данных интеллектуальных средств учёта электроэнергии. Решение подразумевает проверку потребителя сразу по набору алгоритмов, реализующих различные информационные методы. Каждый из этих методов, называемых правилами, должен дать оценку вероятности причастности потребителя к хищениям/майнингу на основе: журналов событий точек учёта, характерности профиля потребления для данного типа потребителей, корреляции с погодными условиями, корреляции профиля с небалансами по балансовому счётчику и т.д. Для анализа характерности профилей потребления будут протестированы и реализованы современные решения в области машинного обучения и, в частности, автокодировщики и свёрточные нейронные сети. Для решения вспомогательных оптимизационных задач будут применяться эволюционные метаэвристические алгоритмы. Результатом оценки по каждому из правил является индекс причастности потребителя к появлению коммерческих потерь. Дальнейшее обобщение этих индексов по всем правилам позволит получить список агрегированных показателей причастности, которые станут мерой приоритетности проверки потребителя. По сравнению с аналогичными решениями данная методика ориентирована на развитие комплексного подхода к анализу данных о потребителе. По отдельности каждое из правил не гарантирует получение точного решения, что в равной степени касается и методов с применением алгоритмов искусственного интеллекта. В то же время набор индексов по множеству правил послужит прочным основанием для заключения о добросовестности потребителя. При этом предполагается, что методику можно будет использовать и для проверки потребителей с не интеллектуальными средствами учёта. Главным требованием здесь является единообразное представление информации в единой базе данных. Применение разрабатываемой методики и программного решения позволит снизить ущерб от коммерческих потерь, а сэкономленные средства использовать для нужд сетевых компаний в том числе на дальнейшее совершенствование и обновление систем учёта электроэнергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

4.9 Технологии аккумулирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими

№ 124031100056-7

Многофункциональные редокс-активные материалы для устройств накопления, преобразования и экономии энергии

В настоящее время проводящие редокс-активные металл-органические полимеры и материалы на их основе интенсивно исследуются и предлагаются для практического использования во множестве направлений. Интерес к данным объектам обусловлен целым рядом уникальный свойств, сочетающих вязкоупругие свойства полимеров с электронной и ионной проводимостью, электрохимической и каталитической активностью, электрохромизмом, термоэлектрическими свойствами. Это позволяет материалам такого типа находить потенциальное применение в энергозапасающих устройствах, сенсорах, электрохимических транзисторах, электрохромных устройствах, искусственных мышцах, солнечных батареях и светодиодах. Свойства этих материалов в значительной мере зависят от строения лигандного окружения и природы металлического центра, что позволяет управлять свойствами этих материалов в зависимости от дальнейшего применения. Одной из центральных задач исследований является разработка теоретических и экспериментальных подходов к созданию редокс-активных многофункциональных материалов на основе органических и металл-органические соединений с редокс-активными центрами. Примерами подобных соединений могут служить основания Шиффа и соответствующие комплексы переходных металлов. Будет разработан подход к скринингу существующих систем с целью выявления наиболее эффективных функциональных центров-носителей функциональных свойств. Важной задачей данного проекта является установление взаимосвязи «состав-структура-морфология-свойства» для новых систем с использованием комплекса взаимно дополняющих ex situ и in situ физико-химических методов исследования, что обеспечит возможность для направленного синтеза материалов с заранее заданными свойствами. В результате проведенных исследований будут разработаны подходы к дизайну и предложены стратегии синтеза новых многофункциональных редокс-активных молекулярных и супрамолекулярных материалов, являющихся носителями двух или более

практически значимых свойств, определяющих возможность использования материалов в устройствах накопления, преобразования и экономии энергии. В рамках исследований также предполагается проведение комплексных испытаний многофункциональных материалов в условиях, близких к режимам работы практических устройств, с целью подтверждения перспективности их использования в реальных системах накопления, преобразования и экономии электрической энергии. В конечном итоге, полученные результаты, как позволят расширить знания о свойствах такого типа систем, так и позволят значительно ускорить процесс разработки новых материалов на их основе. Кроме того, полученные новые закономерности быть использованы для оптимизации свойств уже существующих полимерных материалов, что может привести к созданию новых материалов с улучшенными характеристиками. Результаты выполнения проекта могут быть использованы в осуществлении хозяйственной деятельности предприятий Российской Федерации, в том числе для повышения качества электродных материалов химических источников тока.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124041200041-1

Исследование рабочих процессов криогенных систем накопления энергии и разработка способов повышения их эффективности

Общая цель: Исследование рабочих процессов криогенных систем накопления энергии с целью повышения их эффективности за счёт разработки математических моделей, методик и программных комплексов расчёта и проектирования с учётом параметрических особенностей гидрогазодинамических и термодинамических процессов. Согласно отчёту Роснано (2018 г.) Россия с существенным отставанием приступает к формированию национальной программы развития систем накопления электроэнергии и развитию рынка их применения в различных секторах экономики. Развитие систем накопления электроэнергии необходимо как для повышения эффективности работы существующих энергетических установок, так и жизненно необходимо для обеспечения стабильных поставок энергии от возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Кроме того, в настоящее время существует также проблема неравномерности графика потребления электрической энергии и компенсации её дефицита, которую также можно решать с помощью эффективных криогенных систем накопления электроэнергии. Это относится не только к общей энергетической системе РФ, но и к локальным энергетическим системам местного и специального назначения, включая военные отрасли. В связи с этим на современном этапе развития энергетики появилась актуальная задача: разработка нового поколения тепловых машин, использующих низкопотенциальную энергию криопродукта (в том числе и СПГ). Очевидно, что создание таких низкопотенциальных энергетических установок (НЭУ) прямого цикла позволит повысить эффективность использования криопродукта и, одновременно с этим, частично решить проблемы энергосбережения. Существующие криогенные системы накопления энергии включают в себя следующие основные элементы: ожижитель, криогенный резервуар для его хранения, низкотемпературную энергетическую установку, которая использует криопродукт для отвода тепла цикла, а также окружающую среду (либо другие источники тепла) - для подвода тепла. В качестве ожижителя используются различные установки, которые могут не входить в состав криогенных систем накопления энергии. Используемые в настоящее время способы аккумулирования энергии (гидроаккумулирующие станции, тепловые аккумуляторы, электроаккумуляторы) обладают (каждый по-своему) рядом недостатков, такими как неэкологичность и относительно небольшая энергоёмкость), низкая эффективность (например, в тепловых аккумуляторах), высокая инерционность (например, в гидроаккумулирующих станциях). В то же время применение во всё больших объемах криогенных рабочих тел в энергетике (например, СПГ), в космической и военной технике диктует необходимость использования низкопотенциального тепла криопродукта, который, в зависимости от условий дальнейшего применения может рассматриваться и как низкотемпературный источник тепла, и как аккумулятор энергии, и как рабочее тело в энергетической установке, и как топливо в двигательной установке (например космической станции). Таким образом, такая множественность применения криопродуктов, в том числе комплексность как топлива и как аккумулятора низкопотенциального тепла с последующим использования последнего для овода тепла цикла и в качестве рабочего тела требует специальных комплексных исследований. В частности, с целью повышения эффективности получения дополнительной энергии вовремя регазификации и снижения энергетических затрат при сжижении криородукта. Потенциальным решением проблемы может быть применение термокомпримирования криопродукта вместо традиционного повышения давления криогенным насосом. Термокомпримирование криопродукта - процесс подвода тепла в замкнутом объеме - предлагается осуществлять на этапе хранения и регазификации криопродукта. Испарившаяся жидкость будет иметь высокое давление (порядка десятков МПа), энергию которого затем можно использовать в каскаде расширительных турбин для получения полезной работы на этапе разрядки аккумулятора. Эффективность процесса можно увеличить, в частности, за счёт применения термоэлектрических преобразователей энергии, которые работают на разнице температур между криоагентом и окружающей средой в электричество. В данном предложении рассматривается криогенная система накопления энергии, которая является аналогом теплового аккумулятора (аккумулятором холода). Криогенные системы накопления энергии используют в качестве теплоаккумулирующего вещества криогенную жидкость (воздух, азот и др.), которая вырабатывается ожижителями при избытке электроэнергии, и используется в качестве источника холода для отвода тепла цикла в энергетической установке, использующей внешнее тепло окружающей среды либо другого теплового источника. Такие системы накопления и преобразования энергии ограничены по эффективности и зависят от температуры верхнего источника тепла, которая может быть любой, в связи с чем затраты на ожижение могут сравняться с полученной работой, что отвечает случаю сто процентной эффективности сохранения энергии. Такие системы могут быть весьма эффективными для космических и Лунных станций, в связи с тем, что ожижение, например, кислорода и водорода после электролиза воды, потребует меньше энергии за счет низких температур радиаторов-излучателей в условиях космоса. Предлагаемый проект направлен на повышение эффективности криогенных систем накопления энергии, предназначенных для компенсации неравномерности графиков потребления электроэнергии, а также на повышение эффективности процесса разрядки криогенного аккумулятора за счёт использования термокомпримирования в баллоне с криогенной заправкой (БКЗ), что полностью исключает затраты на насос или компрессор. Кроме этого, предлагается на этапе регазификации криопродукта в БКЗ использовать термоэлектрические генераторы для выработки дополнительной электроэнергии. Предлагается использовать цикл с каскадом расширительных турбин и теплообменниками внешнего подвода тепла между ними. Это позволит приблизить процесс расширения рабочего тела к изотермическому и, тем самым, увеличить эффективность

энергоустановки. Таким образом, предлагаемая работа направлена на повышение эффективности криогенных систем накопления и преобразования энергии за счёт использования баллона с криогенной заправкой, термоэлектрических генераторов и каскада турбин. Кроме того, применение криогенных систем накопления энергии позволит решать проблемы более эффективного и экономически оправданного внедрения возобновляемых источников энергии (солнечные электростанции, ветроэнергетические установки и т.д.). Ожидаемые результаты исследования в целом: 1. Экспериментальный образец криогенной системы накопления энергии. 2. Методики расчёта и проектирования криогенных систем накопления энергии. 3. «Цифровые двойники» семейства криогенных систем накопления энергии ёмкостью 2,5 и 30 МВт*ч.

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

№ 124021500057-1

Формирование тонкопленочных структур микротрубчатых среднетемпературных твердооксидных топливных элементов

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются экологичными и эффективными системами прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию. Несмотря на большие успехи, достигнутые в области разработки топливных элементов (ТЭ), актуальными остаются вопросы, связанные с повышением эффективности, долговременной стабильности характеристик и снижение стоимости данных устройств. Среди различных конфигураций ТОТЭ отдельно выделяют конструкцию, называемую микротрубчатой (МТ ТОТЭ). МТ ТОТЭ, обладая рядом преимуществ, таких, как высокая объемная удельная мощность и механическая прочность, быстрое время запуска и остановки, высокая стойкость к термоциклированию, простота герметизации, лучшее распределение механического напряжения, привлекают к себе все большее внимание.

При разработке данных устройств, как и ТОТЭ в целом, актуальной остается задача снижения их рабочих температур при сохранении приемлемого уровня электрохимических характеристик. Это возможно за счет минимизации различного рода потерь и, прежде всего, потерь связанных с омическим и поляризационным сопротивлением ячеек, которые существенно возрастают при снижении рабочих температур. Подходом, широко используемым для снижения омических потерь, является снижение толщины электролита, снижения поляризационных потерь достигают за счет применения активных катодных материалов. МТ ТОТЭ представляет собой трубку с внешним диаметром не более 5 мм и длинной около 50 мм.

В такой конструкции несущим элементом чаще является анод, который получают методом фазовой инверсии или экструзии. Остальные слои (электролит и катод) наносят поочередно, как правило, методом погружения. Несмотря на то, что метод погружения позволяет формировать тонкие слои, его применение требует последующего высокотемпературного спекания. В некоторых случаях, даже небольшие изменения в свойствах используемых суспензий, могут приводить к неоднородности покрытия. Кроме того, получение плотного слоя электролита на основе допированного оксида серия, используемого в среднетемпературных ТОТЭ, порошковыми методами затруднено. Вместе с тем тонкопленочные технологии все чаще применяются для формирования тонких пленок электролита, среди них магнетронное распыление. Перспективность и эффективность применения метода магнетронного распыления для формирования тонкопленочных структур мембранно-электродных блоков (МЭБ) среднетемпературных ТОТЭ планарной конструкции подтверждена множеством исследований. Такой подход позволяет в разы повысить производительность ТЭ.

Возможность применения данного метода для формирования слоев МЭБ МТ ТОТЭ, в частности слоя электролита, до настоящего момента не исследовалась. Однако есть все основания полагать, что его применение за счет формирования слоя электролита в виде тонкой пленки с улучшенными структурными свойствами, позволит повысить производительность устройства и стабильность его характеристик.

Таким образом, настоящий проект направлен на решение актуальной задачи, связанной с разработкой технологических подходов формирования тонкопленочных структур МЭБ МТ ТОТЭ, в частности, слоя электролита с целью повышения эффективности устройства. Научная новизна исследований заключается в том, что впервые для нанесения слоя электролита МТ ТОТЭ будет использован метод магнетронного распыления.

Поскольку для стабилизации характеристик ТЭ, работающего при сниженных температурах, особое внимание должно быть уделено катодному слою, в работе будет проведено исследование влияния состава и наноструктурирования электродного слоя - катода на его функциональные свойства, а также на характеристики всего МТ ТОТЭ.

Полученные значимые результаты будут востребованы исследователями, в первую очередь российскими, занимающимися разработкой энергоустановок на основе ТОТЭ и найдут применение в процессах конструирования и изготовления топливных ячеек микротрубчатой конфигурации.

Подобные разработки будут способствовать продвижению отечественных ТОТЭ на мировом рынке.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124022000081-8

Поиск, исследование и оптимизация свойств сложнооксидных материалов с тройной проводимостью для систем преобразования энергии

Проект направлен на развитие научных подходов к разработке и оптимизации свойств сложнооксидных материалов с тройной (протонной, кислород-ионной и электронной) проводимостью для последующего применения в высокоэффективных устройствах хранения и преобразования энергии.

Актуальность решения обозначенной проблемы обусловлена очевидной необходимостью разработки новых высокоэффективных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и электролизеров с протонпроводящими электролитами, для повышения энергетической и экономической эффективности которых требуется создание новых функциональных электродных материалов, обладающих тройной проводимостью.

Для решения этой задачи крайне важно понимание причин возникновения протонной проводимости в оксидах - смешанных (кислород-ионных и электронных) проводниках, а также влияние их состава на структуру, термодинамическую стабильность и электрохимические характеристики.

Новизна проекта состоит не только в получении новых

материалов, но и в установлении научно обоснованных качественных и количественных закономерностей, использование которых позволит получать сложные оксиды с тройной проводимостью, предсказывать их практически важные свойства и целенаправленно модифицировать их состав для оптимизации этих свойств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124030400017-8

Одностадийный синтез покрытий на основе Co-Mn шпинели, допированной катионами переходных металлов, и их применение для токовых коллекторов твердооксидных топливных элементов

Проект направлен на решение проблемы повышения долговременной стабильности твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) за счет создания научных и технологических основ синтеза защитных покрытий для токовых коллекторов ТОТЭ на основе Co-Mn шпинели с улучшенными характеристиками. Актуальность проблемы, на решение которой направлен проект, обусловлена тем, что твердооксидные топливные элементы в последние несколько десятилетий привлекают все больший интерес ввиду высокого КПД (более 60%), экологичности и высокой топливной гибкости, обусловленной возможностью использования любого газифицированного углеводородного топлива.

При этом главной проблемой их широкого внедрения является недостаточно высокий срок службы, что в первую очередь связано с выходом из стоя их составных частей – токовых коллекторов. Токовые коллекторы изготавливают из ферритных нержавеющих сталей, при этом при эксплуатации при высоких температурах происходит резкое ухудшение их характеристик ввиду образования плохо проводящих оксидов хрома, а также отравление катодного материала. Решением данной проблемы является нанесение на поверхность токовых коллекторов защитных покрытий. Большой интерес представляют оксидные Co-Mn покрытия со структурой шпинели ввиду высоких значений проводимости и хорошей совместимости с ферритными нержавеющими сталями при тепловом расширении. В настоящее время такие покрытия в основном получают методами «мокрой химии» с последующей термообработкой до образования структуры шпинели.

Альтернативой этим методам представляется использование метода нестационарного электролиза, основанного на поляризации электрода переменным асимметричным током. При этом формирование покрытий со структурой шпинели за счет цикличности поляризующего напряжения происходит в одну стадию, исключает термическую обработку.

Концепция создания таких покрытий и технологии их получения основана на полученных ранее авторами данного проекта результатах [Патент РФ 2790490, МПК C25D 5/18 (2006.01), C25D 9/10 (2006.01), C25D 11/34 (2006.01). Способ получения покрытия на основе кобальт-марганцевой шпинели на поверхности нержавеющей стали / Храменкова А.В., Яковенко А.А. № 2022121683; заявл. 09.08.2022; опубл. 21.02.2023, Бюл. № 6; Khramenkova A.V., Yakovenko A.A., Yuzhakova K.R., Mishurov V.I., Abdulvakhidov K.G., Polozhentsev O.E. Study of the properties of coatings based on cobalt-manganese spinel obtained by the method of non-stationary electrolysis. Russian Journal of Electrochemistry – 2023. – принята к печати], где показана перспективность использования переменного асимметричного тока для синтеза покрытий на основе Co-Mn шпинели на поверхности нержавеющей стали.

Данный проект направлен на создание защитных покрытий токовых коллекторов ТОТЭ на основе Co-Mn шпинели с улучшенными свойствами. Научная новизна заключается в использовании метода нестационарного электролиза, позволяющем более гибко воздействовать на процесс синтеза.

В проекте предлагается два подхода к улучшению свойств синтезированных покрытий. Первый направлен на модификацию поверхности подложки на стадии ее предварительной подготовки, второй – на увеличение проводимости и защитных свойств покрытий путем допирования катионами переходных металлов (например, Cu2+, Ni2+ или Fe2+).

Таким образом, для повышения характеристик защитных покрытий токовых коллекторов ТОТЭ будет применен комплексный подход.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

№ 124031100076-5

Функциональные углеродные наноструктурированные материалы

Проект представляет собой фундаментальное научное исследование, направленное на установление закономерностей, связывающих свойства индивидуальных углеродных наночастиц с электронными, оптическими и механическими свойствами функциональных наноматериалов, формируемых на их основе. Конечной задачей исследований является создание научного базиса для направленного конструирования наноструктурированных углеродных материалов, в том числе: для накопителей электроэнергии сверхвысокой мощности и емкости в системах возобновляемой энергетики, планарных электронных эмиттеров, сорбционных и фильтрующих систем, конструкционных материалов с заданными механическими параметрами и биологической совместимостью. В ходе исследования планируется определить возможности управления размерами алмазных наночастиц в диапазоне от 6 до 1 нм, установить связь между электронными и оптическими свойствами композитных наноструктур алмаз/графитовая оболочка с различным соотношением кристаллических фаз и структурой поверхности, возможности синтеза и применения графеновых наноструктур, получаемых из биополимеров в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, выявить закономерности трансформации композитных коллоидных структур наноалмаз – оксид графена при изменении соотношения концентраций и состава жидкой среды при формировании электродных наноструктурированных материалов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124032600061-3

Углеродные материалы и углерод-полимерные композиты как активные компоненты положительных и отрицательных электродов перспективных накопителей энергии. Синтез, строение, свойства

Электрохимические накопители энергии – аккумуляторы - получают все большее применение в различных областях народного хозяйства. Основными требованиями к аккумуляторам являются высокая удельная энергия (объёмная и весовая), высокая мощность, длительный срок службы, безопасность для природы и человека, низкая стоимость, легкая утилизируемость после окончания срока службы. В настоящее время наилучшими характеристиками обладают литий-ионные аккумуляторы (ЛИА). Удельная энергия ЛИА достигла 250-270 Вт·ч/кг, а длительность циклирования – 2000-6000 циклов. Характеристики лучших литий-ионных аккумуляторов не полностью соответствуют современным требованиям к электрохимическим аккумуляторам. Поэтому усовершенствование ЛИА и разработка новых видов аккумуляторов является актуальной задачей. Свойства активных материалов электродов и электролитов определяют энергетические и эксплуатационные характеристики электрохимических накопителей энергии. Поэтому основное внимание исследователей сконцентрировано на разработке новых материалов для электрохимических аккумуляторов. Большой интерес вызывают различные виды углеродных материалов (графиты, сажи, твердые и мягкие разупорядоченные углероды, углеродные волокна и нанотрубки и др.) в качестве дешевых, доступных, безопасных и энергоёмких активных материалов как положительного, так и отрицательного электродов электрохимических накопителей энергии. А также большой интерес представляют композиты углеродных материалов с различного типа полимерами (электрохимически активными полимерами, полимерными электронными и ионными проводниками). Проект направлен на разработку новых типов углеродов и углеродно-полимерных композитов на их основе для применения качестве активных материалов положительных и отрицательных электродов электрохимических накопителей электрической энергии. Также планируются подробные исследования электрофизических и электрохимических свойств углеродов и углеродно-полимерных композитов на их основе и разработка прототипов накопителей энергии и тестирование их энергетических характеристик. Результаты проекта могут быть использованы на различных уровнях для долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации, разработки программ развития науки и технологий производства отечественных, высокоэнергоемких устройств хранения энергии на основе российского сырья и их компонентов, разработки технологий и организация производства материалов и накопителей энергии на их основе и пр.

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

№ 124041100048-1

Магнитные наносплавы, наноразмерные оксиды, гидроксиды и наполненные ими углеродматричные наноструктурированные композиты для использования в низковольтной электронике, магнитотехнике и в качестве электродных материалов суперконденсаторов. 2024 – 2025 гг.

Синтез, изучение свойств и оптимизация функциональных характеристик наноразмерных, наноструктурированных магнитных полиметаллических систем, электрохимически активных (аккумулирующих при поляризации заряд) гидроксидов и оксидов, а также наполненных ими УМНСК является ключевой проблемой на пути решения двух крупных научно-технических задач в области материаловедения полифункциональных систем:

- создание высокоэффективных электродов СК - устройств накопления и хранения электроэнергии, генерируемой неустойчивыми источниками (энергия солнца, ветра, гидротермальная), а также портативных источников тока с высокой удельной мощностью;
- разработка новых наноразмерных (НР) и наноструктурированных (НС) магнитных материалов с регулируемыми характеристиками для ряда изделий магнитотехники: сверхминиатюрные магниты, микро(нано) магнитопроводы, среды со сверхплотной записью информации и др. Основными факторами, сдерживающими расширение использования СК (при общепризнанной перспективности их), является нерешенная проблема снижения остающейся высокой стоимости их («цена одной фарады») в сочетании с повышением функциональных характеристик (удельная емкость, пиковая мощность, стабильность параметров при многократном циклировании). Ключевыми при этом являются задачи разработки высокоэффективных электродов СК из сравнительно недорогих видов сырья, с использованием возможно более простых технологий. Основные нерешенные задачи создания новых НР и НС магнитных полиметаллических материалов – синтез систем класса Fe, Co, Ni – Pt,Pd и Fe, Co, Ni, обладающих наивысшими (или приближенными к ним) характеристиками коэрцитивности (6-8 Т) или намагниченности насыщения (240-250 emu/г) для приведенных систем соответственно путем изучения процессов и установления механизмов (моделей) формирования при синтезе или при обработках в физических полях наноматериалов с требуемой морфологией частиц, химическими и фазовыми составами, устранение (регулирование) магнитных взаимодействий (dipolar, transfer) частиц, защита их от окисления и закрепление пространственного расположения их. Решение перечисленных задач приведет к решению названных научно-технических проблем (либо к приближению к их решению), что определяет актуальность выполнения работ.

Цель работ но проекту: на основе комбинации методов гидратации, термораспада и восстановления прекурсоров из растворов, в том числе на поверхности С-матриц разработать способы и оптимизировать условия получения наноразмерных, наноструктурированных магнитных наносплавов, наноразмерных оксидных и гидроксидных систем (индивидуальных и многокомпонентных) с заданными морфологией и фазовыми составами, а также углеродматричных (высокопористые, синтезируемые в том числе из угольно сырья высокопористые, нанотрубки, нановолокна, графеновые структуры) наноструктурированных композитов (УМНСК) двух видов:

- наполненные нанотолщинными пленками благородных металлов, либо электрохимически активных гидроксидов (оксидов) переходных металлов;
- наночастицами магнитомягких, либо магнитотвердых наносплавов; изучение физико-химических свойств полученных наносистем и наполненных ими композитов, с акцентом на функциональные (морфологические, электрохимические, оптические и магнитные) характеристики и разработка на этой основе новых высокоэффективных электродных материалов суперконденсаторов (СК), наноразмерных и наноструктурированных магнитных

материалов.

Проект направлен:

- в фундаментальном плане - на создание основ материаловедения полиметаллических наноразмерных и наноструктурированных систем, а также нового вида наполненных ими, оксидами, гидроксидами УМНСК на основе С-матриц с различной пространственной организацией, важнейшая особенность которых - высокая степень покрытия (декорирование) поверхности матриц (внешней, макро- и мезопор) высокоанизометричными нанотолщинными частицами наполнителей при выполнении требований отсутствия блокировки пор и сохранения присущих высокопористым матрицам высокой пористости и развитой удельной поверхности (Sуд);

- в практико-ориентированном отношении - на разработку УМНСК -материалов электродов СК, сочетающих низкую стоимость и высокие характеристики, и прототипов СК на водных и неводных электролитах, а также магнитомягких и магнитотвердых НС материалов с высокими магнитными характеристиками (намагниченность насыщения, коэрцитивность), повышенной коррозионной устойчивостью и сохранением присущих наночастицам свойств путем устранения межчастичных магнитных взаимодействий.

ЗАДАЧИ

2024 год

1. Оптимизация условий функционализации С-матриц и условий получения композитов, максимально наполненных гидроксидами и MnO_2, с наибольшей анизометричностью кристаллитов при условии уменьшения объема пор и удельной поверхности матриц не более чем на 50%.

2. Оптимизация условий функционализации С-матриц и формирования Co_3O_4 со структурой шпинели при терморазпаде прекурсоров.

3. Изучение влияния реакционных условий осаждения золота и серебра на поверхности углеродных материалов и модифицирования матриц на величины пористости и удельной поверхности УМНСК.

4. Получение композитов на основе всех рассмотренных С-матриц, максимально наполненных металлами с наибольшей анизометричностью при условии уменьшения объема пор и удельной поверхности матриц не более чем на 50%.

5. Изучение процессов накопления и предельных значений накопленной электрической емкости и стабильности при многократном (500-1000) циклировании потенциала для УМНСК (всех изучаемых видов) в водных электролитах.

6. Расчет вариантов взаимодействия углеродной подложки и нанокристаллитов смешанных гидроксидов Ni-Co и смешанного оксида кобальта (II,III) различных структур и габитусов

7. Исследование явления упорядочения актуальных фаз L10 в Co-Pt, Fe-Co-Pt, Fe-Pd, Co-Pd и установление условий формирования их в максимально упорядоченных состояниях (степень упорядоченности не ниже 0,95) под действием физических полей.

8. Исследование постоянства морфологии и фазовых составов частиц $CoЗO_4$, MnO_2, кристаллитов индивидуальных, смешанных гидроксидов и благородных металлов – наполнителей УМНСК – при циклировании потенциала.

9. Изучение процессов накопления электрической емкости (стадийность, кинетика, предельные значения) и электропроводности в постоянном и переменном полях, оптимизированных по составам и морфологии УМНСК.

2025 год

1. Установление УМНСК с максимально достигнутыми значениями накопленной емкости в модельных ячейках СК – не менее 350 Ф/г с оксид-гидроксидными наполнителями и 650-700 Ф/г для УМНСК, наполненных благородными металлами и устойчивости при циклировании в области 20 - 80°С в водных электролитах не ниже 80%.

2. Определение функциональных характеристик СК аккумулирующих элементов трех типов с оптимизированными электродными характеристиками: - с высокопористыми С-электродами фарадеевского типа; - с электродами, один из которых является обычным (фарадеевского типа), а второй - накапливает заряд в двойном электрическом слое (ДЭС) и в следствии псевдополяризации УМНСК; - с электродами, один из которых является идеально (высоко) поляризуемым, а второй накапливает заряд в ДЭС и в результате процессов псевдополяризации.

3. Создание прототипа суперконденсатора. Обоснованный выбор конкретных конфигураций (тип, электроды, электролит) с наиболее высокими достигнутыми характеристиками с учетом уровня сложности получения, стоимостных параметров и совокупности их. Уровень характеристик разработанных модельных СК оптимальных конфигураций с наиболее эффективными полученными электродами должен быть - по удельной электрической емкости не менее 250-300 мА*ч/г; по устойчивости при циклировании (1000 циклов) не менее 80%; по стабильности этих параметров в интервале 20 - 80°С - не ниже 80%.

4. Разработка рекомендаций по практическому использованию созданных СК. Передача образцов СК на независимые испытания в ИХТТМ СО РАН и в ЗАО Технокомплект (г. Дубна, М.О.).

5. Анализ полученных результатов. Построение атомистической модели границы раздела фаз в гетерогенной системе «пористый углерод - смешанный оксид кобальта (II, III)». 6. Разработка и передача на независимые испытания в МТЦ СО РАН образцов: - НС магнитных материалов с характеристиками не ниже следующих - для магнитомягких материалов намагниченность насыщения не менее 220 emu/г при коэрцитивности не более 100 Э, для магнитотвердых коэрцитивность не менее 3,5 Т, намагниченность не менее 100 emu/г; - образцов магнитных УМНСК с характеристиками не ниже следующих - для магнитомягких материалов намагниченность насыщения не менее 100 emu/г магнитного наносплава при коэрцитивности не более 100 Э, для магнитотвердых коэрцитивность не менее 2 Т, намагниченность не менее 70 emu/г магнитного наносплава. Обеспечение антикоррозионной стабильности наночастиц и вследствие этого – сохранения указанных характеристик до температур не ниже 120°С на воздухе.

РЕЗУЛЬТАТЫ

2024 год

1. Оптимальные условия функционализации С-матриц и получения УМНСК;

2. Оптимальные условия функционализации С-матриц, формирование Co_3O_4 и наполненных им УМНСК;

3. Оптимальные реакционные условия получения УМНСК, наполненных кристаллитами Au, Ag;

4. Оптимальные условия получения УМНСК на основе всех рассмотренных С-матриц;

5. Процессы накопления и предельно-достигнутые значения электрической емкости в оптимизированных по составам, морфологии УМНСК, параметры стабильности при циклировании;

6. Расчетные варианты взаимодействия С-матриц и кристаллитов наполнителей;

7. Условия формирования фаз L10 в FePt, CoPt, Fe-CoPt, FePd, CoPd в состояниях со степенью упорядочения не ниже 0,95;

8. Данные по постоянству морфологии и фазовых составов частиц оксидных и гидроксидных наполнителей при циклировании потенциала;

9. Параметры процессов накопления электрической емкости и параметров электропроводности в оптимизированных УМНСК.

2025 год

1. УМНСК с достигнутыми значениями емкостей не менее 350 Ф/г с оксид-гидроксидными наполнителями и 650-700 Ф/г для УМНСК, наполненных благородными металлами, с устойчивостью не ниже 80% при циклировании потенциала в

области 20 - 80°С; лабораторные образцы УМНСК;

2. Функциональные характеристики модельных СК трех типов с оптимизированными по свойствам электродами;

3. Лабораторные образцы суперконденсаторов с характеристиками – по удельной электрической емкости не менее 250-300 мА*ч/г; по устойчивости при циклировании (1000 циклов) не менее 80%; по стабильности этих параметров в интервале 20 - 80°С - не ниже 80%.

4. Рекомендации по практическому использованию разработанных СК; передача образцов на независимые испытания;

5. Атомистическая модель границы раздела фаз в гетерогенной системе «пористый углерод - смешанный оксид кобальта (II,III)»;

6. Передача на независимые испытания образцов:

- НС магнитных материалов с характеристиками не ниже следующих - для магнитомягких материалов намагниченность насыщения не менее 220 emu/г при коэрцитивности не более 100 Э, для магнитотвердых коэрцитивность не менее 3,5 Т, намагниченность не менее 100 emu/г;

- образцов магнитных УМНСК с характеристиками не ниже следующих - для магнитомягких материалов намагниченность насыщения не менее 100 emu/г магнитного наносплава при коэрцитивности не более 100 Э, для магнитотвердых коэрцитивность не менее 2 Т, намагниченность не менее 70 emu/г магнитного наносплава. Обеспечение антикоррозионной стабильности наночастиц и вследствие этого – сохранения указанных характеристик до температур не ниже 120°С на воздухе.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

№ 124070500034-0

Разработка научных основ получения из отечественного возобновляемого растительного сырья биоматериалов для устройств хранения энергии

Данный проект направлен на создание фундаментальных усовершенствованных подходов к выделению и химической модификации целлюлозы - экологически безопасного сырья для получения электротехнических материалов. Высокую актуальность конечной задаче проекта придают значительные экологические проблемы и высокая антропогенная нагрузка на окружающую среду. В таких условиях разработка способов вовлечения отечественного сырья в переработку с получением новых функциональных материалов становится перспективной областью исследований, решающей, в том числе, задачи импортозамещения. Полимеры, получаемые в результате переработки возобновляемого сырья, обладают большим потенциалом в разработке устройств хранения энергии (аккумуляторов, суперконденсаторов и т.п.). В качестве основы для создания таких устройств предлагается использовать целлюлозу, являющуюся основным компонентом биомассы и выделяемую из растения рода Мискантус, перспективного для интродукции в России. Из выделенной целлюлозы предлагается получить полимерные биопленки, которые могут быть использованы в качестве сепараторов в суперконденсаторах. При выполнении проекта будут проведены исследования по следующим направлениям: - исследование способов выделения целлюлозы из биомассы мискантуса, произрастающего на территории РФ, - исследование способов химической модификации целлюлозы, выделяемой из биомассы мискантуса, - исследование способов изготовления полимерных пленок на основе полученных целлюлозных материалов, - исследование физико-химических свойств целлюлозных материалов и полученных из них пленок, - исследование пленок в качестве сепараторов суперконденсаторов. Продолжительность проекта составит три года. По окончании проекта будут получены следующие фундаментальные результаты. 1. Разработан способ выделения целлюлозы, получены образцы целлюлозы, отличающиеся содержанием примесей, индексом кристалличности. 2. Разработаны новые методы получения эфиров целлюлозы и получены их опытные образцы. 3. Из полученных образцов ацетатов будут изготовлены образцы пленок и определены их физико-химические, морфологические характеристики. 4. Получены данные о влиянии параметров целлюлозы и ее ацетатов на ключевые физико-химические характеристики пленок. 5. Разработана серия составов формовочных смесей, позволяющих создать пленки, пригодные для изготовления сепараторов суперконденсаторов. 6. Получены данные об исследовании сепараторов в суперконденсаторе, проведена оценка эффективности. 7. Будут сформулированы требования к условиям процесса получения пленок для создания сепараторов, обеспечивающих эффективную работу суперконденсатора. 8. Определены показатели качества полученных пленок, имеющие критическое значение для их применения в составе аккумуляторов. Такой комплексный подход при реализации проекта в различных отраслях физической химии (катализ, электрохимия, органическая химия, химия растительного сырья) позволит получить результаты, отличающиеся новизной. Новизну проекта также можно отметить в следующем. 1. Использование растительного сырья, перспективного для интродукции на территории РФ. 2. Впервые будут разработаны методы направленного ацетилирования для целлюлоз, полученных из отечественного растительного возобновляемого сырья. Будут разработаны новые каталитические методы ацетилирования целлюлозы, отвечающие современным требованиям зеленой химии. 3. Получение новых знаний о влиянии степени кристалличности выделенной целлюлозы и примесей в ее составе на процессы синтеза эфиров целлюлозы и изготовление пленок. 4. В ходе выполнения проекта будут получены новые экспериментальные данные физико-химических, механических и электрохимических испытаний, изготовленных при выполнении проекта полимерных пленок из целлюлозных материалов.

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

№ 124073100004-8

Синтез новых композитных материалов на основе пористого германия, и наночастиц никеля, платины для электродов электрохимических источников тока

Создание эффективных, и не загрязняющих окружающую среду электрохимических источников энергии, таких как топливные элементы, литий ионные аккумуляторы, суперконденсаторы для мобильных электрических устройств и транспорта, является в настоящее время одним из приоритетных направлением исследований во всем мире. Одной из важнейших проблем разработки электродных материалов для электрохимических источников энергии является получение большой скорости токообразующей реакции. Одним из эффективных способов для получения высоких значений токов является увеличение активной поверхности и использование наноструктурных материалов.

Целью данного проекта является исследование и разработка новых электродных материалов для электрохимических источников энергии, в том числе и топливных элементов, с использованием нанопористых полупроводниковых поверхностей и металлических наноразмерных частиц. Научная новизна такого подхода состоит в том, что 1. методами ионной имплантации и ионного соосаждения составных мишеней, в одном технологическом процессе будет создана высокоразвитая поверхностная структура, состоящая из нанопористого полупроводникового германия и наночастиц Pt, Pd, Co или Ni. 2. методом электростатической атомно-силовой микроскопии будет установлена структура, распределение и морфология электрического потенциала поверхностного образования, состоящего из нанопористого полупроводникового германия, и наночастиц Pt, Pd, Co или Ni. Насколько нам известно, такой вопрос ставится впервые. Определение электрического потенциала поверхностного состояния вблизи указанных объектов необходимо для установления роли градиента электрического потенциала поверхностных состояний в каталитических процессах. Для определения каталитических свойств нанопористого полупроводникового германия, и наночастиц Pt, Pd, Co или Ni будут проведены вольтамперометрические измерения и определены токообразующие реакции данных каталитических структур. Будет проведен сравнительный анализ электрохимических данных и полученных данных по структуре, распределению и морфологии электрического потенциала поверхности образцов нанопористого полупроводникового германия и кремния, и наночастиц Pt, Pd, Co или Ni по каталитической активности исследованных образцов и их взаимосвязи с градиентом поверхностного потенциала. Актуальность планируемых в проекте исследований заключается в поиске и создании новых электродных материалов для электрохимических источников энергии на основе базового материалов микроэлектроники – германия. Необходимо отметить, что данная тематика поисковых исследований, связанная с синтезом новых электродных материалов на основе германия, является для нашей группы принципиально новой, как и сам состав научной группы. Проводимые нами ранее исследования касались синтеза прототипов электродных материалов на основе легированных углеродных нанотрубок и аморфных алмазоподобных плёнок.

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

№ 124091700014-5

Разработка цифровых структур и программно-аппаратного обеспечения автономных энергосистем с масштабируемыми накопителями электроэнергии

Работа является продолжением ранее выполненной научно-исследовательской работы (рег. № 075-15-2021-1318) носит прикладной характер и нацелена на формирование научно-технического задела для проектирования интеллектуальных энергоэффективных систем накопления электроэнергии и базовых элементов зарядной инфраструктуры для наземного электротранспорта, соответствующих приоритетным направлениям развития Российской Федерации, закрепленных такими документами как Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р, Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р и рядом других смежных распоряжений. В предшествующей НИОКР (рег. № 075-15-2021-1318) спроектированы и исследованы базовые элементы инфраструктуры преобразователей электрической энергии для создания эффективных систем накопления электроэнергии на примере высокочастотных гальванически-развязанных двунаправленных преобразователей электрической энергии на основе SiC приборов, спроектированы системы управления состоянием батареи. В настоящей работе предлагается развитие результатов по двум основным направлениям: 1. Разработка алгоритмов управления автономных в том числе комбинированных электроэнергетических систем, включая алгоритмы синхронизации и распределения нагрузок в электроэнергетическом и электротехническом пространстве, для обеспечения бесперебойного качественного электроснабжения критически важных объектов; 2. Разработка численных моделей магнитно-связанных систем бесконтактных зарядных устройств и оптимизация схемотехнических и конструкционных решений транслятора и приемника с точки зрения применения в электроприводных транспортных средствах. Для верификации и отработки разрабатываемых алгоритмов и математических моделей исследуемых систем в работе проектируется физический макет локальной энергосистемы, построенной на базовых элементах энергетической инфраструктуры, включающей цифровые системы управления различного уровня, применимую для управления энергосистемами с полупроводниковыми преобразователями энергии с частотами коммутации силовых ключей свыше 100 кГц.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)»

№ 124103100017-2

Разработка технологии объединения источников распределенной генерации в виртуальные электростанции с применением твердотельного трансформатора

Проект направлен на решение проблемы повышения эффективности распределенной генерации путем объединения установок распределенной генерации (преимущественно на основе низкоуглеродных источников энергии), накопителей электроэнергии и потребителей в интеллектуальные электроэнергетические системы, получившие название виртуальные электростанции, с применением технологий твердотельных трансформаторов. Проект является продолжением и развитием работы по созданию опытного образца модуля твердотельного трансформатора, реализованной в рамках СПЗ «Кибербезопасные устройства и технологии электроэнергетических систем».

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 124111200127-2

Развитие новых подходов к получению микротрубчатых анодных подложек для твердооксидных топливных элементов с варьируемой асимметрией пористой структуры

Микротрубчатые твердооксидные топливные элементы (МТ-ТОТЭ) привлекают большое внимание из-за их устойчивости к термоциклированию и высокой выходной плотности по сравнению с планарными и трубчатыми ТОТЭ. Изготовление МТ-ТОТЭ включает поэтапное нанесение нескольких слоев с промежуточным отжигом изделия, при этом наибольшая усадка происходит при спекании пористой подложки, которая обеспечивает механическую стабильность МТ-ТОТЭ и обеспечивает минимальное сопротивление массопереносу. Цель работы – разработка методики получения МТ анодных подложек для ТОТЭ с варьируемой асимметрией пористой структуры. В ходе выполнения работы получены соосные МТ анодные подложки/мембраны (с центрированным отверстием) методом окунания. На модельном растворе проведен контроль геометрии МТ подложек и соблюдения соосности мембран. Разработана методика получения соосных МТ анодных подложек, подразумевающая использования двухслойной конструкции гильзы, где второй слой носит армирующую функцию для минимизации искривлений подложек в ходе формования. Проанализировано влияние морфологии пор, их размеров и расположения на механическую прочность анодных подложек. Показано, что наивысшим значением прочности обладает образец ПСК-1 (ОАО «Институт пластмасс», предоставлен Заказчиком).

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

№ 124111800013-2

Изготовление материалов для герметизации и токовой коммутации твердооксидных топливных элементов, испытания их свойств и наработка опытных партий для макета энергоустановки

Цель настоящей НИР –изготовление образцов стеклообразных материалов для герметизации и токовой коммутации ТОТЭ в батарее, исследование их свойств и наработка опытных партий для последующих испытаний в составе энергоустановок.

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

№ 124112900084-8

Технологии электрохимических накопителей электроэнергии

Отрасль накопителей энергии развивается в мире и в России большими темпами как для транспортных, так и для стационарных применений. Электротранспорт, робототехника, беспилотные авиационные системы, перспективная энергетика - наиболее крупные из формирующихся новых высокотехнологичных рынков. Развитие современных аккумуляторных батарей (на основе литий-ионных и пост-литий-ионных технологий), а также водородных топливных элементов является базой для развития подавляющего большинства перспективных транспортных средств, подвижных робототехнических устройств гражданского и специального назначения, а также практически всех мобильных телекоммуникационных систем. В настоящее время научный уровень РФ незначительно уступает мировому уровню, при этом электрохимическая научная школа остается одной из сильнейших в мире. Технические характеристики разработанных в РФ материалов, реализованных макетов и опытных образцов литий-ионных аккумуляторов сопоставимы с лучшими серийно производимыми аналогами (например, удельная энергия выше 250–260 Втч/кг для ЛИА или выше 320 Втч/кг для твердотельных аккумуляторов). Сформирован значительный научный задел в области пост-литий-ионных аккумуляторов (натрий-ионные аккумуляторы и твердотельные аккумуляторы). Критичным в настоящее время является отставание в переносе имеющегося научного задела в производство, что связано с практическим отсутствием соответствующих работ. Для сокращения этого разрыва между наукой и индустрией в области электрохимических накопителей Правительство РФ утвердило дорожную карту «Системы накопления электроэнергии» и признало данное направление одним из приоритетных в развитии. Основным трендом к 2030-му году можно считать диверсификацию электрохимических накопителей под ключевые требования различных ниш: - высокоэнергоемкие системы – увеличение удельных емкостных характеристик накопителей от 250 Втч/кг до 400 Втч/кг за счет использования высокоэнергоемких никель- и литий-обогащенных катодных материалов, перехода к анодным материалам с высоким содержанием кремния и к литий-металлическим аккумуляторам с твердыми электролитами, создания гибридных систем с топливными элементами - пожаро- и взрывобезопасные аккумуляторные батареи – повышение безопасности эксплуатации за счет создания твердотельных технологий, исключающих причины возгорания и теплового разгона аккумуляторов, использования новых теплоотводящих материалов при конструировании батарей и совершенствования систем контроля и управления, в том числе с применением технологий машинного обучения. Удельная энергия 100 – 250 Втч/кг - устойчивое развитие, независимость от ресурсов и снижение стоимости металл-ионных аккумуляторов – создание аккумуляторов из доступного сырья и (5 млн руб. за тонну Li, 7 млн руб. за тонну Ni для литий-ионных аккумуляторов; нет необходимости в Li, Ni, Co для натрий-ионных аккумуляторов, энергоемкость которых может достичь 150 Втч/кг), а также удешевление процессов производства ЛИА (например, сегодня годовое энергопотребление аккумуляторных «гигафабрик» в 50-300 раз превосходит суммарную энергоёмкость выпущенных за тот же период ЛИА из-за сушки электродных лент и воздухоподготовки) за счет новых технологий нанесения электродных покрытий и сборки аккумуляторов (в том числе твердотельных). Выполнение работ, обеспечивающих развитие данных направлений является крайне актуальным для трансфера фундаментальных научных разработок в серийные производства, построенные не по принципу локализации зарубежных технологий, а эксплуатирующих технологический пакет, созданный на территории страны.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 124120900142-0

Разработка и тестирование прототипа сервиса для прогнозирования новых кристаллических материалов для твёрдооксидных топливных элементов

Проект направлен на разработку online сервиса, при помощи которого пользователь в автоматическом режиме сможет загрузить интересующую его кристаллическую структуру и получить оценочную величину ионной и электронной проводимости, что, тем самым, позволит определить возможную применимость материала в ТОТЭ. На данный момент указанный ресурс не имеет аналогов и будет доступен на развиваемом нами сайте https://batterymaterials.info (ВМ). Основным результатом выдачи будет файл, который будет содержать данные о наличии ионной и электронной проводимостей, рассчитанной степени ионности связи (данная величина, как правило, наименьшая у наиболее перспективных проводящих материалов). Вывод данных по проводящим свойствам материалов будет основан на созданной нами модели машинного обучения (МО), базирующейся на накопленных сведениях в ВМ. Так, задачей проекта станет создание модели МО с последующим её представлением в виде пользовательского сервиса. Данный сервис необходим в области создания новых материалов ТОТЭ, что позволит уменьшить ресурсо- и энерго-затраты на экспериментальные исследования, изначально отбирая в качестве перспективных структуры с высокими значениями проводимостей. Возможными потребителями станут научно-исследовательские группы, а также коммерческие организации.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ»

№ 124020600008-5

Развитие научных принципов создания функциональных материалов для преобразования и накопления энергии на основе сложных оксидов

Основной целью научного исследования является развитие научной базы для направленного синтеза материалов с заданными функциональными характеристиками. Объектами исследования выступают твердофазные сложнооксидные соединения с кристаллической структурой, включающие различные виды дефектов, как в электронной подсистеме, так и на атомарном уровне. Для достижения основной цели исследования будет реализован комплексный подход, включающий хорошо апробированные теоретические, а также экспериментальные методики, которые позволяют получить исчерпывающую информацию о взаимосвязи химического состава новых материалов с функциональными характеристиками и дать уверенный прогноз о перспективах исследуемых объектов. Кроме того, такой подход позволит предлагать дальнейшие пути оптимизации свойств исследуемых соединений, выделяя новые химические составы для создания материалов, используемых в качестве ключевых функциональных компонентов в технологиях конверсии и сохранения химической и тепловой энергии. Отдельной целью научного исследования является разработка оксидных материалов термобарьерных покрытий для устройств, работающих при повышенных температурах, что позволит существенно увеличить ресурс и также расширить номенклатуру возможных практических приложений. На данный момент повышение эффективности преобразования химической энергии углеводородного топлива, например, метана, непосредственно в электричество представляет собой важную задачу научно-технического характера. Одним из наиболее эффективных способов решения данной проблемы является применение высокотемпературных электрохимических конвертеров – твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Данные устройства включают три основных функциональных компонента: топливный электрод (анод), где происходит окисление газообразного топлива, твёрдая газоплотная мембрана с кислородной и/или протонной проводимостью, и воздушный электрод (катод), который находится в непосредственном контакте с воздухом. По сравнению с традиционными технологиями выработки электроэнергии ТОТЭ обладают целым рядом преимуществ, включающих возможность работы на различных видах топлива: водороде, простых углеводородах, синтез-газе, спиртах и т.д. В настоящее время перспективным направлением развития ТОТЭ является использование протонпроводящего оксида в качестве материала газоплотной мембраны, обладающего высокой эффективностью при температурах от 400°С. Такая конфигурация топливного элемента, в отличие от классических ТОТЭ, включающих мембраны исключительно с кислород-ионной проводимостью, позволяет получать воду в катодном полупространстве, что способствует существенному упрощению конструкции. Кроме того, повышенная подвижность протонов обеспечивает снижение рабочих температур таких устройств, что благоприятно сказывается на долговременной стабильности ТОТЭ. Тем не менее, коммерциализация ТОТЭ с протон-проводящими электролитами (ППЭ ТОТЭ) пока что является отдаленной перспективой, в том числе из-за отсутствия подходящих материалов для функциональных компонентов, а именно топливного и воздушного электродов, а также материала самой твердотельной мембраны. Совершенные электродные материалы для ППЭ ТОТЭ помимо оптимальных электрокаталитических и термомеханических свойств должны обладать “тройной” проводимостью – кислород-ионной, электронной и протонной. Достоверное экспериментальное определение последнего вклада до сих пор является проблематичным. Тем не менее, широко признается тот факт, что наличие протонной проводимости тесно связано с явлением обратимой гидратации – равновесного поглощения воды кристаллической решеткой оксида. При этом считается, что многие хорошие “двойные” проводники с кислород-ионной и электронной проводимостью могут быть также перспективны в качестве “тройных”. Важным функциональным элементом, обеспечивающим эффективное взаимодействие электродов с газовой фазой, является скорость обмена кислородом и/или водородом, а также параметры диффузии в объеме материала. Таким образом, успешная разработка новых функциональных материалов должна включать совокупность методик, в полной мере раскрывающих природу формирования и переноса заряда в объеме и на поверхности химических соединений, а также характер их взаимодействия с компонентами газовых сред.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124103100036-3

Улучшение стабильности и ионной проводимости межфазных границ раздела в твердотельных аккумуляторах: компьютерное моделирование и экспериментальная проверка

Главной движущей силой при разработке новых химических источников всегда служило стремление увеличить их удельную энергоемкость. Эта задача актуальна и сегодня, в связи с электрификацией транспорта, позволяющей улучшить экологическую обстановку в городах. Несмотря на существенный рост производства электромобилей, их полноценная конкуренция с углеводородным транспортом невозможна без государственных дотаций, что обусловлено высокой стоимостью Li-ion аккумуляторов. Для снижения стоимости аккумуляторов и эффективности электромобилей требуется дальнейшее увеличение удельной энергоемкости, которая для коммерческих литий-ионных источников тока с жидким электролитом близка к теоретическому пределу (<300 Вт*ч/кг). Добиться существенного увеличения энергоемкости позволяют твердотельные Li-ion источники тока, где вместо жидкого электролита используется твердый электролит, а в качестве анода - металлический литий (натрий), что повышает энергоемкость до 500 Вт*ч/кг. Несмотря на значительные усилия, ряд физико-химических препятствий не позволяет добиться долговременной работы таких аккумуляторов с высокой энергоемкостью. Так, сохраняется проблема стабильности границ раздела электрод/электролит, в особенности на анодной стороне в контакте с литием. Высокая химическая активность лития приводит к восстановлению большинства твердых электролитов и образованию нежелательных вторичных фаз, что приводит к росту сопротивления для переноса заряда, в результате чего циклирование такой ячейки приводит к росту металлических вискеров, способствующих разрушению твердого электролита и короткому замыканию ячейки. В настоящем проекте для решения этой проблемы предлагается использовать стойкие к восстановлению защитные покрытия, предварительно наносимые на твердый электролит. В силу меньшей толщины, материал защитного покрытия может иметь более низкую ионную проводимость по сравнению с твердым электролитом, расширяя пространство для поиска соединений защитного покрытия. Помимо повышенной стабильности, защитные покрытия позволят лучше контролировать формирование границ раздела и, в частности, улучшить адгезию между электродами и электролитом, а также снизить возникающие между ними механические напряжения. Для поиска новых соединений защитных покрытий будет использована методология отбора материалов, базирующуюся на первопринципных расчетах в рамках теории функционала плотности (ТФП), зарекомендовавшая себя в качестве эффективного метода для предсказания новых материалов. Для отбора лучших кандидатов, будет произведен расчет следующих свойств: электронная проводимость, стабильность к восстановлению и окислению, ионная проводимость, поверхностная адгезия с металлическим литием и материалом катода и механические напряжения, перенос заряда через границы раздела металл/защитное покрытие. Для ускорения расчетов ионной проводимости будут использованы машинно-обученные модели, полученные авторами ранее. На каждом шаге будет производиться отбор соединений с наилучшими свойствами, что позволит на основе исходного списка из нескольких тысяч соединений выбрать несколько кандидатов с оптимальным соотношением свойств. Начальный список соединений будет составлен путем извлечения из баз данных известных литий и натрийсодержащих соединений, а также дополнительно расширен вручную на основе литературных данных. Полученные в результате отбора наиболее перспективные защитные покрытия будут нанесены на известные твердые электролиты и испытаны в модельных электрохимических ячейках. Для более глубокого понимания механизмов переноса заряда для обнаруженных защитных покрытий будут проведены комплексные молекулярно-динамические исследования, с учетом влияния малоизученных факторов, таких как область пространственного заряда, динамика решетки и кооперативный перенос заряда.

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

№ 124112100033-4

Перспективные материалы для накопления и преобразования энергии, базирующиеся на спиновых и зарядовых степенях свободы

Проект ориентирован на разработку функциональных материалов, необходимых для создания накопителей и преобразователей энергии нового поколения – спиновых батареек. Конечная цель проекта – создание прототипа спиновой батарейки с демонстрацией функциональных свойств. Между новыми концепциями и идеями о создании и управлением спиновыми токами, о генерации спиновой электродвижущей силы и эффективными устройствами все еще лежит большой пробел в знаниях и накопленных экспериментальных данных. В рамках работы по проекту этот пробел будет заполнен благодаря синтезу тонкопленочных систем и объемных образцов, их комплексному исследованию широким набором экспериментальных методов, опоре на новые теоретические подходы. Объекты исследования включают двойные перовскиты, а также материалы на основе сложных оксидов, интерметаллидов на основе железа. Системы и гетероструктуры на основе этих материалов и их комбинаций могут обеспечить необходимые аномальные свойства, требуемые состояния (включая состояние спинового стекла) и нетривиальные топологические спиновые структуры, благоприятные для накопителей энергии нового типа. Объемные образцы будут использоваться для получения количественной информации о структурных, электронных и магнитных свойствах и об основных взаимодействиях. Будет использовано множество экспериментальных методов: дифракция и рефлектометрия на источниках синхротронного излучения, рентгеновская спектроскопия, нейтронные дифракция и рефлектометрия (в том числе и на пучках поляризованных нейтронов), электронная микроскопия, магнитно-резонансные методы, измерения макроскопических свойств. Будут привлечены теоретические и модельные подходы для изучения спиновых и зарядовых явлений, разработки новых материалов и гетероструктур для хранения энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА»

№ 124020600055-9

Разработка новых электродных материалов и исследование фундаментальных проблем переноса заряда и контактных явлений в функциональных слоях тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов

Проект направлен на получение новых знаний о зонной структуре полупроводниковых и композитных электродных материалов для тонкопленочных твердотельных литий-ионных материалов (ТТЛИА), механизмах переноса заряда в этих материалах и аккумуляторных структурах на их основе. При выполнении проекта будут решены задачи фундаментального и прикладного характера. В части фундаментальных задач будут выполнено экспериментальное исследование концентрации и подвижности носителей заряда, определена ширина запрещенной зоны и исследован варисторный эффект в нанокомпозите кремния, оксидах ванадия и кобальтите лития при разных уровнях литирования. Будут получены импеданс-спектры электродных материалов и построены их структурны модели, учитывающие вольтамперные характеристики контактов с токоотводами и зонную структуру электродов. Будет разработана математическая модель ТТЛИА, объясняющая экспериментальный закон Пейкерта. Будут изучены процессы переноса заряда в твердом электролите LiPON и определены его дрейфовая и диффузионная проводимости. В части решения прикладных задач будет разработана лабораторная технологи изготовления ТТЛИА с улучшенными характеристиками, в том числе безанодных ТТЛИА различных конструкций и электрохимических систем. Будут исследованы зарядно-разрядные характеристики ТТЛИА, их циклируемость и зависимость емкости от тока заряда. По итогам испытаний ТТЛИА будет подана заявка на патент РФ на техническое решение и способ его реализации.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.Г. ДЕМИДОВА»

№ 124061400012-7

Определение оптимального строения катион-анионной пары для низкотемпературных электролитов на основе водородосвязанных ионных жидкостей

Важной задачей, стоящей на пути к решению проблем энергоэффективной транспортировки и хранения энергии, является создание долговечных электрохимических элементов способных функционировать в диапазоне температур от -50 до +100 °С. Развитие технологии создания подобных элементов позволит существенно расширить область применения ионных элементов питания, суперконденсаторов и водородных топливных ячеек. Основным компонентом электрохимического элемента, ответственного за температурные характеристики и ионный транспорт, является электролит, а значит создание материала с оптимальными характеристиками для низкотемпературного электролита приобретает ключевое значение. Одним из перспективных решений данной проблемы является использование ионных жидкостей (ИЖ) с низкой температурой плавления [EnergyChem, 4 (2022), 100075]. При этом ИЖ могут также использоваться в качестве активной ион-проводящей среды в композитном электролите на основе твердых пористых сред (ИЖ@МОКП). Проведенное нами ранее систематическое исследование водородосвязанных ионных жидкостей позволило сформулировать ряд подходов, для целенаправленного подбора катион-анионной пары для создания низкотемпературных электролитов на основе ИЖ с оптимальными характеристиками (тип [J. Phys. Chem. Lett. 2023, 14, 4019−4025] и температурой фазового перехода [Angew. Chem. Int. Ed. 2019, 58, 2 – 11], создающих необходимые условия для ионного транспорта [Phys. Chem. Chem. Phys., 2022, 24, 6064–6071] и стабильности ионной пары [Chem. Eur. J. 2022, 28, e202200257]). Так, с помощью уникального по своей информативности метода 2Н ЯМР удалось показать, что достичь необходимого баланса межмолекулярных сил (сил кулоновского взаимодействия, дисперсионных сил, и водородных связей) можно направленным дизайном катион-анионной пары для водородосвязанных ИЖ. В рамках данного проекта предлагается реализовать новый синтетический подход для создания ионных жидкостей с оптимальными для низкотемпературных электролитов характеристиками на основе ассиметричного алкил- аммониевого и карбоксиалкил-пиридиниевого катионов с варьируемой длинной алкильной цепи и серии анионов образующих водородные связи средней и слабой силы - [(FSO2)2N-,(CF3SO2)2N-, (CF3)SO3-, BF4-], а также композитных электролитов ИЖ@МОКП на их основе. Асимметричное строение алкильной группы катиона позволит регулировать механизм фазового перехода жидкость-стекло, вариация длины одной из алкильных цепей позволит снизить температуру замерзания за счет усиления дисперсионного взаимодействия, а вариация аниона - настроить оптимальную силу связи в катион-анионной паре. Предлагаемый синтетический подход, в сочетании с данными о характере сил водородной связи, фазового поведения и молекулярного транспорта, позволит определить оптимальное строение ИЖ для создания низкотемпературного электролита. Основной задачей проекта является разработка и синтез серии ИЖ, композитных электролитов ИЖ@МОКП на их основе, анализ их динамического плавления (фазового поведения) и ионного транспорта, установление соответствующих соотношений структура-свойство. Для достижения направленного поиска оптимального строения катион-анионной пары, при помощи сочетания методов твердотельной 2Н ЯМР спектроскопии, ИК спектроскопии, моделирования методами квантовой химии, калориметрии для ИЖ каждого типа будет выявлен характер фазового перехода и молекулярного транспорта. Для наиболее оптимальных ИЖ будут синтезированы и характеризованы, в том числе как проводники, композиты ИЖ@МОКП. Новизна предлагаемого исследования связана с использованием направленного молекулярного дизайна для получения новых ИЖ с оптимальными для низкотемпературных электролитов характеристиками, а также систематическим подходом к изучению принципиально новых динамических явлений в ионных жидкостях, в том числе в области температур фазового перехода. Полученные данные послужат основой для создания электролитов, сохраняющих молекулярный транспорт при сверхнизких температурах.

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

№ 124020600004-7

Дизайн, синтез и исследование свойств новых материалов для преобразования/хранения энергии, распределенной энергетики и энергоэффективных технологий

Цель научного исследования – разработка новых сложнооксидных материалов, обладающих комплексом практически важных характеристик и установление основных закономерностей формирования свойств этих материалов. Исследование направлено на решение ряда фундаментальных задач, включая развитие методов синтеза новых соединений, ультрадисперсных, керамических и композиционных материалов на их основе, определение взаимосвязей особенностей строения и свойств полученных новых материалов на основе корреляций состава, структуры, характеристик электронного спектра, атомарных дефектов и функционального отклика, в том числе, раскрытие механизмов электро- и массопереноса, термодинамической стабильности и химической активации, установление иерархии процессов релаксации оптических и магнитных возбуждений, и, в конечном итоге, выявление возможностей практического применения разработанных материалов в устройствах распределённой и автономной энергетики, а также их использования в целях создания эффективных методов и технологий конверсии, аккумулирования и передачи различных видов энергии (химической, тепловой, механической и т.д.). Предлагаемый проект является комплексным и включает экспериментальную и теоретическую части. Модельными объектами проекта являются сложнооксидные гетеродесмические соединения, отличающиеся высокой изоморфной емкостью и широкими областями гомогенности. Сочетание экспериментальных и теоретических методов позволит установить взаимосвязь дефектной архитектуры и электронного строения, выявить размерно–энергетическое соответствие структурных элементов с кристаллической решеткой, определить факторы способствующие стабилизации дефектного состояния при вариациях состава и внешних термодинамических параметров, сформулировать кристалло-химические и энергетические критерии достижения высоких функциональных характеристик. В качестве основных методов изучения новых материалов будут применены экспериментальные и теоретические подходы, выработанные в химии твердого тела для исследования строения, термодинамических, электрофизических, транспортных, оптических и магнитных свойств соединений переменного состава. Основные задачи включают: 1. Развитие методов синтеза, фазовая, кристаллохимическая и структурная аттестация новых оксидных соединений, композитных и керамических материалов. Образцы будут получены на основе сочетания традиционных подходов (соосаждение, твердофазный синтез, золь-гель процесс, спрей-пиролиз и т.п.) и методов типа СВС с использованием органо-металлических прекурсоров. Данная стратегия позволяет получать высокодисперсные, в т.ч. наноразмерные, исключительно реакционноспособные порошки, достаточно просто управлять гранулометрией материала, что совершенно необходимо для таких приложений, как, например, твердотельные химические источники тока, лазерная керамики, токонесущая электрокерамика и др., и, что самое существенное, создаёт исключительные возможности для достижения предельной растворимости допантов в решётке матричного оксида, которую трудно достичь другими методами. Для нанесения материалов в виде покрытий предлагается применение таких методов, как спрей-пиролиз, электронная абляция и аэрозольно–ударное компактирование. Комплексная аттестация материалов будет выполнена с применением методов РФА, ДТА, СЭМ, ИК, КР, ЭПР, ФЛ, РФЭС, ЯМР, изучения удельной поверхности, пористости и гранулометрии, вольтамперометрии и магнитных измерений. Всесторонняя аттестация полученных материалов является необходимым пререквизитом для получения надёжных данных на дальнейших этапах исследования. 2. Исследование кристаллического строения новых оксидных соединений. Для исследований будут широко применяться методы порошковой рентгеновской и нейтронной дифракции в сочетании с полнопрофильным анализом полученных данных. Будет получен полный набор структурных параметров (координаты атомов, длины и углы связей, числа заполнения, тепловые факторы), определена их зависимость от состава. Для изучения мезоскопических дефектов, зернограничных и межфазных интерфейсов в сложных оксидных соединениях и керамических композитах планируется привлечение методов электронной микроскопии, электронной дифракции и локально-чувствительные спектральные методы. Данные об особенностях дальнего порядка и локальных неоднородностей необходимы для моделирования электронной структуры и развития модельных представлений для описания взаимосвязей кристаллохимического строения и функциональных свойств материалов. 3. Изучение параметров ионного и электронного транспорта методами измерения полного импеданса, электропроводности, термоэдс и чисел переноса с привлечением данных кислородной нестехиометрии. Определение кислородной нестехиометрии, как функции параметров газового окружения. Сопоставление данных транспортных измерений с результатами статистико-термодинамических расчётов и моделирования электронного спектра с целью определения особенностей структуры соединений, влияющих на стабильность кристаллической структуры и равновесие дефектов, механические свойства, электрохимическую активность, ионный и электронный транспорт. Результаты, полученные при решении задач данного раздела, необходимы для разработки твердотельных устройств и методов конверсии химической и тепловой энергии в электричество. 4. Изучение спектральных, оптических, магнитных и каталитических характеристик. Особое внимание будет уделено решению проблем конверсии УФ и ИК радиации в излучение видимого диапазона, управления цветностью материалов и поиску возможностей сочетания целевых оптических свойств в видимом и ИК диапазоне с аномальным рассеянием/поглощением радиоволнового излучения в СВЧ и терагерцевом диапазонах, созданию магнитоуправляемых, фото- и термоактивируемых каталитических редокс систем сплиттинга углеводородов, воды и водяного пара. Развитие проблематики раздела позволит предложить новые решения в области создания недорогих, устойчивых к внешним воздействиям покровных материалов, высокоэффективных люминофоров и катализаторов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124081600011-6

Разработка сверхконцентрированных электролитов для органических аккумуляторов

Создание и внедрение электрохимических энергозапасающих устройств является важной вехой на пути к реализации целей устойчивого развития. Ключевыми компонентами аккумуляторов и суперконденсаторов являются энергозапасающие материалы, в которых накапливается химическая энергия, и электролиты, обеспечивающие ионный транспорт, необходимый для преобразования этой химической энергии в электрическую. Дизайн ключевых компонентов энергозапасающих устройств — новых безопасных, экологичных и дешёвых

электролитов и активных материалов, обеспечивающих конкурентоспособные характеристики готовых аккумуляторов, является важной задачей для развития отрасли. Благодаря широкому диапазону потенциалов стабильности органические электролиты обеспечивают возможность создания аккумуляторов и суперконденсаторов с высоким рабочим напряжением, а значит, и запасаемой энергией. Однако органические растворители, входящие в состав таких электролитов, не являются ни экологичными (как при использовании, так и при утилизации), ни безопасными (о чём говорит статистика возгораний и сопутствующих экономических потерь). Поэтому предпринимаются попытки создания различных альтернативных электролитов на водной основе, в том числе сверхконцентрированных электролитов (или, иначе, электролитов типа “вода-в-соли”), которые позволяют миновать недостатки как традиционных водных электролитов (“соль-в-воде”) (малый диапазон напряжений, наличие побочных реакций, плохая совместимость с рядом материалов, склонных к гидролизу), так и органических (уже упомянутые пожароопасность и неэкологичность, токсичность, сложность работы при производстве и утилизации). Если для электролитов переход от органических электролитов к системам типа “вода-в-соли” приведет к увеличению экологичности и к простоте и дешевизне производства и утилизации устройств, для электродных материалов ситуация обратная. Неорганические материалы, традиционно использующиеся во всех типах аккумуляторов, содержат тяжелые металлы, требуют высокотемпературных методик синтеза для производства и сложных условий утилизации, и потому не удовлетворяют существующим запросам на экологичность и энергоэффективность производства аккумуляторов. В связи с этим стремительно развивается направление исследований, связанное с использованием в аккумуляторах органических электродных материалов, призванных заменить неорганические в ряде ниш, таких как гибкие и носимые устройства. Использование органических материалов исключает ряд перечисленных проблем: как правило, производство органических материалов менее затратна, а сырьё для их синтеза можно получить из возобновляемых источников. Более того, утилизация таких электродов несёт меньшие риски для окружающей среды. В данном проекте мы изучим возможность создания энергозапасающих устройств, объединяющих два направления исследований — органические электродные материалы и сверхконцентрированные электролиты. Несмотря на кажущуюся перспективность такой комбинации, подобные системы практически не изучены. Основной задачей данного проекта мы ставим непосредственно демонстрацию принципиальной возможности сочетания органического электродного материала и сверхконцентрированного электролита как компонентов аккумуляторов и/или гибридных суперконденсаторов. Сопутствующие задачи включают в себя дизайн как электролитов, так и электродных материалов, а также достижение наилучших функциональных характеристик устройств, включая удельную ёмкость и энергию, циклическую стабильность и скорость перезарядки. В результате выполнения проекта будет открыто новое направление создания эффективных и безопасных энергозапасающих устройств.

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

№ 124110200021-6

Разработка и освоение серийного производства ряда высокомощных литий-ионных цилиндрических аккумуляторов

Разработка, изготовление, проведение испытаний, освоение серийного производства типоряда высокомощных литий-ионных цилиндрических аккумуляторов с характеристиками емкостей от 1,4 до 42 Ач максимальными токами разряда от 5С до 10С. Аналоги: EXELLBATTERY IMR 26650, Samsung INR18650-25S, A123 APR18650m1.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

№ 124061000001-5

Разработка способа утилизации углекислого газа методом гидрирования в присутствии катализаторов на основе комплексных солей

В настоящее время в промышленности необходимы разработки с нулевым углеродным следом. Однако, к сожалению, таких технологий разработано крайне ограниченное количество. Поэтому востребованы способы снижения количества CO_2 в атмосфере. Также существует потребность в эффективных дешевых катализаторах российского производства. Особенно сильно необходимость импортозамещения наблюдается в сфере экологии, нефтепереработки и тонкого органического синтеза. Данная работа направлена на разработку эффективных катализаторов гидрирования CO_2, полученных путем термодеструкции двойных комплексных соединений 3d-металлов (ДКС). Ранее уже была показана эффективность подобного подхода для получения углерод-металлических композиций и катализаторов (например, окисления токсичных летучих органических соединений и CO для очистки воздуха; гидрирования CO для синтеза искусственного топлива и др.). Актуальность и важность решения проблемы поиска условий обработки ДКС связана с необходимостью внедрения в промышленность новых высокоактивных катализаторов отечественного производства с целью импортозамещения и снижения зависимости от иностранных производителей катализаторов. Изменение природы и строения центральных атомов и лигандов ДКС-прекурсоров позволяет изменить каталитическую активность продуктов деструкции [1]. Пористая структура и размер частиц продуктов, получаемых термолизом ДКС, может значительно отличаться от аналогичных по химическим и фазовым составам, полученных классическими методами [2], что, должно увеличить активность катализаторов на их основе. В ходе выполнения проекта будут разработаны новые способы синтеза и подготовки ДКС с получением целевых продуктов-прекурсоров катализаторов. На ход каталитического процесса влияет не только фазовый и химический состав катализатора, но и физическая структура катализатора. В рамках данного проекта впервые будет проведена разработка комплексного подхода к обработке ДКС: будет показана возможность гидротермального вскрытия ДКС и механическая обработка с последующей термодеструкцией. Использование термического анализа, совмещенное с ИК-анализом выделяющейся газовой фазы, впервые проведенное для подобных композиций позволит определить изменение качества и количества отходящих газов (это важно, так как при термолизе ДКС до половины содержащихся в составе цианогрупп выделяется в виде HCN). Также впервые будут рассчитаны и использованы для получения продуктов

термолиза в оптимальных условиях (время выдержки, скорость нагрева) термокинетические параметры деструкции ДКС. Отдельно впервые для исследуемых композиций будет комплексно изучено влияние наличия активации (повторное прокаливание перед катализом в токе H_2) на ход каталитического процесса и конечные целевые продукты. Таким образом, по результатам предлагаемых исследований, будут сформированы каталитические системы с заранее заданной структурой и составом для наиболее эффективной переработки CO_2.

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

№ 124022900010-9

Разработка способов получения и тестирования систем, позволяющих осуществлять синтез гидратов с максимальной скоростью и степенью превращения воды в гидрат для реализации газогидратных технологий транспорта и хранения природных газов, а также утилизации и захоронения парниковых газов

В ходе выполнения работы будут разработаны методики получения промоторов гидратообразвоания на основе природных веществ, например на основе соевого лецитина, аминокислот, биополимеров и др. Разрабатываемые промоторы гидратообразвоания будут тестироваться с целью определения индукционного периода, наличия и отсутствия вспенивания, скорости роста гидрата метана и других газов, при необходимости, уточнения равновесных условий гидратообразования. Кроме того, будет осуществлен анализ с целью сравнения разрабатываемых нами промоторов с теми, что разрабатываются в различных лабораториях России и мире. Помимо добавки промоторов, будет осуществлен подбор оптимальных термобарических условий для получения гидратов метана в присутствии промотирующей добавки гидратообразования с максимальной скоростью и степенью конверсии воды в гидрат. Для исследования заявленных параметров будут использоваться реакторы высокого давления объемом от 50 до 250 $см^3$ с использованием перемешивающих устройств и без них, синтез гидратов природных будет осуществляться в изохорных условиях, подобранных в соответствии с фазовыми диаграммами гидратообразования исследуемых газов, ориентировочно в диапазоне температур от +10 до -20°C. А также планируется провести тестовые запуски по исследованию процесса гидратообразования природного газа в присутствии промотирующих добавок в ректоре объемом порядка 20 л с целью масштабирования полученных ранее результатов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124052300068-3

Конверсия оксидов углерода на композитных MXene-содержащих фотокатализаторах под действием солнечного света

Современный тренд на снижение углеродного следа и одновременно растущее энергопотребление требуют создания новых или модернизации существующих систем производства энергии.

Реализация данной концепции включает развитие области применения возобновляемых источников энергии, снижение выбросов парниковых газов, повышение энергоэффективности процессов. Как известно, сжигание ископаемых видов топлива происходит с образованием оксидов углерода (COx), выброс которых в атмосферу приводит к её загрязнению, а также выводу углерода из энергетического цикла. Использование CO и CO_2 в производстве новых видов топлив позволит замкнуть углеродный цикл и будет способствовать решению проблем, связанных как с выбросами парниковых газов, так и с повышением спроса на энергоносители.

Традиционные каталитические технологии трансформации оксидов углерода требуют повышенных температур и давлений, что подразумевает значительные энергетические затраты на проведение данных процессов. Разработка и внедрение фотостимулированных процессов, протекающих под действием доступного и практически неисчерпаемого солнечного излучения, позволит значительно снизить затраты и углеродный след процессов восстановления COx.

Процесс гидрирования CO является основным способом получения жидких топлив (Gas-to-Liquid) в промышленности, позволяющий синтезировать высококачественные топлива и химикаты. Фотокаталитическое восстановление CO_2 с образованием спиртов и углеводородов также является перспективным процессом, имитирующим функцию природного фотосинтеза.

Основным фактором, сдерживающим практическое использование фотокаталитической конверсии COx, является отсутствие эффективных гетерогенных фотокатализаторов, функционирующих под действием солнечного света.

В значительной степени это обусловлено слабым поглощением фотокатализаторов излучения в видимой области, а также рекомбинацией фотогенерированных носителей зарядов. Создание композитных материалов на основе стабильных и безопасных материалов – диоксида титана и графитоподобного нитрида углерода, широко применяющихся в качестве фотокатализаторов, позволит решить вышеперечисленные проблемы.

Перспективными сокатализаторами являются 2D-структуры карбидов переходных металлов типа Mn+1Cn (n = 1, 2, 3), относящиеся к классу MXene, благодаря своим уникальным свойствам: большой площади удельной поверхности, высокой электропроводности, узкой ширине запрещенной зоны, а также возможности функционализации поверхности за счет введения терминальных групп (-OH, -F и др.).

Такие свойства обеспечивают повышение чувствительности композитного материала к видимому свету, увеличение времени жизни фотогенерированных зарядов и возможность функционализации материалов для настройки характеристик в зависимости от целевой реакции.

Таким образом, перспективным методом трансформации COx является каталитическое восстановление на MXene-содержащих катализаторах на основе TiO_2 и g-C_3N_4, стимулированное солнечным излучением. Если процессы фотокаталитического восстановления CO_2 довольно широко изучены, то фотокаталитическое гидрирование CO исследуется крайне редко, и подходы к направленному синтезу эффективных катализаторов не разработаны.

Данный проект нацелен на решение фундаментальной проблемы – разработку композитных катализаторов на основе TiO_2 и g-C_3N_4, модифицированных Ti_3C_2 и Mo_2C для эффективного проведения процессов восстановления CO и CO_2 с образованием спиртов и углеводородов в присутствии водорода или паров воды под действием солнечного излучения при температурах до 100°C и атмосферном давлении.

Систематический подход к изучению процессов с привлечением современных методов исследования реакций в режиме in situ/operando, а также комплексная характеризация

синтезированных материалов позволит сформулировать подходы направленного синтеза высокоэффективных материалов для трансформации оксида и диоксида углерода с одновременным запасанием солнечной энергии в виде химических связей.

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

№ 124031100029-1

Безметальные электрокатализаторы селективного восстановления диоксида углерода до C1-строительных блоков: кинетика, механизм и структурный дизайн катализаторов

Цель проекта: создание и исследование электрокаталитической активности у нового класса безметальных молекулярных электрокатализаторов на основе органических соединений, проявляющих «настраиваемую» селективность (во всех случаях выше 70%) в реакциях электрохимического восстановления диоксида углерода до CO, метанола, формальдегида, муравьиной кислоты и синтез-газа (CO + H2), со значениями TOF для всех процессов не ниже 1000 с-1. Актуальность проблемы, предлагаемой к решению: С началом индустриальной эпохи человечество для производства энергии и товарной продукции стало активно использовать ископаемое топливо – сначала уголь, а затем нефть и газ. Совместно с массовой вырубкой лесов это привело к накоплению парниковых газов в атмосфере. Концентрация углекислого газа в ней за последние 250 лет увеличилась на треть. Сегодня человечество «производит» около 25 млрд. т углекислого газа ежегодно, что приводит к глобальному изменению климата нашей планеты. Таким образом, перед человечеством возникла проблема антропогенного изменения климата, решить которую возможно только путем совместного снижения выбросов парниковых газов в атмосферу Земли с возможностью “извлекать” углекислый газ из атмосферы и переводить его в ценные продукты. Одним из способов решения задачи быстрой утилизации лишнего CO_2 является его использование в качестве строительного блока для синтеза различных органических соединений. Среди многочисленных подходов к использованию диоксида углерода в качестве C1-строительного блока, его электрокаталитическое восстановление представляет собой наиболее перспективный подход, поскольку позволяет получать такие продукты как CO (2e-), HCHO (4e-), CH_3OH (6e-) и CH_4 (8e-). Однако, высокое значение потенциала восстановления CO_2 (E0 = -1,97 В vs Ag/AgCl/KCl), а также низкая скорость его восстановления с неконтролируемой и низкой селективностью делает методы прямого электрохимического восстановления непригодными. Разработка эффективных каталитических систем способных к работе при низких значениях потенциала с высокой селективностью и скоростью является ключевой задачей для будущих электрохимических конверсионных технологий переработки CO_2. Но, несмотря на существенный прогресс, достигнутый в последние годы в этой области, практическое использование разработанных технологий по-прежнему весьма ограничено тем, что до сих пор не получено достаточно стабильных молекулярных катализаторов, сочетающих высокие фарадеевские выходы со значительными значениями TON и TOF. Проблемы, связанные с получением подобных катализаторов, включают сложность проведения многоэлектронного восстановления для получения конечного продукта, относительную инертность молекулы углекислого газа, а также пока недостаточное понимание принципов молекулярного дизайна таких катализаторов. В представленном проекте планируется изучить новый класс катализаторов процесса электрохимического восстановления диоксида углерода – органические гетероциклические соли, на основе акридина, пиридина, 2,2’-бипиридина и 2,2’:6’,2”-терпиридинов. Электрокаталитические системы на основе органических производных акридина, пиридина, 2,2’-бипиридина и 2,2’:6’,2”-терпиридинов, являются удобной “молекулярной платформой” для разработки электрокатализаторов нового поколения, они сочетают в себе все необходимые требования к электрокатализаторам нового поколения: они устойчивы (стабильны во времени), толерантны к большому числу химических соединений и каталитическим ядам (серосодержащих соединений, CO и др.), синтетически доступны, имеют высокую скорость переноса электрона и возможность тонкой настройки их целевого окислительно-восстановительного потенциала. Таким образом, разработка катализаторов нового поколения, для электрохимического “зеленых” процессов получения ценных органических веществ, является важной и актуальной задачей. Предполагаемые (ожидаемые) результаты: В результате выполнения проекта будет разработана концепция направленного синтеза электрокатализаторов на основе органических соединений, обладающих “заданным” набором необходимых характеристик, для реализации процессов селективного получения C_1 продуктов (метанол, формальдегид, муравьиная кислота, синтез - газ) из насыщенных растворов CO_2, с высокими фарадеевскими выходами и минимальными значениями перенапряжения потенциала. 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 сырье. 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»

№ 124052700010-8

Научные основы организации газогидратного хранения углекислого газа в неоднородных пористых коллекторах

В проекте предполагается провести фундаментальные исследования проблем, связанных с организацией газогидратного хранения углекислого газа в неоднородных пористых коллекторах. Для этого требуются математическое моделирование процесса образования газового гидрата в неоднородном пористом пласте и численные эксперименты. В проекте планируется модернизация имеющейся математической модели одномерного неизотермического течения газа в однородной пористой среде с учетом образования газогидратов. Важной и отличительной особенностью предлагаемого проекта является повышение размерности задачи, т.е. математическая модель будет рассматриваться в двумерном приближении. Планируется дополнительно учесть растворимость углекислого газа в воде, зональную неоднородность пласта, теплообмен рассматриваемой области пористой среды с окружающими горными породами, фильтрацию воды и газа. Предполагается выбрать и обосновать наилучший (с точки зрения подходящих

параметров пласта и параметров нагнетания диоксида углерода) режим работы нагнетательной скважины. Предлагаемые в проекте решения и планируемые результаты исследований должны обеспечить выработку обоснованных прогнозов и практических рекомендаций по организации подземного хранения газа, разработку эффективных методов решения задач неизотермического газожидкостного течения в пористых средах с учетом образования/разложения газовых гидратов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124061900029-0

Разработка и исследование гидратных технологий для утилизации, хранения и транспортировки диоксида углерода и углеводородных газов (природного газа, попутного нефтяного газа) для повышения эффективности процессов добычи углеводородного сырья и снижения выбросов в атмосферу

Целью научного исследования является разработка высокоэффективных и безопасных для человека и окружающей среды промоторов образования газовых гидратов для создания отечественных гидратных технологий хранения и транспортировки природного газа и утилизации диоксида углерода. Будет синтезирован ряд промоторов гидратообразования на основе амидосульфонатов алкенов различного строения, аминокислот, комплексонов и сахаров. Для них будут получены значения скорости нуклеации, конверсии газа в гидрат и эффективность самоконсервации. Будут отобраны лидерные соединения для следующего этапа работ, который включает получение данных по скорости разложения газовых гидратов при различных условиях; данных о влиянии состава газа на стабильность гидратов; данных по влиянию полученных соединений на разложение газовых гидратов при условиях их хранения и регазификации. На следующем этапе будут изучены особенности процесса регазификации искусственных газогидратов, полученных с использованием лучших разработанных промоторов, а также данные об осложнениях при регазификации гидратов, данные о процессе разложения гидратов при различных сценариях регазификации. Будут сформированы рекомендации по повторному использованию промотора в разрабатываемом цикле гидратной технологии, а также получены значение острой токсичности и класс опасности лучших промоторов; значения ХПК и БПК5, БПК14, БПК28 для лучших промоторов.

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

№ 124071600017-9

Разработка теории устойчивого зажигания и экологически эффективного сжигания газовых гидратов с целью снижения негативного воздействия энергетических установок на окружающую среду

Газовые гидраты представляют структуры, в которых молекулы газа заключены в кристаллической решетке льда, образуя при этом стабильные комплексы в условиях низкой температуры и высокого давления. В природе такие гидраты располагаются на морском дне и в арктических регионах. По подсчетам исследователей, объем природного газа, заключенный в залежах гидрата, составляет не менее 2·1016 м^3. Благодаря своей высокой плотности энергии природный газовый гидрат является перспективным источником энергии. В настоящее время добыча газа из гидратов является важной задачей в связи с исчерпаемостью традиционных ископаемых источников энергии. На сегодняшний день ведущие мировые научные центры активно исследуют методы добычи газа из гидратных коллекторов. Количество публикаций в данном направлении ежегодно растет. Метод добычи, подразумевающий собой вытеснение природного газа из гидрата двуокисью углерода, является очень перспективным с экономической и экологической точек зрения. Замена природного газа в гидрате двуокисью углерода позволяет обеспечить не только добычу газа, но и долгосрочное хранение двуокиси углерода в пласте гидрата, сохраняя при этом его стабильность. Однако в настоящее время данный метод является недостаточно проработанным для его практического применения. Ровно, как и технологии сжигания гидратного газа с низкосортными топливами и сепарации дымовых газов с помощью гидратных технологий, которые способствуют снижению вредных выбросов и поддержанию экологической и экономической устойчивости. Настоящий проект будет включать в себя совокупность элементов: запатентованные экспериментальные методики, стенды, гипотезы, результаты экспериментальных и теоретических исследований в виде видеограмм, кадров, зависимостей, полей и распределений основных характеристик процессов, безразмерных соотношений и комплексов, позволяющих обобщать полученные данные, масштабировать и переносить на разные по производительности установки.

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

№ 124100400203-5

Разработка CO_2-нейтральной технологии получения полифункциональных катализаторов на основе металлов с разной электроотрицательностью для СВЧ-пиролиза твердого органического сырья

Разработка суверенных ресурсоэффективных и углерод-нейтральных технологий, базирующихся на использовании возобновляемых источников энергии, и, в частности биомассы, является актуальной задачей в связи с необходимостью вовлечения этих потенциально неограниченных и восполняемых запасов в энергетическую деятельность и снижения воздействия на окружающую среду. Традиционные способы термической переработки характеризуются высоким энергопотреблением и наличием балласта в генерируемом газовом продукте, что нивелирует преимущества их использования. В этой связи всё большую популярность набирает СВЧ-переработка органического сырья, которая обеспечивает получение высококалорийных газовых смесей и жидких топлив. Однако не все известные виды биомассы пригодны для такой переработки, что обусловлено особенностями их органического и неорганического состава и взаимодействия с СВЧ-излучением. Для решения этой проблемы применяются различные катализаторы, в основном, из ферромагнитных металлов и их оксидов, получение которых осуществляется зачастую традиционными методами,

не позволяющими достичь углеродной нейтральности вследствие многостадийности, высоких временных и энергозатрат. В рамках проекта предлагается разработать научно-технические основы CO_2-нейтральной технологии получения дисперсных полифункциональных катализаторов на основе металлов с разной электроотрицательностью и их оксидов в импульсной плазме дугового разряда при использовании углекислого газа в качестве окислителя. Такой подход, как ожидается, позволит осуществлять получение требуемых катализаторов за счёт попутной утилизации части CO_2. Разложение CO_2 будет осуществляться при использовании импульсной плазменной технологии, обеспечивающей генерацию высоких давлений и температур, а также ударных волн, что позволяет значительно ослабить энергию связи молекул CO_2 и использовать их потенциал для окислительных реакций. Синтез и применение таких катализаторов на основе металлов с разной электроотрицательностью позволит не только осуществить выбор наилучших составов с позиции полифункционального воздействия непосредственно на процесс СВЧ-переработки (увеличение теплоты сгорания топливного газа, снижение общего энергопотребления, низкий выход CO_2), но и подобрать варианты композиций, которые дополнительно будут способствовать достижению общей CO_2-нейтральности подхода. Предложенное решение является принципиально новым с научной точки зрения, поскольку в литературных данных не обнаружены попытки получения дисперсных функциональных материалов, которые в дальнейшем могут быть использованы в качестве катализаторов СВЧ-пиролиза, при сопутствующей утилизации углекислого газа. Таким образом, в результате реализации проекта будут: 1) Разработаны научно-технические основы получения металлсодержащих дисперсных материалов в среде углекислого газа плазмодинамическим методом за счет использования электродных систем из металлов с разной электроотрицательностью (W, Cu, Fe, Ti, Al, Zr). 2) Получены полифункциональные катализаторы различного состава на основе металлсодержащих дисперсных материалов, синтезированных плазмодинамическим методом в среде углекислого газа, обеспечивающие повышение эффективности термической переработки органического сырья (снижение энергозатрат и увеличение выхода горючих газообразных компонентов) и снижение выхода CO_2; 3) Определены оптимальные составы катализаторов СВЧ-переработки органического сырья (в том числе гибридные металлсодержащие дисперсные материалы) с позиции обеспечения общей CO_2-нейтральности предлагаемого подхода. Решение указанных выше задач может создать весомый научный и технологический задел для перехода на углеродно-нейтральные технологии термической переработки органического сырья за счёт вовлечения собственных биоресурсов. Результаты проекта буду опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах (не менее 10 публикаций), а также будет подана 1 заявка на РИД.

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

№ 124110500001-5

Обоснование реализации проектов CCUS в РФ: критерии оценки гидрогеологических бассейнов, картирование и геохимические последствия захоронения CO_2 в различных геологических формациях. 2024 год

Проект направлен на создание в НГУ центра компетенций и базы данных федерального значения по объектам геологического хранения углекислого газа в осадочных бассейнах с различными гидрогеологическими условиями. Данная база будет являться основой развития проектов CCUS (Carbon Capture, Utilisation And Storage) в части долговременного хранения больших (десятки миллионов тонн в год) объемов CO_2. На предыдущих этапах проекта (2021-23 гг.) проведены выбор и теоретическое обоснование критериев регионального и зонального уровней, создана региональная карта перспектив хранения CO_2 на Проект направлен на создание в НГУ центра компетенций и базы данных федерального значения по объектам геологического хранения углекислого газа в осадочных бассейнах с различными гидрогеологическими условиями. Данная база будет являться основой развития проектов CCUS (Carbon Capture, Utilisation And Storage) в части долговременного хранения больших (десятки миллионов тонн в год) объемов CO_2. На предыдущих этапах проекта (2021-23 гг.) проведены выбор и теоретическое обоснование критериев регионального и зонального уровней, создана региональная карта перспектив хранения CO_2 на территории России, выполнен зональный прогноз Московского, Ленинградского артезианских бассейнов, Сахалинской гидрогеологической складчатой области и верхнеюрских отложений северных районов Новосибирской области. Разработка в НГУ технологии геологического хранения углекислого газа в осадочных бассейнах тесным образом связана с государственной политикой РФ по развитию Северного морского пути (Распоряжение Правительства РФ № 2115-р от 01.08.2022 и др.). Правительством утвержден план на период до 2035 года с общими объемами финансирования 1,8 трлн руб. В Арктическом секторе РФ ведется реализация проектов с концепцией низкого углеродного следа, что подразумевает оценку лицензионных участков и землеотводов хозяйствующих субъектов для размещения CO_2 в геологических формациях. Проект ранее софинансировался заказами НТЦ Газпромнефти и ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг». В рамках 4го этапа (2024 г.) планируется выполнить зональный прогноз: Печорского и Тазовско-Пурского артезианских бассейнов и меловых водоносных комплексов северных районов Новосибирской области для проектов геологического хранения углекислого газа. Будут продолжены работы по оценке емкости потенциальных объектов для захоронения CO_2 и численному физико-химическому моделированию взаимодействий в системе вода-порода-CO_2. Впервые в российской практике положено начало созданию гидрогеологических моделей, отражающих протекание реакций при закачке CO_2 в пласт с учетом реальных термобарических условий, геохимических особенностей пластовых вод и водорастворенных газов, минералогического состава коллектора и покрышки. Впервые будет выполнено моделирование размещения в пластах смеси CO_2 с другими газами. Реализация проекта делает НГУ центром компетенций федерального уровня по выявлению и систематизации геологических ловушек для хранения CO_2, что реализует новую для НГУ и университетов России модель университета как экспертного центра и владельца ключевой информации на новом рынке услуг управления углеродным следом предприятий и регионов. Значительный блок работ посвящен разработке основных и дополнительных образовательных программ для студентов, сотрудников предприятий и государственных структур.

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

№ 124112700051-2

Моделирование процесса захоронения CO_2 и биогенерации метана в угольных пластах

Изменение климата является одной из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкивается наша планета. Одним из главных парниковых газов является углекислый газ (CO_2). Для снижения выбросов CO_2 в атмосферу разрабатываются различные методы захоронения этого газа. Одним из таких методов является использование угольных пластов для захоронения CO_2 и биогенерации метана. Существует несколько методов и моделей, которые позволяют оценить процесс захоронения CO_2 в угольных пластах. Они учитывают различные параметры, такие как геологические характеристики пластов, физико-химические свойства CO_2 и др. Для биогенерации метана в угольных пластах также используются различные методы и модели, которые учитывают биологический состав пласта, условия присутствия метаногенных бактерий и др. Оценка точности и надежности этих моделей также зависит от конкретных условий. Однако, существуют ограничения и проблемы, связанные с использованием моделей, которые необходимо учитывать при их применении. Технологии моделирования процесса захоронения CO_2 и биогенерации метана в угольных пластах имеют большой потенциал для снижения выбросов парниковых газов и устойчивого развития энергетического сектора. Необходимо рассмотреть методы, которые позволяют интегрировать процессы захоронения CO_2 и биогенерации метана в угольных пластах. Также перспективным сейчас видится возможность добычи водорода из подземных месторождений богатых железом. Необходимо изучить мировой опыт в этом направлении и оценить перспективность этой технологии.

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

№ 124013000748-8

Разработка новых подходов к получению этилена и пропилена путем каталитического гидрирования смеси оксидов углерода

Стремление к устойчивому развитию диктует общемировую тенденцию к сокращению выброса парниковых газов и предотвращению глобального потепления и делает актуальными разработку и развитие экологически чистых процессов химической технологии, которые должны стать более рентабельными, энергоэффективными и ресурсосберегающими, чем ныне существующие. Утилизация CO_2 путем его конверсии в ценные продукты - одна из актуальных задач современной химической промышленности.

Для этой цели необходимы эффективные и селективные катализаторы, которые бы обеспечивали проведение процесса при умеренных температуре и давлении.

Оксиды со структурой перовскита (ABO3), обладающие комплексом уникальных физико-химических свойств, смешанной кислород-ионной и электронной проводимостью, благодаря высокой активности и термической стабильности, возможности регулирования свойств путем полного/частичного, изовалентного/неизовалентного замещения катионов A и B, а также низкой стоимости рассматривают как альтернативу традиционным катализаторам, содержащим благородные и переходные металлы, для многих промышленных процессов.

Проект направлен на создание технологии получения легких олефинов из смеси моно- и диоксида углерода в присутствии каталитических систем с перовскитоподобной структурой. Предварительные исследования подобных железо-кобальтовых катализаторов показали их высокую эффективность в углекислотой конверсии метана (соотношение получаемого синтез-газа близко к 1, селективность по водороду достигает 100%).

Поэтому основной целью проекта является разработка технологии и детальное изучения каталитического гидрирования смеси оксидов углерода в легкие олефины в присутствии сложных оксидов $GdFe1\text{-}xBx'O_3$ (B' – Co, Mn).

К задачам проекта относится оптимизация методики получения высокоэффективных и стабильных к дезактивации катализаторов на основе сложных перовскитоподобных оксидов с переходными металлами (Fe, Co, Mn) в качестве активной фазы.

В ходе выполнения проекта планируется систематически изучить свойства сложных оксидов, оценить влияние условий синтеза на степень кристаллизации, размер кристаллитов, кислородную стехиометрию/нестехиометрию, удельную поверхность и морфологию частиц, получить и оптимизировать каталитические характеристики в процессе гидрирования оксидов углерода.

Кроме того, планируется исследовать эволюцию структуры и свойств сложных оксидов в ходе каталитических испытаний, увеличение селективности по олефинам путем допирования атомами других металлов, их производительность, стойкость к зауглероживанию и возможность регенерации.

Предполагается также выявить влияние присутствия CO_2 в реакционной смеси CO и H_2 (в малых и эквимолярных количествах), скоростного и температурного режимов на селективность к целевым продуктам.

Проект одновременно решает проблему химической утилизации парниковых газов – крупнотоннажного побочного продукта промышленности и получение базовых продуктов химической промышленности, что отвечает требованиям устойчивого развития и принципам ресурсосбережения.

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

№ 124052100071-5

Разработка высокоэффективных каталитических систем для утилизации CO2 и H2, применительно к системам замкнутого цикла жизнеобеспечения

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет - 2030».

Цель проекта - теоретическое моделирование схемы утилизации газовых накоплений в замкнутых системах жизнеобеспечения на основании лабораторных данных по утилизации водорода взаимодействием с CO_2 на разработанных катализаторах.

Ожидаемые результаты:

1. Теоретическое обоснование схемы реализации утилизации водорода взаимодействием с CO_2;
2. Лабораторная методика получения каталитического материала для утилизации водорода взаимодействием с CO_2;
3. Результаты физико-химического анализа и оценка активности полученных катализаторов;
4. Результаты анализа каталитической активности лабораторных образцов катализаторов в реакции взаимодействия водорода с диоксидом углерода.

Разработанный катализатор и процесс с его участием

позволят смоделировать и усовершенствовать схему электрохимической регенерации воздуха (системы ЭХРВ) автономных аппаратов, в дальнейшем возможен перенос схемы в промышленные процессы утилизации парникового газа - диоксида углерода.

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

№ 124021600038-9

Фундаментальные аспекты технологий утилизации углерода в осадочных породах

Декарбонизация энергетических систем, одним из направлений которой является утилизация углерода, признана актуальной мировой научной проблемой. Недра Пермского края предоставляют многофункциональный полигон для захоронения углерода. Это связано с наличием в пределах его территории нефтяных коллекторов, угольных пластов ликвидированных шахт Кизеловского бассейна, мощных соляных отложений Верхнекамского месторождения, пригодных для строительства специальных хранилищ. В рамках предлагаемой тематики будут исследоваться возможности формирования хранилищ в осадочных отложениях, обеспечивающих безопасную и надежную (бессрочную) утилизацию CO_2 в различных фазовых состояниях: газовом, сжиженном, газогидратном. Целью исследования является понимание фундаментальных аспектов долгосрочной динамики газовых включений в осадочных породах и изучение условий их формирования на геологических масштабах времени. Данные научные проблемы будут рассматриваться с точки зрения оптимальных и безопасных подходов к долгосрочной подземной утилизации углекислого газа в морских донных отложениях и в геологических системах, связанных с нефтяными коллекторами, угольными пластами, соляными отложениями. Важен междисциплинарный подход: задачи моделирования хранилищ и процесса захоронения должны решаться с учетом фазовых превращений, растворимости и местных физико-химических процессов; например, будет учитываться влияние солей на устойчивость газогидрата и растворимость CO_2 в местном флюиде. На основе термодинамики и физической кинетики будут предложены или модифицированы математические модели, учитывающие геологическое параметрическое обеспечение и опыт решения практических задач в области горных наук.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124082400010-8

Инновационные катализаторы для утилизации углекислого газа и его превращение в ценные органические вещества в мягких условиях

Ожидается, что при нынешних темпах потребления нефтяные ресурсы, которые являются основой промышленной химии, будут исчерпаны в следующем столетии. В связи с этим в настоящее время активно ведется поиск новых химических процессов на основе биовозобновляемых ресурсов, таких как нетоксичный негорючий газ CO_2. В производстве данный газ считается «мусорным», поэтому его выбрасывают в атмосферу или утилизируют. Среди химических процессов утилизации CO_2 одним из самых простых является реакция присоединения CO_2 к эпоксидам, которая позволяет получать ценные органические вещества – циклические карбонаты и поликарбонаты. К сожалению, для ее промышленного использования из-за высокой термодинамической стабильности CO_2 необходимы катализаторы, имеющие низкую стоимость, не требующие высоких температур и давления газа, обеспечивающие высокую селективность и конверсию реакции и применимые к широкому кругу субстратов. В настоящем проекте такие катализаторы будут созданы на основе комплексов переходных металлов с доступными гетероциклическими лигандами. Широкие возможности их функционализации в сочетании с выбором подходящего противоиона позволят контролировать направление реакции присоединения CO_2 к эпоксидам, смещая ее в сторону образования циклического или полимерного продукта, а также ее обратимость. В ряде случаев это позволит отказаться от использования активаторов и обеспечить селективность образования циклического карбоната, в том числе из малоактивных симметричных эпоксидов. Систематическое исследование каталитической активности и селективности полученных комплексов в зависимости от природы лиганда, противоиона и иона переходного металла и условий реакции (температуры и давления) позволит подобрать катализатор селективного получения ценных органических веществ из углекислого газа с высокими выходами в мягких условиях (давление CO_2 1 атм., температура не выше 60 °C). При его нанесении на адсорбирующую подложку из силикагеля/алюмогеля будет разработан твердый высокоэффективный сорбент для промышленной утилизации CO_2, что приведет к значительному уменьшению выбросов CO_2 в атмосферу и удешевлению множество товаров народного потребления.

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

№ 124062400078-0

Разработка каталитических систем для утилизации парниковых газов

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030». Цель работы - разработка новых каталитических систем с повышенной каталитической активностью в процессах утилизации парниковых газов. В последние 10-15 лет, в области мировой науки и технологий каталитических процессов, интенсивно разрабатываются новые каталитические системы на основе d-металлов для утилизации парниковых газов. Комплексный подход в изучении процессов синтеза каталитических материалов позволит получать высокоэффективные каталитические системы, отвечающих требуемому уровню эффективности каталитических систем, ресурсосбережению и соответствию принципам «зеленой» химии для утилизации парниковых газов. Научным результатом проекта является установление влияния условий и способов синтеза на связи «состав-структура-свойство» и формирование новых подходов к синтезу каталитических систем на основе d-металлов Ti, Fe, Ni, Ag и др., отличающихся повышенной каталитической активностью в процессах утилизации парниковых газов. Применение комбинации из переходных металлов позволит добиться повышения каталитической активности за счет взаимодействия между собой компонентов системы. Выявление закономерностей фазообразования, формирования и организации структуры

является одной из основных задач проекта. Результаты проекта могут быть использованы для усовершенствования имеющихся коммерческих катализаторов и разработки получения принципиально новых каталитических материалов со стабильной каталитической активностью для утилизации парниковых газов.

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

№ 124111200105-0

Технология утилизации диоксида углерода для добычи метана из газогидратных месторождений

Проект посвящен разработке технологии утилизации диоксида углерода для добычи метана из газогидратных месторождений с использованием различных химических реагентов. В ходе реализации проекта планируется синтезировать широкий ряд химических реагентов, обладающих способностью промотировать/ингибировать образование гидратов метана/природного газа/углекислого газа. По результатам синтеза и тестирования полученных соединений будут отобраны соединения-лидеры, которые планируется в дальнейшем использовать в разработке самой технологии. Будут изучены особенности образования/разложения гидратов, перечисленных выше газов в присутствии/отсутствии данных соединений, а также особенности процессов замещения метана/природного газа на углекислый.

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

№ 124122800016-9

Физико-химические основы формирования и функционирования катализаторов и сорбентов на атомно-молекулярном уровне

Для успешной разработки промышленно-важных катализаторов и каталитических технологий и необходимо установление фундаментальных закономерностей целевых процессов на атомно-молекулярном уровне, включая процессы адсорбции, активации и превращения соответствующих веществ в присутствии катализаторов, а также формирования и эволюции самих катализаторов и их активных центров под действием реакционной среды. Исследования механизмов гомо- и гетерогенных каталитических реакций, природы активных центров и ключевых промежуточных соединений в сопоставлении с квантово-химическими расчетами обеспечивают научный фундамент, позволяющий осуществлять целенаправленный синтез и применение катализаторов в промышленно-важных процессах, таких как процессы превращения легких углеводородов в полезные химические продукты, каталитические реакции переноса водорода, безводородного гидрирования/гидрогенолиза, процессы получения ацетона, пропилена и акролеина, прямой конверсии метана в метанол, процессы парциального и глубокого окисления углеводородов, полимеризации олефинов и селективного окисления различных органических соединений. Каждый из перечисленных процессов нуждается в определенном типе катализаторов, которые характеризуются определенной структурой, морфологией, состоянием поверхности, строением каталитически активных центров, что подразумевает использование адекватных подходов и физических методов для их исследования. Ниже «широкими мазками» сформулирована актуальность проблемы по основным направлениям НИР настоящего проекта. Исследование и понимание механизмов гетерогенных реакций невозможно без ясных представлений о структуре поверхности катализатора, которая, в свою очередь, так или иначе определяется как объемной кристаллической и локальной структурой активного компонента, так и его микро(нано)структурой. Реальные нанесённые металлические катализаторы часто представляют из себя наночастицы металлов платиновой группы, нанесённые на пористый оксидный носитель. Их активность определяется рядом факторов, а именно состоянием частиц активного компонента, их размером и особенностями взаимодействия с поверхностью носителя, а также состоянием самого носителя. Наряду с активностью устойчивость к воздействию реакционной среды является важнейшей характеристикой катализатора. Для надежного установления параметров, определяющих активность катализатора, необходимо использовать режим in situ. Применительно к нанесенным металлическим катализаторам потеря активности из-за низкой устойчивости может происходить вследствие изменения химического состава активного компонента (переход металла в оксид или наоборот) и носителя, увеличения размера частиц активного компонента и ряда других параметров. Устойчивость катализатора во многом определяется характером взаимодействия частиц активного компонента с носителем, на который, в свою очередь, влияет наличие на поверхности носителя центров закрепления частиц металла. В этой связи модифицирование носителя введением на его поверхность атомов элементов, не входящих в основной состав носителя, может привести к созданию таких центров. Одним из наиболее информативных методов, характеризующих состояние поверхности, является метод РФЭС, а описывающих структуру катализатора – различные варианты электронной микроскопии. К сожалению, такая комбинация методов малоэффективна в отношении реальных пористых катализаторов из-за особенностей их строения и ограничений представленных методов. Перспективным направлением решения этой проблемы является использование планарных модельных образцов катализаторов, для которых носитель и активный компонент готовятся непосредственно перед исследованием с использованием методики вакуумного напыления. В этом случае появляется уникальная возможность получения новых данных о состоянии активного компонента и носителя, особенностях взаимодействия вдоль межфазной границы металл-носитель, структуре частиц металла и подложки, размерном эффекте и т.д. В случае металл-оксид-углеродных нанокомпозитных катализаторов для конструирования активных центров целесообразно применение компонентов, характеризующихся возможностью их формирования в высокодисперсной форме и способностью к сильному химическому взаимодействию металл-носитель (ВМН). Эффект ВМН при контакте наноразмерных частиц металлов и оксидов ответственен за образование локальных соединений различной размерности, обладающих принципиально новыми электронными, адсорбционными и каталитическими свойствами. Оксиды церия, титана, олова, марганца и т.д. (в отличие от оксидов алюминия, магния, кремния) могут обеспечить сильное взаимодействие с металлами с формированием различных локальных структур, вследствие чего происходит, как правило, максимальное диспергирование нанесенных металлов вплоть до атомарного (ионного) состояния, стабилизированного матрицей восстанавливаемого оксида. Однако атомарное состояние активного металла часто не является оптимальным с точки зрения каталитической активности, так как в случае фиксации изолированных ионов в матрице оксида теряется

индивидуальность платиновых металлов, в частности, их способность образовывать легко связанные состояния кислорода, необходимые, например, для эффективного низкотемпературного окисления. Для формирования ассоциированных и кластерных форм металлов (металлических и окисленных), требуется варьирование степени взаимодействия активный компонент-носитель, что можно осуществить путем модификации оксида ионами других металлов или использования дополнительного компонента-носителя. С этой целью целесообразно использование углеродных наноматериалов, которые могут обеспечивать сильное взаимодействие носителя с нанесенными активными компонентами. С помощью определенных модифицированных углеродных носителей можно промоделировать степень взаимодействия металлических и оксидных активных компонентов катализаторов, изменяя их состав, структуру и размерность от нано- до кластерного и атомарного уровня. Такой подход в применении углеродных наноматериалов для иммобилизации металл-оксидных структур позволит целенаправленно формировать необходимые активные центры и, соответственно, управляемым функциональными свойства катализаторов. Другим актуальным направлением проекта является изучение роли катализа в твердофазных превращениях, осуществляемых при разных видах механического воздействия, которые сегодня все больше привлекают для синтеза не только неорганических, но и органических соединений. Изучение роли катализа – одно из самых актуальных направлений современной механохимии. Как и другие каталитические реакции, механохимические реакции протекают на поверхностях раздела фаз – как на контактах частиц реагентов, так и на контакте реагентов с мелющими телами – шарами, стенками барабана, вальцами и др. Каталитическое действие могут оказывать в таких реакциях специально или непреднамеренно вводимые в систему добавки твердых и жидких веществ, газов, промежуточные или конечные продукты реакции (автокатализ), а также материал мелющих тел (как основной, так и примеси в основном материале). Без понимания протекающих процессов, природы катализа и автокатализа, а также фундаментальных механизмов механохимических реакций, значительная часть которых является каталитическими, невозможны контроль над этими превращениями, выбор оптимальных протоколов их проведения и масштабирование до промышленных объемов производства. Актуальность тех или иных химических процессов в настоящее время во многом связана с их экологической безопасностью и следованию принципам «зелёной химии», которые позволили бы обеспечить эффективное расходование ресурсов и устойчивое развитие общества. В последние 10-15 лет химические процессы и процессы формирования функциональных материалов в реакционных средах повышенной локальной плотности, включая суб- и сверхкритические флюиды, неоднократно демонстрировали уникальный практический потенциал и преимущества перед аналогичными процессами, реализуемыми в традиционных средах и реакционных условиях. Поэтому исследование на атомно-молекулярном уровне физико-химических особенностей и механизмов гетерогенных реакций, таких как реакции переноса водорода, безводородного гидрирования/гидрогенолиза, а также формирования и эволюции катализаторов в средах повышенной локальной плотности станет важной частью настоящего проекта. Высокую актуальность имеют работы по исследованию селективных каталитических превращения органических соединений, которые широко востребованы в технологических цепочках основного и тонкого органического синтеза, от переработки углеводородного сырья и нефтезаводских газов до синтеза сложных, в том числе биологически активных, соединений с высокой добавленной стоимостью. Например, процессы эпоксидирования и полимеризации лёгких олефинов являются крупнотоннажными промышленно значимыми процессами; с учётом наметившегося разворота к технологической независимости РФ большое значение приобретает создание каталитических систем, способных стереоселективно окислять C=C группы органических соединений с получением хиральных эпоксидов – ценных полупродуктов тонкого органического синтеза, востребованных в том числе в фармацевтической химии. Кроме того, в последние годы огромный интерес привлекают каталитические системы, позволяющие селективно замещать C-H группы (алифатические, ароматические) в органических соединениях на иные функциональные группы, преимущественно кислородсодержащие. Это связано с тем, что окисление определённых C-H групп сложных биологически активных органических молекул может приводить к драматическому изменению их биологической активности (фармакологических свойств). Таким образом, разработка новых высокоэффективных каталитических систем для процессов селективных превращений органических соединений является актуальной задачей. Важная часть проекта посвящена изучению реакций превращения легких углеводородов (C1-C4 алканы и C2-C4 олефины) на цеолитах, модифицированных различными переходными металлами (Ga, Zn, In, Cu, Ag, Fe, Zr, Ti и др.), которые лежат в основе переработки природного газа в полезные химические продукты. Установление механизмов активации и превращения легких углеводородов на металл-модифицированных цеолитах, а также выяснение природы активных центров, ответственных за селективное превращение углеводородов в целевые полезные продукты обеспечивают научный фундамент, позволяющий осуществлять целенаправленный синтез и применение цеолитных катализаторов в промышленно важных процессах переработки природного и нефтяного попутного газов. Наряду с цеолитами, интерес вызывает новый класс материалов, металлорганические каркасы (МОК), для которых была продемонстрирована возможность использования в катализе, транспортировке и хранении природного и парникового газов (метан, CO_2). Однако механизмы катализа и адсорбции для этих материалов являются не исследованными. Одним из подходов для решения вышеуказанных задач является характеристика подвижности (динамики) адсорбированных в поры МОК углеводородов и молекул-зондов. Анализ динамики позволяет характеризовать активные центры катализа, центры адсорбции легких углеводородов и парниковых газов и устанавливать механизмы реакций, протекающих в МОК и востребованных для практического применения.

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

№ 124052300079-9

Получение ценных средне - и малотоннажных продуктов из дешевого и доступного сырья современными каталитическими методами

Цель проекта – создание технологически рациональных и энергосберегающих каталитических методов получения ценных средне- и малотоннажных продуктов - алифатических и ароматических карбоновых кислот, циклических и линейных карбонатов, полимеров на их основе из дешевого и доступного нефтехимического сырья и CO_2.

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

№ 124122600054-3

Развитие методов синтеза и управления функциональными характеристиками наноразмерных материалов для решения задач экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики

Стремительный рост численности населения и повышение благосостояния стран приводят к наращиванию производственных мощностей и увеличению энергопотребления, которое становится индикатором развития мировой экономики. При этом усиливается нагрузка на окружающую среду, повышается риск дефицита энергоресурсов и возрастает экономический ущерб от природно-техногенных катастроф. Все эти изменения наблюдаются на фоне глобального потепления, которому способствует рост концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере за счет наращивания производств. Обеспокоенность высокими темпами изменения климата в рамках Рамочной конвенции ООН стало толчком принятия Парижского соглашения (2015 г.), регулирующего меры по снижению содержания CO_2 в атмосфере. Таким образом, остро встал вопрос модернизации мировой экономики за счет использования экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, прежде всего, в энергетике. Современный уровень потребления энергетических ресурсов обеспечивается за счет ископаемого углеводородного сырья, которое не всегда рационально используется. Повысить эффективность его переработки можно благодаря созданию конкурентоспособных технологий получения химически ценных продуктов с высокой добавочной стоимостью, а также инновационных материалов с заданными функциональными характеристиками. Кроме того, развитие ресурсосберегающих технологий позволит вовлекать в производство энергии высокотоксичные органические соединения, утилизация которых пока не нашла удовлетворительного решения. Тем не менее, повышение глубины переработки углеводородного сырья будет лишь опосредовано способствовать снижению углеродного следа. Следовательно, она должна реализовываться в сочетании с технологиями утилизации CO_2. Более радикальный подход состоит в изменении принципов потребления и генерации энергии, где главной альтернативой углеводородным энергоносителям выступает водород. Однако переход на этот экологически чистый энергоноситель требует решения ряда сложных задач, как его получения, так и длительного хранения без существенных потерь. Глобальная переориентация энергетики на экологически чистые и ресурсосберегающие технологии с целью снижения углеродного следа невозможна без разработки новых функциональных материалов с заданными свойствами. При этом появление на внутреннем рынке инновационной продукции позволит снизить зависимость российской экономики от импорта наукоемких товаров и экспортной направленности эксплуатации природных ресурсов, что соответствует Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Блок 1 Попутный нефтяной газ (ПНГ) пока остается маловостребованным продуктом нефтедобывающей отрасли, поэтому стоит вопрос разработки экологически ориентированных технологий его эффективной переработки, поскольку, традиционно, его сжигают на месте добычи. Это приводит к безвозвратной потере углеводородного сырья и увеличению углеродного следа нефтедобычи. Тем не менее, ПНГ востребован для получения широко круга химических соединений как базовых продуктов нефтехимического синтеза. В последнее время акцент исследований смещается и на получение из этого углеводородного сырья углеродных наноматериалов (УНМ), разнообразие форм и структуры которых определяется условиями их синтеза. Распространенным способом получения этих материалов является каталитический пиролиз углеводородов. Варьируя его условия можно синтезировать продукты с заданными свойствами, а функционализация поверхности и допирование позволяет адаптировать их к конкретным приложениям. Таким образом, разработка высокодисперсных катализаторов пиролиза углеводородов и выбор способов модификации УНМ остается актуальной задачей. При этом использование высокотоксичных хлорзамещенных углеводородов в качестве источника углерода позволяет рассматривать данный метод не только как подход получения функционализированных УНМ, но и как способ утилизации опасных загрязнителей. Следует отметить, что кроме УНМ продуктом пиролиза углеводородного сырья выступает водород, который рассматривается как альтернативный экологически чистый энергоноситель. Блок 2 Одной из форм УНМ являются многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ), которые характеризуются уникальным сочетанием механических, электропроводящих и оптических свойства, что позволяет создать на их основе сверхлегкие и сверхпрочные композиционные материалы. Мировое производство МУНТ растет со скоростью до 40% в год, и предполагается, что достигнет 80 тыс. т/год к 2040 г. В настоящий момент они уже востребованы, и доля их потребления будет ежегодно возрастать за счет применения как компонентов композитных материалов катодов и анодов литиевых батарей высокой емкости и мощности; армирующих добавок к электродам свинцовых аккумуляторов; токопроводящих полимеров; высокопрочных композитных полимерных материалов и армированных резин; углерод-углеродных композитных материалов; высокопрочных композитов для ракетной и аэрокосмической отраслей на основе волокнистых материалов; высокопрочных композитных материалов на основе металлов и керамик; суперконденсаторов; антиобрастающих покрытий морских судов; систем, отражающих и поглощающих электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн; лакокрасочных материалов с высокой стойкостью и эластичностью; трещиноустойчивых керамик и бетонов; смазочных материалов с улучшенными свойствами и др. материалов, в том числе для медико-биологических приложений. Следует отметить, что для каждой области применения МУНТ требуется свой специфический набор свойств, что определяется функциональными характеристиками катализаторов для их получения. Блок 3 Селективность и активность протекания каталитических процессов существенно зависит от дисперсности, структуры и электронного состояния активного компонента, а также природы функциональных групп на поверхности носителей. Так, переход к наноразмерным частицам оксидов металлов стал одним из инструментов управления реакционной способностью, адсорбционной емкостью и каталитической активностью. При этом варьировать функциональных характеристики можно за счет управления условиями синтеза. Среди многообразия методов приготовления высокодисперсных материалов аэрогельный подход представляет значительный интерес, поскольку позволяет получать материалы с высокими удельной поверхностью и пористостью. Эффективным способом стабилизации размера наночастиц оксидов при высоких температурах является создание на их поверхности покрытий, препятствующих непосредственному контакту оксидных наночастиц и их укрупнению. Оптимизация размеров активного металла и взаимодействия метал-оксид позволят получать катализаторы из благородных металлов с повышенной активностью и селективностью в различных каталитических процессах. Наноструктурированные углеродные материалы, в том числе углеродные ксерогели (УК), находят широкое применение в ряде адсорбционных, каталитических и электрохимических приложений. Биметаллические катализаторы на основе углеродных носителей могут использоваться в таких важных каталитических промышленных процессах, как гидрирование и дегидрирование. Большой интерес также представляет разработка способов приготовления материалов «металл/УК» с оптимальной пористостью и дисперсностью металла. Методы компьютерного анализа и машинного обучения (КАМО) актуальны благодаря возможности прогнозирования

свойств адсорбентов и катализаторов, что позволяет сократить длительность экспериментальной работы, а также дополнять и систематизировать данные экспериментов. Кроме того, развитие методов КАМО даст принципиально новый импульс для направленного регулирования адсорбционных, текстурных и каталитических свойств катализаторов. Блок 4 Одним из традиционных способов переработки CO_2 является его гидрирование на дешевых никелевых катализаторах. Их синтез осуществляется в несколько стадий с использованием растворителя, из которого необходимо выделить предшественник катализатора и в дальнейшем утилизировать. При этом длительность синтеза, его энерго- и ресурсоемкость можно существенно снизить за счет перехода на безрастворные методы приготовления катализаторов. Один из таких подходов можно успешно реализовать в режиме твердофазного горения органометаллических комплексов никеля, содержащих энергоемкие органические лиганды и анионы-окислители. При этом энергоемкие комплексы также можно приготовить без использования растворителей и дополнительно вести в их состав второй металл. Развитие работ по модифицированию никелевых катализаторов весьма актуально, т.к. направлено на предотвращение их быстрой дезактивации из-за зауглероживания и агломерации активного компонента, а также на повышение их активности в температурном диапазоне до 350 °С, где никелевые системы мало эффективны. Блок 5 В технологиях получения водорода как энергоносителя для экологичных мобильных энергоустановок на основе низкотемпературных топливных элементов с протонообменной мембраной твердым стабильным на воздухе борсодержащим гидридам ($NaBH_4$, NH_3BH_3, $(CH_2NH_2BH_3)_2$), как системам хранения водорода, уделяют особое внимание, поскольку процесс их каталитического гидролиза может обеспечить генерацию водорода при температурах окружающей среды при добавлении воды из разных природных источников. Этот процесс незаменим для обеспечения работы приборов в полевых условиях и пересеченной местности, когда доставка водорода осложнена массогабаритными характеристиками баллонов и проблемами безопасности. Катализатор крайне необходим для запуска газогенерации и является инструментом управления ее скоростью и температурой реакционной среды. На сегодняшний день наиболее актуальна разработка активных и стабильных катализаторов, не содержащих металлы платиновой группы. Опираясь на уже достигнутый уровень исследований в этой области, в предлагаемом проекте планируется осуществить фундаментальные и практически значимые работы, направленные на развитие методов управления функциональными характеристиками катализаторов для водородгенерирующих композиций с регулируемым и безопасным процессом генерации водорода.

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

№ 124060700002-8

Термо- и фотокаталитические превращения для конверсии диоксида углерода в низкоуглеродные авиационные топлива

Проект направлен на решение проблемы активации молекулы диоксида углерода и его гидрирования в оксигенаты в условиях термо- и фотокатализа с последующей их конверсией в жидкие углеводороды, пригодные для использования в качестве компонентов авиационных топлив. Для обеспечения высоких скоростей активации и превращения молекулы CO_2 в кислородсодержащие соединения, предполагается создание новых катализаторов гидрирования на основе носителей, содержащих полиароматические каркасы и аминные дендримеры, а также использование новых методов активации, в частности фотокатализа. Для получения углеводородов керосиновой фракции при конверсии оксигенатов предполагается создать новые катализаторы на основе узко- и среднепористых цеолитов и переходных металлов, изучить закономерности образования углеводородов и разработать научные основы для процесса получения низкоуглеродных керосинов из диоксида углерода. В рамках исследования предполагается определить оптимальные условия для сопряженных процессов термо- и фотовосстановления CO_2 и конверсии оксигенатов с получением углеводородов – компонентов авиакеросинов.

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

№ 124062500006-2

Гетероструктуры на основе переходных металлов (Fe, Co, Ni) и их оксидов для конверсии, в том числе фотостимулированной, диоксида углерода в метан

Глобальная тенденция к декарбонизации экономики и энергетических систем требует развития новых источников энергии. Кроме того, ежегодно увеличивающиеся выбросы парниковых газов, особенно CO_2, в результате сжигания ископаемого топлива приводят к выводу углерода из энергетического цикла. Перспективным методом решения этих проблем является каталитическая конверсия CO_2 в синтетическое топливо; так, например, процесс синтеза метана из CO_2 уже применяется в промышленности. Широкое распространение для метанирования CO_2 получили катализаторы на основе никеля из-за низкой стоимости металла. Однако такие катализаторы не обладают высокой активностью при низких температурах и разрушаются при высоких температурах. Поэтому разработка новых подходов к синтезу катализаторов для эффективной конверсии CO_2 в метан является актуальным направлением. С одной стороны, модифицируя активный компонент катализатора, например, добавляя другие металлы, и «настраивая» носитель, можно улучшить стабильность и активность катализатора. Другим подходом к повышению активности и стабильности катализатора является использование дополнительной стимуляции световой энергией для снижения температуры конверсии CO_2. Фотокаталитическое восстановление CO_2 под действием светового облучения может происходить при комнатной температуре и атмосферном давлении. Используя солнечный свет в качестве источника энергии, процесс синтеза метана из CO_2 одновременно позволяет возвращать углерод в энергетический цикл и запасать энергию солнечного света в виде энергии химических связей. Наиболее распространенным носителем активного компонента термокаталитической конверсии CO_2 является Al_2O_3, который, однако, является инертным материалом в фотокаталитических процессах. Его свойства можно улучшить путем модификации частично восстановленным оксидом графена rGO, который способен поглощать свет в видимой области, а также обладает высокой подвижностью носителей заряда и большой площадью поверхности. Данный проект направлен на разработку эффективных катализаторов на основе Ni, Fe и Co для фотостимулированной конверсии CO_2 в метан. Разработка тройных гетероструктур на основе переходных металлов, их оксидов (Fe_2O_3, NiO, Co_3O_4) и g-C_3N_4, rGO или rGO-модифицированного Al_2O_3 позволит

снизить температуру гидрирования CO_2 посредством использования солнечного света. Активность разработанных катализаторов будет изучена в восстановлении CO_2 до CH_4 в традиционных термокаталитических, фотокаталитических и фотостимулированных термокаталитических процессах. Впервые будет проведено комплексное исследование структуры, морфологии и химического состава с использованием методов изучения интермедиатов реакций и трансформации катализаторов в режиме in-situ/operando. Полученные результаты создадут научную основу для разработки высокоэффективного катализатора фотостимулированной конверсии CO_2 с одновременным накоплением солнечной энергии.

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

№ 124121000167-9

Кинетические исследования и разработка математического описания одностадийной конверсии диоксида углерода в алкиламины

Проект направлен на разработку научных основ одностадийного превращения диоксида углерода в алкиламины – ценные нефтехимические продукты. Исследования в области технологий переработки CO_2 в настоящее время приобретают все большую актуальность, поскольку их внедрение в промышленность позволит снизить углеродный след и увеличить количество продукции, производимой из неископаемого сырья. Алкиламины находят множество применений: в качестве растворителей, ингибиторов полимеризации, в производстве специальных химикатов, пестицидов, взрывчатых веществ и поверхностно-активных веществ. Существующие промышленные методы их производства многостадийны и экономически и энергетически затратны. Исследования в рамках Проекта направлены на разработку принципиально нового процесса прямой конверсии CO_2 в первичные амины путем их синтеза из CO_2-содержащих газов с добавками аммиака в качестве со-компонента через промежуточную стадию образования CO по обратной реакции водяного газа. Ранее не решенными конкретными задачами Проекта являются выявление основных закономерностей протекания процесса синтеза первичных аминов, изучение путей повышения селективности катализатора по целевым продуктам и разработка математического описания процесса для последующего создания основ отечественной технологии превращения малоценного широкодоступного сырья (CO_2) в экономически значимые товарные продукты. Полученные в рамках Проекта фундаментальные результаты в дальнейшем позволят создать экономически целесообразный процесс с замкнутым циклом по углероду и повысить уровень декарбонизации нефтегазовой отрасли.

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

№ 124112300003-5

Мембранное выделение диоксида углерода из газовых смесей и его переработка в плазме в ценные химические продукты

Целью проекта является разработка новых современных методов выделения диоксида углерода из технологических газовых потоков и его переработка в ценные продукты при помощи плазмохимических процессов. Задачи проекта: 1. Создание мембранных материалов и мембран для выделения CO из продуктов разложения CO_2, метана из продуктов его конверсии и CO_2 из дымовых газов; 2. Создание катализаторов и процессов получения CO и синтез-газа из CO_2.

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

4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

№ 124020900078-5

Устройства повышения качества электроэнергии интеллектуальных сетей электроснабжения на основе технологий твердотельного трансформатора

Бурное развитие цифровой экономики, систем хранения и генерирования энергии, переход к электротранспорту послужили причиной трансформации традиционных сетей электроснабжения в интеллектуальные электроэнергетические системы. Так как для интеллектуальной энергетики требуются совершено другие устройства для распределения и передачи электроэнергии, необходимо уделять повышенное внимание показателям качества электроэнергии. Актуальность решения обозначенной проблемы обуславливается “Энергетической стратегией России на период до 2030 года”, где приоритетными направлениями научно-технического прогресса в электроэнергетике выступают «Создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети – Smart Grid)» и «развитие силовой электроники и устройств на их основе, прежде всего, различного рода сетевых управляемых устройств (гибкие системы передачи переменного тока – FACTS)» Таким образом, для эффективного развития интеллектуальных сетей электроснабжения в России необходимо особое внимание уделять обеспечению высоких показателей качества электроэнергии. Обеспечение таких требований к интеллектуальным сетям невозможно без системного решения следующих задач: - создание нового оборудования силовой электроники, построенного на основе полупроводников с использованием принципов интеллектуальных сетей электроснабжения; - установка в сетях активных технических средств для обеспечения высоких показателей качества электроэнергии и создание на их основе адаптивной системы управления; - применение новых информационных технологий и быстродействующих вычислительных комплексов для контроля показателей качества электроэнергии и эффективного энергопотребления; - повышение эффективности использования энергоресурсов и энергосбережение; Научной новизной являются сама конструкция устройства повышения качества электроэнергии на основе технологии твердотельного трансформатора и алгоритмы работы системы управления полупроводниковыми модулями. Впервые будет реализована лабораторная установка, позволяющая имитировать, определять, анализировать искажения тока и напряжения, приводящие

к ухудшению показателей качества электроэнергии. Так же впервые будет реализовано устройство повышения качества электроэнергии на основе технологии твердотельного трансформатора. Аналогов таких устройств в России не имеется.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124042700014-7

Оптическая спектроскопия материалов для микро- и оптоэлектроники

Цель научных исследований заключается в решении актуальной задачи изучения и диагностики новых материалов и устройств для микроэлектроники, оптоэлектроники, интегрированной фотоники, солнечной энергетики. В настоящий момент Россия остро нуждается в новых материалах и технологиях для обеспечения научно-технического и производственного суверенитета. Для этого предлагается создать современную, оборудованную по последнему слову техники лабораторию с молодым и перспективным кадровым составом, работающей над прикладными задачами, стоящими перед химической, нефтегазовой, фармакологической и другими сферами промышленности. Основной упор в исследованиях планируется уделить исследованию, обработке и созданию методик контроля качества материалов для микроэлектроники и оптоэлектроники, а именно широкозонных полупроводников для радиационностойкой, термостойкой силовой электроники, полупроводниковых гетероструктур, высокочистых материалов на основе германия и кремния как для микроэлектроники, так и для солнечной энергетики, а также светодиодной и лазерной техники. Планируется создание неразрушающих оптических методик контроля заданных свойств исследуемых материалов, в том числе с применением нейросетевых алгоритмов, которые уже успешно применяются в лабораториях института. Это позволит в связке с заказчиками – производителями полупроводниковой техники устойчиво получать материалы с нужными для них параметрами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СПЕКТРОСКОПИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124052400013-2

Физические основы получения объёмных кристаллов, подложек и эпитаксиальных структур в системе β-(AlxGa1-x)2O_3 / β-(InxGa1-x)2O_3 / β-Ga2O_3

Проект направлен на решение актуальной научной проблемы по разработке и исследованию новых функциональных материалов и структур на основе оксида галлия (Ga_2O_3), перспективного широкозонного полупроводника, для приборов и устройств силовой электроники и фотоники следующего поколения. Для получения качественных объемных кристаллов, подложек, эпитаксиальных слоев и приборных структур на основе оксида галлия главной задачей является всестороннее исследование и отработка механизмов получения объёмных кристаллов, способов получения подложек из объёмных кристаллов и отработки механизмов формирования эпитаксиальных слоёв и приборных структур. Главным результатом выполнения проекта станет создание физических основ изготовления высококачественных объёмных кристаллов оксида галлия и двойных твёрдых растворов β-(AlxGa1 x)2O_3, β-(InxGa1-x)2O_3 с учётом механизмов формирования дефектов, внедрения и активации примесей, связи оптических, электрических, тепловых и механических свойств с механизмами роста кристаллов и эпитаксиальных слоёв.

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

№ 124101500427-1

Силовая электроника на основе карбида кремния

Комплексные исследования, направленные на разработку базовых технологий силовой электроники на основе карбида кремния: полевых транзисторов типа «металл-оксид-полупроводник» (далее – MOSFET) и диодов интегрированных диодов с барьером Шоттки (далее – JBS), включая технологию газофазной эпитаксии карбида кремния и пострostовые технологии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)»

№ 124103100016-5

Разработка типоряда силовых полупроводниковых модулей

Интеллектуальные силовые модули являются основой преобразователей параметров электрической энергии, применяемых в электроприводе, электротехнологических установках, источниках питания различного назначения. Проект направлен на разработку типоряда интеллектуальных силовых модулей на основе IGBT-транзисторов (на номинальный ток – 50, 100, 200 А; номинальное напряжение - 1200 В).

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 124121300082-2

Разработка аппаратно-программного комплекса для определения параметров тиристоров при электрических переходных процессах включения при повышенной скорости нарастания тока в открытом состоянии

Предлагаемый проект посвящен разработке и созданию оборудования для использования в технологическом процессе производства частотно-импульсных тиристоров нового типа. Целью проекта является разработка аппаратно-программного комплекса (АПК) для определения параметров и характеристик электрических переходных

процессов включения частотно-импульсных тиристоров в условиях включения с повышенной скоростью нарастания тока в открытом состоянии. Основные задачи, которые планируется решить в рамках проекта: – разработка ТЗ на аппаратно-программный комплекс; – разработка структурной и электрических схем устройств, составляющих АПК; – моделирование переходных процессов включения в быстродействующих частотно-импульсных тиристорах и в электрических цепях формирования испытательных режимов; – разработка эскизной КД на макет АПК; – изготовление макета АПК; – испытания работоспособности макета АПК с применением в испытательном режиме быстродействующих частотно-импульсных тиристоров; – проведение патентных исследований по разрабатываемой тематике; – подготовка научно-технического отчета по НИР. Мощные устройства силовой электроники реализуются на основе силовых тиристоров, которые используются в них в различных групповых соединениях. При этом для повышения помехоустойчивости тиристоров параллельно им подключаются демпфирующие RC-цепи. Эксплуатация таких приборов ведётся на различных частотах от 50 Гц до единиц кГц. Это предопределяет включение тиристоров в режимах с повышенной скоростью нарастания тока в открытом состоянии. Необходимо отметить, что процесс включения силовых тиристоров при воздействии импульса тока управления всегда осуществляется в так называемой области первоначального включения (ОПВ). ОПВ под воздействием импульса тока управления формируется в области регенеративного управляющего электрода, что обуславливает повышенные электрические, а соответственно, тепловые потери в ней при включении с повышенными значениями скорости тока в открытом состоянии, которые характерны для высокочастотных режимов включения и при разряде демпфирующей RC-цепи. Это предопределяет возникновение в ОПВ различного рода деградационных изменений полупроводниковой структуры тиристоров, что повышает вероятность возникновения отказов тиристоров при эксплуатации в устройствах силовой электроники. Необходимо отметить, что по статистике примерно 50% катастрофических отказов силовых тиристоров в устройствах силовой электроники при эксплуатации обусловлены деградационными процессами, возникающими в ОПВ, что вызывает необходимость проведения разработки оптимальной топологии управляющей части тиристоров, а также создания специального АПК, предназначенного для определения качества выпускаемых тиристоров по определённым параметрам электрического режима включения.

Разработка оптимальной по размерам топологии регенеративного управляющего электрода и шунтировки катодного эмиттера для минимизации электрических и, соответственно, тепловых потерь, позволяет создать тиристоры, способные эксплуатироваться в режимах с повышенной скоростью нарастания тока в открытом состоянии при включении, которые будут обладать высокой надёжностью при эксплуатации. Определение электрических параметров и характеристик включения тиристоров представляет собой эффективный способ контроля качества разрабатываемых тиристоров. Такие параметры и характеристики можно определить как в процессе моделирования с использованием специальных пакетов программ, так и с помощью измерительной аппаратуры. Точное воспроизведение процесса включения при моделировании ограничивается неоднородностью полупроводниковой структуры и трехмерной природой этого процесса. Результаты моделирования, позволяют оптимизировать структуру регенеративного управляющего перехода и оценить оптимальную величину шунтов эмиттерного перехода с целью минимизации электрических и тепловых потерь в управляющей области тиристоров. Физическое определение электрических параметров и характеристик включения даёт действительную картину о динамических свойствах тиристора при включении в режимах с повышенной скоростью нарастания тока в открытом состоянии, которые характерны для различных режимов эксплуатации в устройствах силовой электроники. Измерение времён задержки, нарастания и включения, определение по временным электрическим характеристикам тока и напряжения в открытом состоянии характеристик мощности и энергии потерь в области первоначального включения регенеративного управляющего электрода и далее при распространении включённого состояния позволяет косвенно судить о площади начального включения тиристора, а значит о степени его надёжности в эксплуатации при высоких скоростях нарастания тока в открытом состоянии. АПК предназначен именно для этих целей. Актуальность проекта обусловлена тем, что аппаратура, аналогичная АПК серийно не выпускается в России. Число организаций и предприятий, способных на проведение подобных работ крайне ограничено. С одной стороны, это объясняется схемотехнической сложностью таких комплексов, а с другой, отсутствием опыта разработки подобных АПК и компьютерного моделирования электрических и тепловых процессов в тиристорной структуре. Заказы импортного оборудования подобного класса в силу известных причин сегодня невозможны. Однако необходимость в АПК существует, так как высокочастотные разрабатываемые тиристоры уверенно занимают свою нишу на рынке силовых полупроводниковых приборов, с перспективой её расширения. Научная новизна проекта состоит в том, что впервые поставлена задача разработки АПК, обладающего характеристиками, выгодно отличающими его от аппаратуры аналогичного назначения. К ним можно отнести: комплексное измерение характеристик включения и энергии потерь при включении в режимах с высокими скоростями изменения анодного тока, а также разработка регулируемого по амплитуде генератора анодного тока с улучшенными энергетическими характеристиками, определяемыми минимально возможными затратами энергии на одно измерение параметров.

При этом впервые будет проведена разработка оптимальной с точки зрения минимизации потерь в ОПВ топологии сложной конструкции регенеративного управляющего электрода и шунтировки катодного эмиттера тиристора на основе моделирования в программной среде TCAD.

Результаты выполнения проекта могут быть использованы как при разработке новых типов высокочастотных импульсных тиристоров для корректировки их конструкций и технологического процесса в нужном направлении, так и для подбора групп тиристоров с требуемыми динамическими параметрами и повышенной надежностью при эксплуатации в режимах с высокой скоростью нарастания тока в открытом состоянии, а также для отбраковки потенциально ненадёжных приборов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

№ 124121900014-7

Разработка устройств силовой электроники, систем управления и программного обеспечения для применения в энергетических установках

Целью работы является разработка и исследование экспериментального образца модуля статического преобразователя (ЭО МСП) для применения в составе СНЭЭ зарядной инфраструктуры электротранспорта с возможностью применения в качестве:

- одного ЭО МСП в составе статического преобразователя

(СП) совместно с соответствующей аккумуляторной батареей (далее АКБ) и модулем быстродействующего статического переключателя;

- 2…4 параллельно работающих ЭО МСП в составе одной преобразовательной системы (ПС).

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

№ 124122800031-2

Разработка фундаментальных основ и научно обоснованных технических решений по повышению энергетической эффективности автономных инверторов напряжения на основе метода предварительно запрограммированной широтно-импульсной модуляции с удалением выделенных гармоник

Использование силовых полупроводниковых преобразователей на основе автономных инверторов напряжения (АИН) в области электротранспорта, возобновляемых источников энергии, системах электроснабжения и промышленности в последние годы значительно расширилось. Для эффективного преобразования постоянного тока в переменный требуется разработка новых и совершенствование уже используемых алгоритмов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) силовых полупроводниковых преобразователей, при этом формы преобразованных сигналов напряжений и токов должны соответствовать требуемым стандартам качества электроэнергии. Исследования в данной области связаны с решением научной проблемы силовой преобразовательной техники, которой является поиск условий преобразования мощности силовыми полупроводниковыми преобразователями при достижении оптимальных соотношений электрических потерь и показателей качества преобразованной электроэнергии. Существующие знания о новых алгоритмах ШИМ, к которым относится предварительно запрограммированная ШИМ с удалением выделенных гармоник (ПЗШИМ с УВГ), недостаточны для формирования основ их использования при решении задач повышения эффективности функционирования систем силовой преобразовательной техники. Научная новизна проекта заключается в разработке и исследовании способа повышения эффективности функционирования АИН в статических режимах работы и режиме сверхмодуляции с помощью алгоритмов ПЗШИМ с УВГ. В рамках реализации проекта будут разработаны математические модели для изучения закономерностей в получении необходимых показателей качества и количества преобразованной энергии АИН при использовании алгоритмов ПЗШИМ с УВГ, а также проведены экспериментальные исследования на лабораторном оборудовании для подтверждения их работоспособности и адекватности. Исследования в данной области положительно отразятся на научном уровне теоретических и прикладных исследований, направленных на повышение эффективности функционирования и проектирования систем силовой электроники. В результате применения метода ПЗШИМ с УВГ для управления АИН будут значительно улучшены показателей качества преобразованной электроэнергии и его энергетические характеристики.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

№ 124123100048-4

Разработка передовых оксидных материалов с особыми магнитными, электрическими и тепловыми свойствами для импортозамещающего производства компонентов электронной техники

На сегодняшний день высокая доля рынка качественных электронных компонентов силовой электроники в РФ занята зарубежными производителями. Прикладные научные исследования в области разработки материалов из отечественного сырья для изготовления компонентов электронной техники силового назначения являются необходимыми для формирования отечественной электронной компонентной базы. Одними из наиболее востребованных материалов в этой области техники на отечественном рынке являются: - магнитомягкие силовые марганец-цинковые ферриты, применяемые для изготовления магнитопроводов трансформаторов работающих в сильных магнитных полях при частотах переменного тока до 500 кГц; - нитрид алюминия, применяемый для изготовления теплопроводных подложек интегральных схем энергоэффективных приборов; - алюминаты, применяемые для изготовления люминофоров с высокой длительностью послесвечения, конденсаторов. Одной из главных проблем при изготовлении материалов в отмеченных областях является высокая чувствительность их функциональных свойств к небольшим изменениям микроструктуры, химического и фазового составов, что требует комплексного подхода к исследованиям и высокого качества исходного сырья. С учетом возрастающих требований производителей электроники к качеству и объему выпуска ферритовых сердечников и керамических подложек интегральных схем критически необходимы дополнительные научные исследования прикладного характера, выполняемые с привлечением современного аналитического и технологического оборудования. Основное направление проекта заключается в разработке указанных выше материалов с применением отечественного сырья.

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

5. Водородная энергетика

5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз

№ 124020700089-3

Развитие методов численного моделирования и прогнозирования свойств новых соединений и материалов, создание цифровых двойников процессов и технологий их получения

Исследования в рамках данной темы будут вестись по шести направлениям:

1. Функционализация молекулярных магнетиков в ферромагнитных и сверхпроводящих композитах.

2. Квантово-химическое моделирование сенсоров для обнаружения молекул водорода и кислорода на основе наночастиц, образованных кластерами оксидов переходных металлов.

3. Квантово-химические исследования процесса каталитического синтеза аммиака.

4. Экспериментальное исследование и компьютерное моделирование закономерностей и физико-химических механизмов изменения микроструктуры сплавов на основе титана и тугоплавких металлов при ударно-волновом воздействии импульсными лазерными и ионными пучками.

5. Создание «цифровой модели» реактора матричной конверсии углеводородных газов в водородсодержащий газ.

6. Развитие методов математического моделирования структурных особенностей и динамики образования свойств металлополимерных материалов в процессе их получения.

Основные цели исследования:

1. Разработка моделей и программных средств для моделирования распределения магнитных полей и частот спиновой релаксации комплексов молекулярных магнитов в композитах с ферромагнитными микро- и наночастицами, а также в экспериментальной проверке прогнозируемых свойств таких композитов, предназначенных для создания частотных регистров с записываемыми внутренними магнитными полями и частотами релаксации.

2. Поиск наночастиц оксидов переходных металлов, которые изменяют магнитный момент при взаимодействии с определенными молекулами, поскольку они могут служить в качестве сенсоров для обнаружения данных молекул.

3. Разработка субнаноразмерных катализаторов с высокой удельной площадью поверхности и альтернативными путями реакции, которые способны обойти традиционные каталитические ограничения в процессе синтеза аммиака.

4. На примере сплавов на основе титана и тугоплавких металлов провести комплексное теоретико-экспериментальное исследование закономерностей и физико-химических механизмов формирования и эволюции структурно-фазового состояния и свойств приповерхностных слоев изучаемых сплавов при ударно-волновом воздействии лазерными пучками нано- и фемтосекундной длительности, в том числе в сочетании с обработкой мощными ионными пучками.

5. Создание программы для оптимизационного моделирования работы реактора матричной конверсии углеводородных газов в водородсодержащий газ, экспериментальная проверка созданной «цифровой модели» и исследования существующих и проектируемых реакторов в расчетных и нерасчетных (аварийных) режимах работы. 6. Разработка удобных средств математического моделирования получения сложных композиционных материалов на основе металлополимеров с прогнозируемыми характеристиками.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124022900078-9

Понимание кинетики фотоэлектрокаталитических реакций на основе in-situ диагностики методами синхротронного излучения и искусственного интеллекта

Настоящий проект предполагает синергетическое объединение методов in-situ измерений спектров рентгеновского поглощения (XAFS) с микросекундным разрешением на источниках синхротронного излучения с технологиями искусственного интеллекта (глубокого машинного обучения) для разработки новой комплексной методики диагностики динамических процессов фотоэлектрокаталитического разложения воды и восстановления углекислого газа (CO_2).

Будут также разработаны контролируемые методы получения высокоэффективных фотоэлектрокатализаторов. Путем скрининга больших данных (спектров XAFS с высоким временным разрешением), а также их анализа в режиме реального времени на основе алгоритмов машинного обучения будут определены структурные модели фотокаталитических реакций, которые могут обеспечить фундамент для исследований в области дизайна новых каталитических систем, их целенаправленного синтеза и оптимизации параметров каталитических процессов для «зеленых» технологий преобразования энергии, в том числе для развития водородной энергетики.

Актуальность проекта определяется в первую очередь тем, что в условиях глобального энергетического кризиса и проблем загрязнения окружающей среды экологически чистые и устойчивые пути преобразования энергии стали насущной необходимостью для развития человеческого общества.

Фотоэлектролиз воды для производства водорода и фотоэлектровосстановление CO_2 за счет солнечной и электрической энергии привлекают все большее внимание как идеальные способы удовлетворения потребности в чистой энергии.

Новизна проекта определяется тем, что в нем за счет объединения двух международных групп занимающих лидерские позиции в своих областях на глобальном научном ландшафте будет разработана уникальная интеллектуальная платформа для in-situ диагностики параметров 3D наноразмерной локальной атомной и электронной структур (координационные числа, длины химических связей, углы химических связей степени окисления) на источнике синхротронного излучения под управлением технологий искусственного интеллекта (глубокое машинное обучение) для исследования с высоким временным разрешением (вплоть до микросекунд) фотоэлектрокаталитических процессов перспективных для развития «зеленых» технологий преобразования энергии, в том числе для фотоэлектрокаталитического расщепления воды.

Исследовательские компетенции обеих международных научных групп удачно взаимодополняют друг друга, обеспечивая как экспериментальное, так и теоретическое понимание фундаментальных взаимосвязей между наноструктурой катализатора и фотокаталитической

активностью.

Исследования также позволят детально разработать модели процессов в ходе фотокаталитических реакций, что обеспечит фундамент для дизайна следующего поколения фотоэлектро-нанокатализаторов на основе прогнозирования оптимальных параметров их 3D структуры, учитывая требуемые характеристики их каталитической активности.

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

№ 124031100057-4

Разработка наноструктурированных функциональных материалов для процессов получения и преобразования возобновляемого водорода

Ускоряющийся рост энергоемких технологий и других энергетических потребностей человечества, вызывает необходимость активной разработки новых процессов и материалов для получения и преобразования водорода (H_2) с целью получения чистой и безопасной энергии. При этом в связи с экологическими проблемами критически важно, чтобы водород и топливо на его основе были получены из возобновляемых источников. В случае риформинга водно-органических смесей, это условие соблюдается и процесс может быть реализован как в классическом каталитическом исполнении (паровой и/или воднофазный риформинг), так и фото-/электрокаталитическом. Ключевой проблемой в этом направлении является разработка новых каталитических материалов с высокой активностью и стабильностью работы в широком температурном и временном интервале. Стоит отметить, что более экологичный и широко распространенный метод электролиза воды в свою очередь имеет существенный недостаток – высокую удельную стоимость произведенного водорода, которая существенно ограничивает его использование в широкомасштабном производстве H_2. С другой стороны, важнейшей задачей является последующее преобразование полученного возобновляемого водорода с максимальной эффективностью и экологичностью. Этим критериям отвечают топливные элементы, в том числе твердооксидные топливные элементы, преобразующие энергию химической связи в электрическую энергию. Среди последних наибольший интерес в настоящий момент связан со среднетемпературными топливными элементами, обладающими высоким потенциалом практического использования. Однако в этом направлении остается нерешенной проблема разработки эффективных протон-проводящих электролитов, а также материалов катода и анода топливного элемента, которые требуют активных исследований и широких поисковых работ. В рамках данной научно-исследовательской работы для получения водорода предлагается комплекс каталитических подходов, которые основаны на преобразовании продуктов переработки биомассы, таких как спирты и углеводы, с использованием процессов парового и воднофазного риформинга, фотокаталитического риформинга, а также электрокаталитического выделения водорода из водных растворов указанных выше веществ. В отличие от «классических» методов получения водорода, все предлагаемые подходы базируются на процессах с так называемым нулевым углеродным циклом, то есть не приводят к выбросу в атмосферу дополнительных количеств оксидов углерода и являются экологичными. С другой стороны, в качестве исходного сырья используются доступные и дешевые продукты переработки биомассы, что позволяет в перспективе рассчитывать на дальнейшее практическое развитие данных подходов. В области поиска и разработки материалов среднетемпературных топливных элементов и катализаторов окисления водорода основное внимание будет уделено разработке перовскитоподобных оксидов на основе рассеянных и редкоземельных элементов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124041700008-9

Структурированные микроволокнистые катализаторы новых геометрических форм и сорбционно-каталитические процессы одностадийного производства водорода на их основе

Актуальной задачей в области водородной энергетики является производство водорода из углеводородного и органического сырья, в том числе углеводородных отходов и нетрадиционных типов сырья, для нужд химической промышленности и экологически чистой энергетики. Важным фактором в этой области является использование природного газа или возобновляемых органических топлив, таких как биоэтанол. Главными критериями успешной технологии производства водорода являются низкие капитальные и энергетические затраты, высокая чистота водорода, особенно в отношении оксидов углерода. Технологический прорыв в этой сфере может быть достигнут за счет применения сорбционно-каталитического подхода, в котором сорбция диоксида углерода непосредственно в зоне реакции позволяет обеспечить эффективный сдвиг равновесия в сторону образования водорода и таким образом получать практически чистый водород с минимальным содержанием оксидов углерода в одну технологическую стадию. Наиболее эффективным вариантом такой технологии является процесс с регенерацией хемосорбента в суперадиабатической тепловой волне. Однако, при реализации этого процесса на традиционных гранулированных катализаторах и хемосорбентах возникает ряд существенных проблем, негативно влияющих на эффективность технологии: сложности равномерного распределения гранул катализатора и сорбента по объему слоя, низкая эффективность тепло- и массообмена в таких комбинированных слоях, непригодность традиционных катализаторов парового риформинга для осуществления реакций глубокого окисления. Существенный прогресс в этой области может быть достигнут за счет применения микроволокнистых катализаторов новых геометрических форм с многоуровневым пространственным структурированием. Главным достоинством таких каталитических систем является возможность формирования структурированных картриджей, обладающих уникально высоким соотношением интенсивности массообмена к удельному гидравлическому сопротивлению. 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. Их применение позволит создавать новые типы хемосорбционно-каталитических структур, включающих комбинации микроволокнистого катализатора с микроволокнистым хемосорбентом, которые будут отличаться высокой пространственной однородностью, высокой эффективностью тепло- и массообмена, кроме того, катализатор может быть адаптирован к проведению как реакции получения водорода, так и реакции глубокого окисления топлив в цикле регенерации сорбента. Это позволит создавать компактные реактора для производства водорода, которые могут быть применены для производства водорода для применения в малой и средней экологически

чистой энергетике. В качестве сырья могут использоваться как традиционные углеводородные топлива, так и углеводородные отходы (попутный нефтяной газ, газовый конденсат, факельные газы), а также органические отходы и возобновляемые топлива (например, биоэтанол).

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

№ 124042300018-9

Разработка новых катализаторов получения водорода из возобновляемого сырья (биоэтанол) на основе высокоэнтропийных оксидов со структурой перовскита и флюорита

Рост энергопотребления, проблемы загрязнения окружающей среды, социальная ситуация привели к интенсификации поиска альтернативных источников энергии и развитию новых высокотехнологичных процессов. Реакции углекислотной конверсии этанола (УКЭ) является актуальным подходом использования возобновляемых источников энергии. Проект направлен на создание новых катализаторов получения водорода путем углекислотной конверсии биоспирта, который является нетоксичным, легко транспортабельным веществом с высокой емкостью по водороду, а его конверсия имеет меньшую энергоемкость по сравнению с метаном. К основной задаче проекта относится разработка методики получения новых высокоэффективных и стабильных катализаторов УКЭ на основе высокоэнтропийных оксидов (ВЭО) со структурой перовскита $La(Mn0.2Fe0.2Co0.2Ni0.2Me0.2)O_3$, где Me=Ti, Cr и флюорита $(Ce0.2Zr0.2Ti0.2La0.2Me0.2)O_2$, , где Me=Hf, Er, Nb. Выделение таких систем в отдельную группу связано с тем, что процессы структуро- и фазообразования в них, а также диффузионная подвижность кислорода, отличаются от процессов, происходящих на традиционных материалах. Уникальное сочетание физико-химических свойств выбранных систем, включая высокую кислородную емкость, а также высокая энтропия смешения составляющих компонентов, которая обеспечивает повышенную стабильность фазового состава в реакционной среде, делает их перспективными для разработки в качестве катализаторов УКЭ. Для выполнения проекта будут привлечены экспериментальные методы и модельные подходы для изучения, расчета и прогнозирования каталитической активности и стабильности в реакционной среде. В ходе проекта будет проведено исследование каталитических систем, в которых высокоэнтропийной является активная каталитическая фаза. Также будут исследованы системы, в которых высокоэнтропийные материалы выступят в качестве носителей активных каталитических фаз-наночастиц металлов и сплавов. Будут определены параметры проведения реакции (соотношение спирт/CO_2, время контакта) и получены зависимости конверсии этанола и CO_2, а также селективности образования H_2, CO и других продуктов от времени реакции и температуры. Изучение влияния структуры полученных ВЭО на энергетические характеристики кислорода поверхности и объема, его реакционную способность и подвижность с использованием методов изотопного обмена кислорода позволит достичь более глубокого представления о механизме катализа, выявляя обилие кислородных вакансий, способствующих стабильности к зауглероживанию и сверхвысокой каталитической активности за счет реализации бифункционального механизма реакции на границе раздела металл-оксид. Этот механизм включает в себя активацию молекул CO_2 на анионных вакансиях носителя с образованием CO и поверхностных форм кислорода, быстро мигрирующих к границе раздела металл-оксид, где они взаимодействуют с адсорбированными на атомах металла активированными фрагментами молекул топлив с образованием CO и водорода. Для исследования элементарных актов ключевых реакций будет использована теория функционала плотности в базисе плоских волн, позволяющая рассчитывать электронную и геометрическую структуру кристаллов, а также химических реакций на их поверхности. $La(Mn0.2Fe0.2Co0.2Ni0.2Me0.2)O_3$, где Me=Ti, Cr и $(Ce0.2Zr0.2Ti0.2La0.2Me0.2)O_2$, где Me=Hf, Er, Nb ранее не исследовались в УКЭ. Разработанные общие подходы к получению высокоэффективных, термостабильных и устойчивых к зауглероживанию катализаторов позволят создать задел для внедрения новых каталитических материалов на их основе, направленных на снижение выбросов парниковых газов и промышленного получения H_2.

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

№ 124042600040-7

Н-донорный потенциал спиртов в процессах каталитической переработки хлорорганических соединений

Данный проект посвящен созданию новых научных подходов к переработке хлорорганических соединений. Актуальность данного проекта вызвана увеличением производства хлорсодержащих пластиков, пестицидов и растворителей. На настоящее время не существует универсальной методики, позволяющей перерабатывать хлорсодержащие органические отходы, тогда как данные соединения оказывают сильное отравляющее действие на живые организмы и природу в целом. В данном проекте мы впервые предлагаем использовать восстановительные превращения хлорорганических соединений с использованием спиртов как доноров водорода и Ni-Mo-сульфидных гетерогенных катализаторов. Спирты являются перспективными донорами водорода, хорошо смешиваются с хлорорганическими соединениями, а сульфидные катализаторы обладают невысокой стоимостью, а также стабильны в условиях проведения процесса восстановительного дехлорирования.

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

№ 124061300025-8

Новые мембранные материалы и электрохимические устройства водородной энергетики

Функционированиесовременныхтвердотельныхустройств, используемых для прямого преобразования запасённой химической энергии в электричество, развитие технологий водородной энергетики, создание высокоэффективных процессов переработки углеводородного сырья и отходов тесно связано с прогрессом в создании новых материалов с особыми электротранспортными свойствами, способными переносить электрический ток за счёт одновременного движения ионов и электронов. Широкое использование таких материалов способствует существенному прогрессу

в решении глобальных энергетических и экологических проблем. Согласно «Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 – 2030 годы)», одно из приоритетных направлений развития науки в нашей стране базируется на формировании физико-химических основ рационального природопользования и создании энергосберегающих химико-технологических процессов, включая углубленную переработку углеводородного сырья. Развитие критических технологий данного направления, среди которых новые и возобновляемые источники энергии, способно не только внести существенный вклад в решение глобальных проблем, но и вывести энергетическую отрасль нашей страны на новый высокий уровень. Такие технологии невозможны без создания новых материалов, свойства которых можно предсказывать или варьировать в зависимости от решения той или иной задачи. Обладающая большим потенциалом водородная энергетика требует новых катализаторов и высокопроводящих материалов. Поэтому поиск новых соединений или модификация составов в известных классах с целью разработки функционального материала с улучшенными эксплуатационными характеристиками является краеугольной задачей, от решения которой зависит прогресс в развитии водородных технологий. С другой стороны, развитие технологий водородной энергетики, безусловно, должно сопровождаться разработкой новых устройств и масштабируемых прототипов, повышающих потенциал перехода от наработанного фундаментального задела к реальной производственной реализации. В частности, промышленное производство водорода, как неотъемлемая часть водородной энергетики, нуждается в инновационных экономически выгодных технологиях получения H_2.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124062400089-6

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Цифровой инжиниринг водородных технологий. Этап 2024 г

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 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 индустриальных партнёров. Полученные результаты способствуют импортоопережению 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 индустриальным 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. На этапе 2024 года будет осуществлен подбор эффективных параметров проведения химико-технологических процессов получения водорода, способствующих их оптимизации. Подобраны основные и сопутствующие материалы, которые могут быть использованы в процессах получения водорода. На основании проведенных исследований сформирована база знаний, позволяющая обобщить накопленный опыт, классифицировать его по ключевым направлениям и выявить междисциплинарные зависимости протекающих химических реакций, тепловых, гидродинамических и других процессов.

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

№ 124070900044-5

Разработка и исследование катализаторов окисления воды для модифицированных природных, биогибридных и искусственных систем генерации протонов с целью производства молекулярного водорода

Mn_4CaO_5-кластер кислородвыделяющего комплекса фотосистемы 2 оксигенных фототрофов - уникальный природный катализатор, расщепляющий воду на электроны, протоны и кислород. Знание механизма расщепления воды крайне актуально как с фундаментальной точки зрения, так и для искусственного производства МВ, биомассы за счет энергии света. Кроме того, без кислорода невозможно существование жизни. Целью проекта являются фундаментальные исследования, направленные на получение новой информации о структурно-функциональных особенностях и молекулярном механизме каталитических реакций окисления воды (ОВ), осуществляемых: (1) Mn_4CaO_5-катализатором КВК ФС2; (2) направленно модифицированным КВК ФС2; (3) а также новыми, разрабатываемыми металлорганическими катализаторами (фото)электрохимического ОВ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124110100044-6

Разработка научных основ низкоуглеродной технологии получения водорода и графита из углеводородных газов

В настоящем проекте теоретическими и экспериментальными методами будут детально исследованы 3 наиболее перспективные технологии термокаталитического разложения природного и попутного нефтяного газа: на стационарном катализаторе в газовой фазе; в жидкометаллических расплавах; в эвтектических смесях солей. В этой связи для проведения научно-обоснованного количественного сравнительного анализа альтернативных технологических решений, формирования стратегии оптимизации параметров процессов и определения их потенциалов для масштабирования будет разработана и применена специальная компьютерная программа многофакторного сравнительного анализа. Также по результатам проекта будет создано программное обеспечение, позволяющее исследовать процесс каталитического пиролиза метана с учетом многостадийности его разложения. Это позволяет оценить концентрации всех производных метана в процессе пиролиза, таких как этан, этилен и ацетилен, а также рост углеродных частиц и водорода в любой точке реактора в каждый момент времени. Данные модели позволят теоретическим путем выявить закономерности и эффекты, приводящие к увеличению конверсии метана и выхода водорода. Разработанные математические модели будут верифицированы на основе экспериментальных данных, что позволит разработать цифровую модель реактора и проводить численные эксперименты без затрат сырья и энергии для поиска наиболее оптимальных условий работы.

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

№ 124111300043-4

Исследование теплообменных характеристик орто-параконвертора водорода при температурах свыше 77 К и математическое моделирование аппаратов орто-параконверсии водорода различного типа

Цель НИР – исследование теплообменных характеристик орто-параконвертора водорода при температурах свыше 77 К, математическое моделирование аппаратов орто-параконверсии водорода различного типа Исследование теплообменных характеристик орто-параконвертора водорода при температурах свыше 77 К проводится при следующих параметрах: - Рабочее давление от 0,1 до 0,6 МПа; - Рабочая температура от 77 до 430 К; - Диапазон расхода от 0 до 500 нл/ч по водороду. и предусматривает определение следующих характеристик: расходов, температур и давлений потока водорода и охлаждающих сред. Исследование теплообменных характеристик орто-параконвертора водорода выполняется на двух образцах катализатора: ИК-5-1М и ИК-5-4М. Математическое моделирование аппаратов орто-параконверсии водорода различного типа выполняется для изотермического, адиабатического и политермического конверторов при рабочих температурах, от 21 до 320 К, при рабочих давлениях от 0,1 до 2,0 МПа. В результате математического моделирования определяются следующие характеристики аппарата орто-параконверсии водорода: - коэффициент теплопередачи - орто-пара состав потока водорода на выходе - параметры теплообменной поверхности аппарата - гидравлические потери потока водорода.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

№ 124111600016-5

Исследование процесса разделения газовых смесей, содержащих водород и гелий, мембранно-сорбционным методом

Работа посвящена экспериментальному исследованию процесса газоразделения с помощью мембранно-сорбционного метода модельных водородно-гелиевых смесей, аналогичных получаемым при производстве водорода по технологии парового риформинга гелийсодержащего природного газа.

В качестве мембранных элементов применяются кремнеземные микросферы, которые по результатам экспериментальных исследований параметров селективности и проницаемости для водорода и гелия были определены как наиболее перспективные материалы.

В ходе экспериментального моделирования процесса мембранно-сорбционного разделения водородно-гелиевой смеси газов, рассматриваются режимы процесса газоразделения с различной степенью удаления обедненной смеси из свободного объема адсорбера перед этапом обогащения.

На основании экспериментальных данных проводится оценка параметров разделения смеси и эффективности процесса газоразделения.

На основе математической модели поглощения газа микросферами выполняется расчет концентраций компонентов газовой смеси, получаемых в процессе газоразделения, и проводится сравнение расчетных параметров для процесса газоразделения с экспериментальными результатами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124112000038-0

Наработка и испытания катализатора для процессов гидрирования-дегидрирования жидких органических носителей водорода из реального сырья

Объектом исследования являются катализаторы для реакций накопления и извлечения водорода.

Целью научно-исследовательской работы является выбор катализаторов для реакций накопления и извлечения водорода с использованием жидких органических носителей на основе анализа их физико-химических и текстурных характеристик.

В ходе выполнения НИР получены следующие научные результаты: 1) Синтезирован платиновый катализатор, нанесенный на SBA-15, с содержанием металла 2%масс и экспериментально исследованы его физико-химические свойства, включая определение текстурных характеристик катализатора, термопрограммируемое восстановление, термопрограммируемую десорбцию аммиака, анализ на содержание металла методом ICP, просвечивающую электронную микроскопию высокого разрешения, термогравиметрию.

Экспериментально подтверждена изучена каталитическая активность синтезированного катализатора в водородном цикле «аккумулирование водорода (гидрирование) – высвобождение водорода (дегидрирование)» на стенде-демонстраторе.

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

№ 124120900109-3

Исследование активности и стабильности катализаторов процесса каталитического пиролиза природного газа

Для перехода к низкоуглеродной экономике в процессе производства водорода необходимо улучшение имеющихся технологий получения водорода из природного газа, которое может быть реализовано за счет разработки и применения усовершенствованных каталитических систем.

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.

В работе предлагается разработка научных основ технологии - варианта каталитического пиролиза природного газа (КППГ) с применением наноструктурированных металл-углеродных катализаторов.

А также наработка и тестирование катализаторов пиролиза природного газа.

Результаты будут использованы при разработке аппаратурного оформления для лабораторных испытаний процесса КППГ, включая испытания различных вариантов катализатора и испытания режимных параметров процесса.

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

№ 124051400113-2

Разработка сверхэффективного композитного наноструктурированного мембранного модуля для выделения водорода в процессах парового риформинга углеводородов

Целью данного проекта является получение нового дешевого и сверхэффективного мембранного материала, способного качественно повлиять на развитие технологий мембранных реакторов и получения «зеленого» водорода.

Для этого предполагается разработка и создание пористой подложки мембраны, отвечающей требованиям высокой устойчивости к водородному охрупчиванию, максимально близкого температурного коэффициента расширения к материалу селективного слоя – палладию, стойкости к окислению и коррозионному растрескиванию, легкости обработки и термической стойкости, низкой стоимости.

Нанесение интердиффузионного слоя на основе бемита и магнетронного распыления Pd-Cu сплава позволит создать ультратонкий бездефектный селективный слой, высокой устойчивости к отравлению.

Для многократного увеличения активной площади и создания каталитической поверхности основного селективного Pd-Cu слоя предполагается его модифицирование путем нанесения сверхтонких нанонитей палладия.

Будет разработана математическая модель, соответствующая как высокотемпературному, так и

низкотемпературному водородопереносу с учетом поверхностных и объемных процессов.

Таким образом в работе все усилия будут сосредоточены на многообещающей практической составляющей получения новых мембранных материалов для реакторов парового риформинга углеводородов.

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

№ 124053000057-7

Разработка технического предложения по использованию плазменной технологии для производства водорода и углерода

Объектом исследований является установка для промышленного плазменного производства водорода и углерода. Цель работы – сравнительный технико-экономический анализ плазменной технологии производства водорода с существующими технологиями, определение основных параметров и путей оптимизации плазменной технологии. В процессе работы проведены оценочные расчеты основных параметров плазменной технологии в сравнении с паровым риформингом. В результате исследования разработаны основные пути оптимизации плазменной технологии. Основные ожидаемые конструктивные и технико-эксплуатационные показатели плазменной технологии: отсутствие выбросов окислов углерода, высокая конверсия метана в водород и высокая эффективность процесса. Сформулированы основные пути создания прототипа установки плазменного производства водорода.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАНО ИНВЕСТ»

№ 124122500152-7

Разработка макета лабораторного мембранного модуля для выделения водорода из смесей H_2/CH_4

Цель НИР - развитие мембранных технологий для создания прототипа водородной заправки, предназначенной для заправки водородом транспортных средств различного типа. В Российской Федерации, где имеются большие запаса 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 ПГ является перспективной заменой традиционной технологии паровой конверсии ПГ, за счет отсутствия стадии выделения диоксида углерода. Однако в процессе образуются смеси углеводородов и водорода, которые требуют разделения или корректировки состава для увеличения выхода H_2, при этом получаемый водород должен быть очищен от остаточных количеств углеводородов. Традиционной технологией отделения водорода от смеси газов является короткоцикловая адсорбция. Альтернативой являются мембранные технологии, которые перспективны за счет повышенной энергоэффективности, компактности, модульности и мобильности разделительного мембранного оборудования.

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

№ 124102200652-7

Создание технологий углеродных материалов и водорода

Разработка и внедрение технологии получения водорода и функциональных материалов на основе углерода. - разработка перспективных методов получения водорода и углеродных материалов; - создание и совершенствование технологии получения водорода и углеродных материалов в системе нефтегазопереработки.

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

№ 124042600007-0

Каталитический пиролиз углеводородов: синтез катализаторов, изучение кинетики процесса и математическое моделирование процесса

Проект направлен на развитие каталитических технологий получения Н2 методом каталитического пиролиза углеводородов и относится как к практической области подбора эффективных катализаторов пиролиза метана (этана), так и к теоретической области математического моделирования процесса в реакторе, с помощью которого авторы предполагают провести оптимизацию параметров, влияющих на основные показатели процесса: конверсию метана и селективность по водороду и углеродному продукту. Актуальность решаемой задачи связана с тем, что мировое производство водорода непрерывно возрастает в связи с постоянно растущими запросами, а существующие способы получения водорода сопряжены с целым рядом недостатков. Для паровой конверсии метана характерен низкий выход водорода и невысокое качество получаемого продукта, требующего дополнительной очистки от сернистого газа и CO_2. Получение водорода высокотемпературным пиролизом углеводородного сырья является достаточно энергозатратным. Применение каталитического пиролиза для получения водорода позволит снизить температуру процесса и обеспечит получение ценного углеродного наноматериала (УНМ) с регулируемой структурой в качестве второго продукта. В ходе выполнения проекта будут синтезированы $NiO\text{-}CuO/\gamma\text{-}Al_2O_3$ катализаторы методом механохимической активации, проведен скрининг активности разработанных катализаторов в проточном кварцевом реакторе в процессе каталитического пиролиза метана с получением водорода и УНМ. Синтезированные $NiO\text{-}CuO/\gamma\text{-}Al_2O_3$ катализаторы будут охарактеризованы физико-химическими методами. Будут определены условия предварительной активации для наиболее активного образца. С использованием наиболее активного образца будет изучено влияние условий разложения метана и этана (температура, состав смеси) на скорость образования H_2 и УНМ. Будет установлена взаимосвязь морфологических и текстурных свойств образующегося углеродного материала от условий каталитического пиролиза углеводородов. Будет построена кинетическая модель пиролиза метана и определены кинетические константы для наиболее эффективного катализатора; будет разработана математическая модель каталитического процесса пиролиза

метана в реакторе и проведена оптимизация параметров проводимого процесса. Также будет проведена верификация математической модели путем сопоставления расчетных данных с экспериментальными. По результатам выполнения проекта будут представлены рекомендации по оптимальным параметрам, при которых следует ожидать достижения максимальных значений конверсии метана и селективности по водороду и углеродному продукту. Выполнение проекта позволит создать практический и фундаментальный задел для развития каталитических технологий получения H2 методом каталитического пиролиза углеводородов, что соответствует приоритетному направлению исследований, поддерживаемых Правительством Новосибирской области: “Катализ и научное обеспечение каталитических технологий в целях развития отрасли в Новосибирской области”.

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

5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

№ 124101000283-8

Электролизер воды с увеличенным сроком службы

Проект направлен на решение научной проблемы деградации электролизера воды с протонпроводящей мембраной для получения водорода вследствие химического, электрохимического и теплового воздействия в процессе функционирования устройства, а также недостаточная эффективность преобразования электроэнергии. Научная значимость и актуальность решения проблемы деградации и недостаточной эффективности преобразования энергии электролизера воды для электролизного получения водорода вытекает из тенденции последних лет, определяющей водород в качестве одного из перспективных энергоносителей. В то же время известные проблемы деградации таких электролизеров и относительно небольшой срок их службы диктуют необходимость поиска научно-технических решений увеличения ресурса и безопасности при сохранении приемлемого уровня характеристик. Конкретными научными задачами в рамках выбранного направления являются увеличение стабильности и срока службы электролитной мембраны для электролизера воды с протонообменной мембраной, увеличение стабильности и эффективности анода, а также увеличение эффективности преобразования энергии в водном электролизере за счет комбинирования разработанных технологий мембраны и анода с разработанной ранее технологией стабилизированного катодного катализатора с увеличенной стабильностью. Одной из главных причин отказа электролизера воды является растворение и миграция материала мембран и иономера в электродах, вследствие чего происходит утончение мембран, образуются неоднородности по протонной проводимости, возрастает ионное сопротивление, уменьшается граница трехфазной поверхности. Еще одной причиной отказа электролизера воды является перекристаллизация и миграция катализатора, что приводит к уменьшению площади его поверхности и уменьшению границы трехфазной поверхности, необходимой для высокой эффективности гетерогенного катализа в таких устройствах. Научная новизна исследований состоит в использовании нового принципа для продления времени функционирования электролизера воды с протонпроводящей мембраной: использование добавок графена и ПТФЭ для модифицирования электролитной мембраны, а также в увеличении эффективности анодного катализатора за счет использования рекомбинаторов радикалов, оксидов 3d-металлов. Будут разработаны новые лабораторные технологии (технология малослойного графена из графита; технология модифицирования мембран с различной эквивалентной массой; технологии катализатора на основе иридия для анодного каталитического слоя). Также новизна состоит в новых знаниях об особенностях диспергирования различных марок графита в различных дисперсионных средах; новые знания об электронной структуре композитов иономер-модифицирующая добавка, об особенностях влияния модифицирующей добавки на структуру и свойства иономера; о протонном транспорте в модифицированных мембранах, химической и термической устойчивости модифицированных мембран; об электрохимической и термической стабильности разработанных катализаторов Ir-Nafion/Aquivion-модифицирующая добавка; о механизмах стабилизации модифицированных мембран; в созданы фундаментальных основ стабилизации мембран и увеличения ресурса электролизера воды. Для увеличения ресурса электролизера воды будет реализована идея стабилизации мембраны и электродов за счет увеличения устойчивости иономера к химическому, электрохимическому и тепловому воздействию. Увеличение устойчивости мембраны будет достигнуто за счет введения модифицирующих структуру добавок графена и политетрафторэтилена (ПТФЭ), которые уже показали свое стабилизирующее действие по отношению к суспензии иономера типа Nafion. В качестве катодного каталитического слоя будут использоваться ранее разработанные авторами проекта при поддержке РНФ стабилизированные электроды, содержащие платину. Для использования в качестве анода будут разработаны электроды на основе иридия, также включающие стабилизирующую добавку.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124071000006-9

Бифункциональные электрокатализаторы для безмембранного разделенного электролиза в щелочных растворах

Водород является универсальным энергоносителем с широким спектром применения в различных областях энергетики, транспорта и промышленности. В ближайшем будущем необходимость увеличения производства электролитического водорода связана как с развитием его традиционных потребителей, так и с появлением новых, таких как автомобильный транспорт, космонавтика, электростанции на основе топливных элементов, электростанции и системы преобразования и хранения энергии на основе возобновляемых источников энергии и многих других. На сегодняшний день, высокая цена электролитического водорода, произведенного с использованием твердополимерных электролизеров, использующих электрокатализаторы на основе драгоценных металлов и дорогостоящие мембраны, препятствует широкому распространению водородных технологий, а традиционный щелочной электролиз крайне не энергоэффективен. Настоящий проект направлен на разработку бифункциональных электрокатализаторов для высокоэффективного «разделенного» электролиза (РЭ) водных растворов в щелочной среде. Данное решение основано на пространственном разделении ячеек, в которых производится водород и кислород, и транспорте электронов с помощью твердых медиаторов. РЭ позволяет проводить реакции выделения кислорода (РВК) и водорода (РВВ) в

разных областях пространства, в разное время и со скоростью, которая не ограничена более медленной реакцией РВК. РЭ имеет значительные потенциальные преимущества перед другими конфигурациями электролизеров за счет существенного удешевления производства водорода ввиду отсутствия дорогостоящих мембран и сепараторов, при сохранении ключевых преимуществ электролизеров с протонообменными мембранами (компактный и простой дизайн, быстрый отклик и запуск, высокую чистоту водорода, высокую энергоэффективность и длительный срок службы). Целью проекта является разработка бифункциональных электрокатализаторов для РЭ, проявляющих высокую активность и стабильность в условиях периодической смены полярности электролизной ячейки, которая необходима для обеспечения непрерывной работы устройства. Непрерывность функционирования электролизера обеспечивается инверсией катода и анода электролизера по достижении полного заряда/разряда твердотельного медиатора. В связи с этим, помимо критерия бифункциональности, электрокатализаторы должны удовлетворять критерию стабильности при периодической смене протекающей реакции (РВВ или РВК). Поиск оптимального состава катализатора будет проводиться внутри класса сульфидных электрокатализаторов переходных металлов, для отдельных представителей которого получены сведения о высокой активности как в РВВ, так и в РВК. Выбор состава сульфидных бифункциональных электрокатализаторов будет осуществлен путем рационального дизайна с использованием дескрипторов каталитической активности, причем дескрипторы будут найдены из анализа данных ab initio молекулярного моделирования с помощью искусственного интеллекта (ИИ). Идея рационального дизайна бифункциональных сульфидных электрокатализаторов для функционирования при циклическом изменении протекающих на поверхности электрокатализатора процессов для обеспечения высокой скорости производства водорода предложена впервые. Успешное выполнение задач проекта позволит сконструировать прототип электролизера на основе разработанных высокоактивных электрокатализаторов и провести электрохимические испытания для определения максимальной энергоэффективности при высоких токах выделения водорода, стабильности, и перспектив дальнейшей оптимизации конфигурации электролиза для практического использования.

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

№ 124101000309-5

Оптимизация состава и структуры катализаторов с пониженным содержанием иридия для анодов электролизеров с протонообменной мембраной с целью повышения активности и стабильности каталитических материалов в реакции выделения кислорода

Для получения «зеленого» водорода чаще всего применяют технологию электролиза с протонообменной мембраной (ПОМ). Однако медленная кинетика реакции выделения кислорода и недостаточная долговечность катализатора снижают эффективность установок и широкомасштабное применение электролизеров. Большое внимание в последние годы уделено разработке высокоэффективных, долговечных и экономичных электрокатализаторов реакции выделения кислорода. В условиях работы анода ПОМ-электролизера появляется высокое перенапряжение, которое совместно с кислой средой требует присутствия только высокостабильных материалов. Драгоценный металл Ir и его оксиды считаются наиболее подходящими материалами, проявляющими повышенную каталитическую активность и коррозионно-морфологическую стабильность в условиях работы анода электролизера. На сегодняшний день мировым трендом в области создания электрокатализаторов является поиск материалов с повышенной стабильностью и сниженным содержанием редкого элемента (иридия). Данный проект направлен на разработку и создание новых би- и три металлических Ir-содержащих электрокатализаторов для анода ПОМ-электролизера, обладающих более высокой стабильностью по сравнению с коммерческими IrOx и Ir аналогами и при этом не уступающих последним по активности в реакции выделения кислорода. Второй задачей является определение оптимальных методов оценки функциональных характеристик (площадь электрохимически активной поверхности, активность в реакции выделения кислорода) катализаторов в трёхэлектродной ячейке, оптимизация существующих экспресс-методик определения стабильности катализаторов с целью более достоверной и воспроизводимой оценки по сравнению с используемыми. Актуальность проекта обусловлена потребностью развития фундаментальных представлений о закономерностях процессов и явлений, протекающих при функционировании нанесенных электрокатализаторов и способах повышения их активности в реакции выделения кислорода и стабильности. Другой причиной, обусловливающей актуальность проекта, является практическая потребность в подборе оптимального состава каталитических чернил и метод формирования каталитического слоя на торце вращающегося дискового электрода, которые будут обеспечивать воспроизводимость получаемых данных в ходе электрохимического эксперимента. Определение условий оценки активности в реакции выделения кислорода и оптимизация протоколов стресс-тестирования Ir-содержащих катализаторов позволит получить достоверные результаты с возможностью сравнения с аналогами. Важной практической значимостью обладает получение нового поколения Ir-содержащих электрокатализаторов, обладающих более высокими функциональными характеристиками по сравнению с известными коммерческими аналогами. Научная новизна определяется двумя аспектами исследования: - в создании новых электрокатализаторов, превосходящих известные на сегодняшний день коммерческие IrOx и Ir материалы по производительности в токообразующих реакциях (по сочетанию высоких значений активности в реакции выделения кислорода и стабильности). - в оптимизации построения электрохимического эксперимента в трехэлектродной ячейке для экспресс оценки функциональных характеристик: материалов.

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

№ 124112500047-7

Разработка новых фотокатодов на основе полупроводников группы I-III-VI для прямого разложения воды под действием света

В настоящее время идет активное развитие экологически чистой энергетики, в частности водородной и солнечной. При этом важным вопросом является дешевое и эффективное производство водорода. Промышленных методов получения водорода существует несколько: из природного газа, из угля и посредством электролиза воды. Наиболее чистый из них - последний. Однако цена водорода, получаемого электролизом, является достаточно высокой ввиду того, что

в электролизерах используются устойчивые к коррозии, но дорогие металлы платиновой группы. Однако существует альтернатива электролизу - прямое разложение воды под действием света в фотоэлектрохимических ячейках. Для этого могут использоваться как фотоактивные аноды, так и катоды. При этом оптимально использование последних ввиду их существенно меньшей коррозии в фотоэлектрохимической ячейке. Для осуществления разложения воды под действием света в фотоэлектрохимической ячейке необходимо, чтобы ширина запрещенной зоны полупроводника фотокатода превышала E_{g}=1.23 эВ, но оптимальным значением является E_{g}~1.7 эВ. Эффективность данного процесса может превышать 20% при использовании эпитаксиальных слоев полупроводников группы III-V. Однако такие фотокатоды весьма дорогие, к тому же содержат такие токсичные элементы как As в своем составе. Альтернатива им - тонкие (1-2 мкм) пленки соединений группы I-III-VI, имеющие структуру типа халькопирита с шириной запрещенной зоны E_{g} в диапазоне от 1 до 2,4 эВ. Особый интерес представляет соединение типа CuGaSe_{2} со значением E_{g}=1.68 эВ, поскольку оно не содержит редкого и востребованного в промышленности индия в своем составе, а также AgGaSe_{2} со значением E_{g}=1.6-1.8 эВ. Предполагается, что твердые растворы на основе указанных соединений будут обладать оптимальным промежуточным значением ширины запрещенной зоны, улучшенными оптическими и электрофизическими свойствами и, соответственно, выступать в качестве потенциальных фотокатодов в процессе электролиза воды. Поэтому в данном проекте предполагается исследовать влияние стехиометрии, легирования и морфологии поверхности пленок твердых растворов типа Cu_{1-x}Ag_{x}GaSe_{2} (x от 0 до 1) на эффективность разложения воды в фотоэлектрохимической ячейке, а также стабильность таких устройств.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей

№ 124022100041-1

Разработка перспективных материалов и технологий контроля для компонентов водородных энергосистем

Проектнаправленнаразработкуперспективныхматериалов и технологий контроля для компонентов водородных энергосистем. В рамках выполнения проекта планируется решение следующих задач: 1. Разработка эффективных материалов для хранения и очистки водорода. Решение задачи подразумевает разработку и оптимизацию состава материалов для обеспечения повышенных функциональных характеристик. Для разработки эффективных мембран и материалов-накопителей водорода будет применен комплексный подход, заключающийся в моделировании из первых принципов и экспериментальном исследовании влияния состава интерметаллических сплавов и композитов на основе магния с каталитическими добавками на их структурно-фазовое состояние, кинетику сорбции-десорбции водорода и циклическую стабильность. С применением полученных наиболее перспективных материалов будут разработаны прототипы металлогидридных ячеек для очистки и хранения водорода. Для выделения и очистки водорода будут исследоваться два типа мембран: на основе высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), а также Pd-содержащих и беспалладиевых гетероструктур на керамических поддержках. Результаты исследований мембранных материалов позволят сформировать научно-технические основы для разработки новой технологии получения функциональных материалов для высокоэффективных мембранных систем. С использованием перспективных мембран будет разработан прототип водородного фильтра с последующим определением его эксплуатационных характеристик. 2. Разработка защитных и функциональных покрытий для материалов водородной энергетики. В данной задаче планируется разработка водородонепроницаемых покрытий для конструкционных элементов, эксплуатируемых в среде водорода или водородсодержащих газов. Кроме того, будут отработаны режимы и проведены исследования формирования каталитических покрытий для металлических и/или композитных мембран. 3. Диагностика материалов и изделий водородных энергосистем неразрушающими методами контроля. В рамках решения данной задачи предполагается выбор методов и подходов, а также разработка методик для проведения диагностики и определения дефектов в материалах и изделиях водородной энергетики. В частности, будут разработаны методики и предложены решения для проведения неразрушающего контроля с целью определения дефектов в композитных водородных баллонах отечественного производства.

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

№ 124040800049-4

Новые полиимиды и разработка мембран на их основе для выделения водорода в процессах синтеза и разложения аммиака

Аммиак является важнейшим полупродуктом для различных отраслей химической промышленности. Помимо востребованности в традиционных сферах (производство удобрений, пластмасс и др.), в последнее время аммиак рассматривается как перспективный легко сжижаемый носитель водорода для транспортировки водородного топлива к местам его потребления и построения инфраструктуры водородной энергетики. Развитие данного направления повышает актуальность исследований в области технологий выделения водорода из газовых смесей, содержащих азот и его производные. Среди существующих технологий разделения газовых смесей значительной перспективой для выделения и очистки водорода обладают мембранные газоразделительные процессы. Для задач выделения и очистки водорода могут быть успешно применены полимерные мембраны на основе полиимидов из-за их термической и химической устойчивости, удовлетворительной производительности и селективности разделения. Одним из подходов к улучшению транспортных и разделительных свойств полиимидов является введение в их структуру объемистых заместителей. Научная новизна проекта обусловлена: а) получением новых полиимидов с фосфор-содержащими объемными группами в качестве заместителей в полимерной цепи, что позволит регулировать свободный объем в полимерном материале, и б) получением на их основе нового поколения газоразделительных мембран с заданными свойствами, улучшенными в сравнении с существующими коммерческими мембранами.

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

№ 124022100036-7

Кинетическое сопряжение стационарных и автоколебательных гетерогенных каталитических реакций и его применение для утилизации CO_2, получения водорода и других перспективных процессов

Гетерогенное каталитическое окисление углеводородов на металлах восьмой группы может протекать в автоколебательном режиме, и в процессе этих колебаний периодически чередуются две фазы с восстановительными и окислительными условиями. В первой фазе колебаний с восстановительными условиями металлический катализатор демонстрирует высокую каталитическую активность, а во второй фазе колебаний с окислительными условиями катализатор успешно очищается от углеродных отложений, накопленных в первой фазе. Наши предварительные исследования показали, что в случае одновременного выполнения другой (стационарной) каталитической реакции, находящейся в кинетическом сопряжении с автоколебательной реакцией за счет общих газофазных реагентов, металлического катализатора или промежуточных хемосорбированных форм, можно получить увеличение скорости такой стационарной реакции вследствие периодической регенерации поверхности активного металла. В данном проекте предлагается, в первую очередь, изучить совместное проведение стационарной реакции углекислотной конверсии метана (УКМ) и автоколебательной реакции окисления метана (ОМ) на никеле и ряде других металлов. С целью определения оптимальных условий для ускорения реакции УКМ в присутствии автоколебаний ОМ будут проведены эксперименты с варьированием температуры реактора, состава исходной газовой смеси, типа и количества катализатора (фольга, проволока, сетка, пенометалл) и др. Кроме того, с привлечением различных современных физических методов будет изучен детальный механизм кинетического сопряжения УКМ и ОМ. Так как одним из исходных реагентов реакции УКМ является CO_2, а продуктами водород и CO, предлагаемый проект является актуальным с точки зрения развития водородной энергетики, а также решения проблем экологии вследствие утилизации углекислого газа. Также планируется исследовать возможность ускорения таких реакций как гидрирование олефинов и CO/CO_2 на металлах восьмой группы за счет кинетического сопряжения с автоколебательными реакциями.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

№ 124020500009-3

Гидридообразующие сплавы с микро- и нано-иерархической пористой структурой для обратимого хранения водорода

Проект направлен на разработку научных основ аддитивного формирования нового типа материалов на основе гидридообразующих классических бинарных и многокомпонентных (так называемых «высокоэнтропийных» - ВЭС) сплавов для его компактного и безопасного хранения. Суть проекта состоит в использовании оригинальных технологий синтеза объёмных образцов сплавов, с получением микро- и нано-иерархической пористой структуры, на базе сплавов-накопителей водорода (СНВ) с использованием экстремально высоких степеней деформации и закалки из жидкого состояния для достижения максимальной активности металлических компонентов по отношению к водороду и оптимального сопряжения их друг с другом в процессе аддитивного формирования ячеистых структур посредствам селективного лазерного спекания (СЛС). Особое внимание в рамках проекта будет уделено комплексной аттестации синтезируемых материалов, включающей анализ кристаллической структуры и морфологии, определение физико-механических свойств, изучение процесса взаимодействия с водородом (в том числе, в присутствии примесных газов) с использованием волюметрических и калориметрических методов, изучение газотранспортных свойств получаемых объёмных образцов.

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

№ 124022900105-2

Теплоперенос и интенсивные пульсации при фазовых переходах в теплоносителях

Целью научного исследования является экспериментальное и теоретические исследования процессов тепломассопереноса при распаде сильно метастабильных фазовых состояний, включая взрывное вскипание и кристаллизацию твердоаморфных веществ, экспериментальные пульсации процессов тепломассопереноса. Актуальность исследования определяется необходимостью получения надежной информации по развитию переходных и кризисных явлений тепло- и массообмена, динамики экстремальных флуктуаций при кипении, испарении и кавитации теплоносителей в различных условиях для обеспечения надежной и безопасной работы элементов энергетического оборудования. Для управления формой, структурой и дисперсностью струй вскипающей жидкости при различных перегревах будет исследована устойчивость струй перегретых жидких теплоносителей при разгерметизации контуров высокого давления. Для разработки и совершенствования высокопроизводительной и экономичной технологии хранения и транспорта газов в гидратном состоянии будут проведены исследования новых методов получения газовых гидратов компонентов природного газа и водорода при неравновесной низкотемпературной конденсации в сверхзвуковых струях. Для диагностики надежной работы энергетического оборудования в предельных и критических тепловых нагрузках будут проведены теоретические и экспериментальные исследования закономерностей возникновения, устойчивости и способов подавления интенсивных пульсаций в критических и переходных режимах теплообмена с фазовыми переходами.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124052900019-9

Многомасштабное описание зернограничной пластической релаксации в алюминиевых сплавах

Проект предполагает атомистическое исследование микромеханизмов зернограничного упрочнения алюминиевых сплавов с субмикрокристаллической и нанозеренной структурой. На уровне атомистического моделирования будет проведено исследование влияния выделения атомов легирующих элементов и присутствующих в материале внутризеренных дислокаций на механизмы пластической релаксации, накопления повреждений и разрушения, протекающих на границах зерен в алюминиевых сплавах при деформации сдвига и растяжения. Планируется исследовать границы зерен различных типов и различные состояния выделений легирующих атомов. Предполагаемые результаты атомистического исследования являются актуальными для современного материаловедения, поскольку позволят более детально понимать механизмы зернограничного упрочнения и роли различных факторов в формировании дефектной системы субмикрокристаллического состояния в алюминиевом сплаве, позволяющем добиваться требуемого баланса свойств: повышения напряжения активации пластической релаксации, запаса пластической деформации и высокой стойкости к разрушению при растяжении. Помимо этого отдельно будет исследован вопрос влияния накопления атомов водорода на границах зерен в сплаве на указанные характеристики, что представляет чрезвычайно актуальную задачу материаловедения в связи с активным развитием водородной энергетики. Результаты атомистического моделирования далее планируется обобщать с помощью искусственных нейронных сетей, позволяющих аппроксимировать механический отклик и состояние дефектной подсистемы алюминиевого сплава, наблюдаемых в атомистических расчетах. Использование методик машинного обучения в настоящее время чрезвычайно активно развивается для задач, требующих обработки большого объема первичных данных. На следующем уровне описания полученные в виде искусственных нейронных сетей аппроксимации будут использоваться в континуальных моделях механики сплошной среды со структурой, позволяющих моделировать механический отклик представительного объема вещества. В результате будет построена многомасштабная модель, комбинирующая разные уровни и различные методики описания реакции сплава на механическое нагружение. Применение многомасштабного подхода, объединяющего атомистические данные о механизмах и особенностях протекания широкого круга возможных зернограничных процессов, и, комбинирующего различные методики описания в единую модель, определяет научную новизну проекта. Предложенная методика обеспечит работоспособность модели в широком диапазоне скоростей деформаций, температур и давлений для различных состояний подсистемы границ зерен и фазовых состояний сплавов. Актуальность исследований связана со стабильным интересом исследователей и промышленности к получению новых алюминиевых сплавов с ультрамелкозернистой структурой, отличающихся повышенными прочностными свойствами. В то же время такие сплавы зачастую характеризуются недостаточной величиной пластической деформации до разрушения. Таким образом исследование атомистических механизмов зернограничного упрочнения позволит получать сплавы с заданным балансом характеристик. В проекте предполагается выполнение исследования влияния атомов водорода на зернограничное упрочнение алюминиевых сплавов, что является новой и актуальной задачей, интерес к которой стимулируется потребностью в разработке материалов для транспортировки и хранения водорода, стойких к водородному охрупчиванию. Проект предполагает также численные исследования динамического деформирования таких сплавов алюминия в широком диапазоне температур от криогенных до температур плавления при различных условиях нагружения (давлении) и различном состоянии подсистемы границ зерен и фазовом составе, которые будут проводиться с помощью разработанной многоуровневой модели. На основе проведенных континуальных расчетов будут определены динамические сдвиговые прочности этих сплавов для широкого круга скоростей деформации, температуры и давления.

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

№ 124110600043-4

Тема № 45.3. Создание новых неорганических веществ и материалов для современных наукоемких технологий

Цель данного комплексного исследования заключается в разработке методов получения и исследовании физико-химических свойств новых неорганических веществ, в том числе перспективных для конструирования функциональных материалов. Новые оригинальные, разработанные в рамках НИР подходы к изучению полученных материалов позволят объективно оценить возможности их практического применения с учетом современных тенденций научно-технологического прогресса. Для достижения этой цель будут проведены исследования, направленные на разработку фундаментальных подходов к получению функциональных наноматериалов на основе оксидов металлов V-VIБ групп с применением газофазных и жидкофазных методов синтеза, включая использование печатных технологий, выявление закономерностей, связывающих их состав и микроструктуру с основными свойствами (электрофизическими, хемосенсорными и электрохромными), а также апробацию полученных материалов в качестве компонентов устройств альтернативной энергетики, газовой сенсорики и оптики; создание методов синтеза новых типов функциональных веществ и материалов на основе гидридов и кластеров бора, в том числе создание перспективных соединений для современной персонализированной медицины, компонентов магнитных и люминесцентных материалов, гибридных органо-неорганических материалов (мембраны ион-селективных электродов, водород-аккумулирующие материалы, материалы медицинского назначения); создание комплекса достоверных данных по термическим и термодинамическим свойствам ряда ниобатов состава RE_3NbO_7, которые необходимы для оценки термической и фазовой (в т.ч. химической) стабильности перспективных материалов в области высоких температур; разработку новых стабильных пероксидных систем с высоким содержанием активного кислорода, обладающих высокой стабильностью, в виде кристаллических соединений и композиционных материалов и исследование их состава, строения и свойств; получение и исследование твердых растворов на основе тетрасульфидов дихрома железа и галлия и комплексных соединений РЗЭ с полидентатными лигандами, как основы перспективных материалов спиновой электроники; изучение кристаллохимических, магнитных и других характеристик новых соединений и изменение в зависимости от структуры, степени замещения; установление корреляций между составом, кристаллической структурой, электронным строением новых магнитно-активных фаз и их свойствами; установление влияния физико-химических параметров (температура, давление, состав) многокомпонентных систем, включающих сверхкритические (СК) флюиды (в том числе,

СК диоксид углерода, фреоны и др.) на фазовые равновесия и протекание процессов модифицирования полимеров; изучение влияния функционализации поверхности образцов наноразмерного гидратированного оксида кремния, за счет присутствия ковалентно связанных фрагментов различного строения на его морфологию и сорбционные свойства. Создание новых неорганических веществ и материалов для современных наукоемких технологий – это одно из наиболее актуальных и перспективных направлений современного материаловедения.

Успешная реализация НИР во многом определяет развитие инновационных разработок различных отраслей науки, техники, медицины, совершенствование промышленных технологий и производств. При реализации НИР планируется уделить особое внимание целому ряду актуальных вопросов, связанных с получением и изучением новых неорганических веществ и материалов. Современный уровень технологий диктует все более жесткие требования к функциональным материалам различного назначения.

Перспективные устройства выходят на новый, улучшенный уровень характеристик, это частично позволяет реализовать применение наноматериалов с заданной микроструктурой, химическим и фазовым составом, которые определяют метод их получения.

Создание электропроводящих и оптических материалов, перспективных в качестве компонентов устройств нового поколения (химических газовых сенсоров, суперконденсаторов, оптических и электрохромных устройств) требует разработки методов целенаправленного получения высокодисперсных оксидов металлов с заданными составом и морфологией, которые приводят к реализации улучшенных качеств 2D- и 3D-наноматериалов на их основе, а также методов адресного нанесения покрытий с помощью современных печатных технологий, позволяющих повысить экономичность процессов и перейти к миниатюризации устройств.

Важно также отметить, что фундаментальной основой направленного синтеза неорганических веществ и функциональных материалов является исследование диаграмм состояния «состав-структура-дисперсность-свойства», определяющих состав, строение, стехиометрию и комплекс заданных свойств, а также синтез соединений в наноструктурированном состоянии. Важной задачей является исследование процессов синтеза на атомно-молекулярном и наноуровне, где закладываются стехиометрия, гомогенность, структура, дисперсность и другие важные характеристики. В создании функциональных материалов определяющую роль играет выбор прекурсоров – стартовых веществ, содержащих все необходимые компоненты целевых продуктов, а также выбор наиболее оптимальных технологических схем трансформации прекурсоров в материалы с использованием различных методов воздействия на вещество. В данном проекте предполагается осуществить достаточно широкий поиск новых веществ и материалов на основе гидридов и кластеров.

В первую очередь это касается соединений на основе кластерных анионов бора и гидридов легких элементов. Данные классы соединений имеют широкое применение в различных областях науки, техники и медицины. В настоящее время активно развиваются направления, связанные с созданием новых фармакологически-активных соединений бора, перспективных люминесцентных и магнитных материалов на основе комплексных соединений, водород-аккумулирующих гидридных веществ.

Все эти актуальные направления включены в задачи данного исследования. В рамках НИР запланирована разработка новых высокотемпературных материалов, актуальность которой обусловлена необходимостью создания отечественного оборудования для энергетических установок, авиационных двигателей и устройств с улучшенными физическими свойствами. При создании новых материалов определяющим является соответствие свойств вещества заданным параметрам, стабильностью в температурном диапазоне эксплуатации и стойкостью по отношению к контактирующим веществам в газообразном и конденсированном состоянии. Комплексное изучение сложных оксидов с высокими температурами плавления обусловлено перспективами их использования в качестве защитных покрытий ответственных деталей турбин энергетических установок и авиадвигателей. В последнее время встал вопрос о взаимодействии защитных покрытий с пылеобразными частицами природного и техногенного происхождения. Одна из проблем, на решение которой направлена НИР, связана с разработкой новых подходов к синтезу устойчивых пероксидных соединений и систем на их основе с высоким содержанием активного кислорода, перспективных для применения в качестве окислителей в быту, медицине, промышленности и других областях. Указанная проблема получения пероксидных систем, сочетающих высокую активность и стабильность остается актуальной с момента открытия пероксида водорода и развития тематики пероксидных соединений.

Пероксосоединения и материалы на их основе широко востребованы в качестве компонентов бытовой химии, косметики, материалов и реагентов для медицины, отбеливателей в целлюлозно-бумажной промышленности и окислителей в различных процессах химической технологии. Особое внимание в работе будет уделено материалам спинтроники. Создание квантового компьютера позволит решать задачи, которые невозможно решить с применением имеющихся компьютерных технологий за приемлемые промежутки времени.

Проблема создания материалов спиновой электроники до сих пор не решена. Развитие информационных технологий требует поиска новых веществ и материалов для устройств с наибольшей плотностью записи информации. Существует множество возможных направлений решений задачи поиска требуемых материалов. Многообещающими для хранения информации и в качестве основы элементной базы спинтроники являются молекулярные магниты и магнитные полупроводники. Молекулярные магниты – материалы с молекулярной структурой, в которых каждая молекула способна сохранять магнитный момент и служить для записи информации. Не менее актуален поиск стабильных к атмосферным условиям молекулярных магнитов, т.к. многие молекулярные магниты с наилучшими свойствами чувствительны к воздуху.

Поиск способов создания новых полимерных мембранных материалов, сочетающих высокие параметры проницаемости и селективности, является чрезвычайно актуальным как с точки зрения развития материаловедческой науки, так и для решения промышленных и экологических проблем, связанных, в частности, с проблемой выделения диоксида углерода (CO_2) из различных промышленных газовых смесей. Актуальность создания новых форм фармацевтических субстанций (лекарства пролонгированного действия, повышенной биодоступности, лингвальных форм и пр.) очевидна и является одним из основных трендов развития фармацевтического производства.

СКФ технологии (сверхкритические флюидные технологии) обработки фармацевтических субстанций расширяют возможности производства высокочистых фармсубстанций и получения их частиц с заданными характеристиками (размер частиц, полиморфный состав и пр.). Одним из объектов исследования НИР является диоксид кремния, который находит широкое практическое применение, в частности, в пищевой, фармацевтической промышленности, микроэлектронике и др.

Благодаря возможности получения наночастиц с высокоразвитой поверхностью распространено его использование для создания композиционных и гибридных материалов, которые применяются в альтернативной энергетике для создания систем накопления и генерации энергии, в аналитической химии и ряде других приложений. В частности, SiO_2 используют в качестве допанта для полимерных электролитов (мембран типа Nafion, СПЭЭК, ПБИ). Для направленного изменения свойств таких материалов

перспективным представляется использование в качестве добавки для создания гибридных материалов оксида кремния с функционализированной поверхностью. Взаимодействие групп на его поверхности с другими компонентами будет приводить к изменению свойств материала.

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

№ 124112900085-5

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 CO_2. 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 CO_2 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»

№ 124120300015-3

«Исследование закономерностей процессов гидрирования-дегидрирования жидких органических носителей водорода (ЖОНВ) на основе фракций каменноугольной смолы»

Проведено исследование основных закономерностей процессов гидрирования-дегидрирования жидких органических носителей водорода (ЖОНВ) на основе фракций каменноугольной смолы. Осуществлена разработка принципиальной технологической схемы и описание процесса получения водорода методом каталитического дегидрирования ЖОНВ. Результаты этой работы могут быть применены при дальнейшей разработке технологий запасания/хранения водорода в жидких углеводородных органических носителях.

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

№ 124121800040-7

Материалы и критические компоненты для водородных энерготехнологий

Целью проекта является создание научно-технологических основ разработки композитных водород-аккумулирующих материалов, а биполярных пластин и батарей топливных элементов, на базе результатов исследований, проводимых в Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии РАН и Южно-Африканском институте химии передовых материалов университета Западно-Капской провинции с последующей реализацией разработанных подходов путем изготовления опытных образцов указанных материалов с заданными свойствами и их интегрирования, с помощью индустриального партнера, в прототипы экологически чистых водородных систем для хранения и преобразования энергии.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

№ 124041100005-4

Определение режимов и сроков эксплуатации элементов конструкций с учетом структурных неоднородностей материалов, вызванных абсорбцией водорода из внешней среды

Цель научного исследования заключается в прогнозировании ресурса конструкционных материалов с учетом поверхностных эффектов и коррозионных факторов, вызванных абсорбцией водорода из внешней среды. Также целью исследования является разработка фундаментальных основ для экспериментального исследования и теоретического описания новых конструкционных материалов со структурой, изменяющейся в результате водородной деградации и под воздействием внешних термомеханических воздействий. Объектами исследования являются современные конструкционные материалы, в том числе функциональные, высокопрочные, наноматериалы и материалы, полученные с помощью цифровых технологий, а также элементы конструкций, машин и трубопроводных систем, транспортирующих водородосодержащие среды. Современные материалы характеризуются влиянием на их свойства сверхмалых концентраций водорода. Помимо новых задач моделирования и расчета влияния малого параметра, возникают проблемы их точного измерения, вызванные тем, что большинство современных приборов не приспособлены для точного измерения концентрации водорода менее 0,3 млн - 1. При этом важны не только результаты анализа измерения массовой доли водорода, но и распределение водорода по объему метала и энергиям связи с учетом напряженно-деформированного состояния в конструкциях.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124112200113-2

Разработка и исследование композиционного мембранного материала нового поколения для мембранных реакторов парового риформинга углеводородов

Проект направлен на разработку и создание основы сверхэффективного мембранного реактора парового риформинга метана/метанола – нового мембранного материала с уникальными каталитическими и масстранспортными характеристиками. Для этого предполагается разработка и создание селективного слоя – основы мембраны сплава Pd-Ag-Ru, отвечающего основным требованиям высокой механической прочности, устойчивости к дилатации и водородному охрупчиванию. Для создания универсальных мембранных материалов, способных эффективно работать не только при высоких, но и при низких температурах, на разработанный селективный слой будет нанесен сверхактивный наноструктурированный каталитический слой. Потенциал разработанных композиционных материалов будет исследован в процессах транспорта водорода. Предполагается, что благодаря такой конструкции мембраны будет зафиксировано значительное увеличение плотности проникающего потока водорода. Таким образом, по результатам выполнения проекта будут разработаны универсальные мембранные материалы нового поколения, которые смогут стать основой для создания эффективных мембранных реакторов парового риформинга российского производства.

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

№ 124062400072-8

Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг»: Разработка и обоснование использования материалов и технологий для водородной энергетики. Этап 2024 г

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. На этапе 2024 года будет: 1. Проведен анализ используемых технологий производства металлопроката и труб в соответствии с программами взаимодействия с ПАО «Северсталь». Проведение комплекса автоклавных испытаний металлопроката, а также основного металла и сварного соединения труб: 2. Оценка скорости диффузии и водородопроницаемости материалов. 3. Проведен анализ изменения физико-механических характеристик материала, структуры и характера изломов при воздействии газообразного водорода. 4. Проведена оценка склонности исследуемого металла к водородному охрупчиванию, в том числе различных типов микроструктуры ОМ и зоны СС. 5. Выполнены другие виды испытаний для определения стойкости исследуемого металла к водородному охрупчиванию.

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

5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

№ 124052000037-2

Взаимодействие метана и водорода газовой фазы с перспективными электрохимическими оксидными материалами для водородной энергетики и переработки углеводородного сырья

Исследования и разработки в области возобновляемой, распределенной и экологически чистой энергетики и энергосбережения, а также повышения эффективности переработки углеводородного сырья являются приоритетными направлениями развития науки и технологий. В последние годы широкое распространение получила разработка протонно-керамических электрохимических устройств (ПКЭУ): топливных элементов, электролизеров и мембранных реакторов. Особенностью ПКЭУ является преобразование энергии окислительно-восстановительной реакции между окислителем и водородсодержащим топливом в экологически чистую электроэнергию и / или в продукты с высокой добавочной стоимостью, например непредельные углеводороды. Основным компонентом ПКЭУ являются протонпроводящие оксиды, способные встраивать в свою структуру водород из газовой фазы. Это позволяет использовать ПКЭУ для реакций дегидрирования углеводородов с получением водорода высокой чистоты, а также для разделения изотопов водорода при относительно низких температурах эксплуатации 400 - 600 С, что обусловливает актуальность исследований в области разработки ПКЭУ для таких отраслей промышленности как нефти и газопереработка, атомная и распределенная энергетика. Важнейшей задачей при разработке ПКЭУ является поиск и изучение новых протонпроводящих материалов, которые должны отвечать жестким требованиям. К таким требованиям относятся: химическая и механическая совместимость с другими компонентами устройства, высокие значения протонной проводимости, химическая и термическая устойчивость в сухих и влажных восстановительных средах, а также высокая каталитическая активность в отношении реакций активации и окисления водородсодержащего топлива на поверхности оксидов. К настоящему моменту в литературе широко изучено взаимодействие H_2O и увлажненного H_2 с протонпроводящими оксидами $A(II)B(IV)O_3$ на основе $BaZrO_3$ и $BaCeO_3$ с применением электрохимических

методов, не позволяющих детально описать механизм взаимодействия газовой фазы с материалом. В тоже время, в литературе слабо представлены работы по изучению механизма взаимодействия углеводородов с указанными системами, а также работы, посвященные изучению механизма взаимодействия компонентов газовой фазы с A(III) B(III)O_3 перовскитами, в особенности оксидами на основе $LaGaO_3$. Поэтому, в рамках данного проекта запланировано изучение механизма взаимодействия H_2 и CH_4 газовой фазы с протонпроводящими оксидами BaCe0.7Zr0.1Y0.1Yb0.1O_3 и La0.8Sr0.2Ga0.8Mg0.2O_3. Выбор BaCe0.7Zr0.1Y0.1Yb0.1O_3 в качестве объекта исследования обусловлен его высокими электрохимическими свойствами при использовании в качестве электродного материала ПКЭУ, а также связан с недостатком имеющейся информации о механизме взаимодействия CH_4 и H_2 с данным оксидом. Выбор La0.8Sr0.2Ga0.8Mg0.2O_3 основан на недостатке информации по кинетике его взаимодействия с водородсодержащими компонентами газовой фазы. В литературе существует несколько работ в которых показано, что оксиды La1-xSrxGa1-yMgyO_3 обладают протонной проводимостью в воде и сухом водороде, а также могут быть использованы в качестве катализаторов конверсии аммиака, что делает La0.8Sr0.2Ga0.8Mg0.2O_3 перспективным компонентом электродов ПКЭУ. В рамках исследования будет использован уникальный метод изотопного обмена, позволяющий напрямую получать информацию о разрыве химических связей в молекулах, а также определять присутствие адсорбционных форм различного состава на поверхности оксида. Реализация запланированного исследования предоставит уникальную фундаментальную информацию и практически значимую информацию об устойчивости и каталитических свойствах объектов исследования, что поможет в разработке новых стратегий по оптимизации свойств материалов и подбору их оптимальных условий эксплуатации в ПКЭУ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124013000692-4

Новые материалы и устройства для водородной и электрохимической энергетики и сенсорных приложений

Поиск и разработка методик синтеза новых функциональных материалов для различных электрохимических устройств является актуальной задачей для современной отечественной науки с целью создания передовых технологий и устройств и преодоления дефицита материалов в условиях санкционных ограничений. В нашем отделе ведутся работы по созданию конкурентоспособных электролитов отечественного производства для топливных элементов, суперконденсаторов, первичных и вторичных электрохимических источников тока, газовых и жидкостных сенсоров, биосенсоров. Создание новых материалов электролитов для такого типа электрохимических устройств, сочетающих высокую ионную проводимость с химической, механической, термической стабильностью требует установки фундаментальных закономерностей формирования структуры таких электролитов, выявления основных факторов, влияющих на происходящие при этом процессы, создания молекулярных моделей переноса ионов и определения наиболее эффективных механизмов, обеспечивающих суперионную проводимость, а также разработки новых подходов и методик синтеза предложенных электролитов. Одной из наиболее важных задач является подбор электролитов для металл-ионных аккумуляторов, в частности, литий-ионных. Сейчас в ЛИА в основном используют жидкие и гелевые электролиты. Это делает аккумуляторы менее безопасными, поскольку при протечке или испарении электролита возможно воспламенение аккумулятора. Повысить безопасность и упростить конструкцию аккумулятора, исключив из неё сепаратор, можно за счет использования полимерных электролитов. Среди полимерных электролитов интерес вызывают полиэлектролиты, обладающие униполярной проводимостью. Среди полиэлектролитов наиболее известными являются иономеры перфторированных сульфокислот, в частности коммерческая мембрана Нафион. Она известна своей высокой прочностью, термической и химической стабильностью. Замена протона на катион лития открывает потенциальные возможности для применения данной мембраны в ЛИА, за счёт достижения униполярной проводимости по катиону лития. Для повышения проводимости в мембрану может вводиться низкомолекулярный растворитель (пластификатор). При правильном подборе пластификатора и солевых добавок проводимость такой литированной мембраны может достигать проводимости современных жидких литий-проводящих электролитов (~10-3 См/см). Чтобы ускорить подбор пластификатора и солевых добавок, можно использовать методы вычислительной химии, в частности метод молекулярной динамики (МД). Переход на твердые электролиты актуален и для других электрохимических устройств, поскольку большинство используемых в настоящее время химических источников тока и электрохимических сенсоров имеют жидкий электролит, что требует создания дополнительных решений для избежания утечек, а также ограничивает диапазон рабочих температур, связанный с испарением и замерзанием жидкости. Также наличие жидкости ограничивает стойкость изделия к ударным нагрузкам. Твердые электролиты обычно весьма требовательны к температурному диапазону эксплуатации. Известно лишь небольшое число материалов, способных к ионной проводимости при комнатной температуре. Такими соединениями являются гетерополикислоты, каликсаренсульфокислоты, суперионики на основе AgI, в кристаллической структуре которого часть атомов йода и/или серебра замещены другими. Ионная проводимость таких соединений находится в диапазоне 10-3–10-1 См/см. Одной из актуальных задач при разработке литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) является повышение емкости материалов отрицательного электрода при сохранении низкого потенциала литирования. В качестве альтернативы графиту, используемому повсеместно, может быть предложен кремний – широко распространенный и доступный материал. Теоретическая емкость кремниевых электродов составляет 4200 мАч/г, что в 11 раз выше, чем у стандартного графитового отрицательного электрода. Способы получения кремния хорошо отработаны в связи с тем, что кремний широко используется на промышленном уровне в полупроводниковой области (вычислительная электроника, солнечная энергетика). К тому же кремний характеризуется низким рабочим потенциалом внедрения ионов лития, составляющим ~0.5 В относительно электрода Li+/Li0, что также является его преимуществом. Однако кремнийсодержащие материалы отрицательных электродов обладают рядом существенных недостатков: изменение объема частиц материала при внедрении-экстракции ионов лития (до 300%); низкая кулоновская эффективность на первых зарядно-разрядных циклах; низкая ионная и электронная проводимость; низкая стабильность в ходе циклирования. Описанные выше недостатки могут быть частично или полностью устранены при создании кремний-углеродных композитов. В таких композитах углерод выступает в качестве защитной электропроводящей матрицы, в которую внедрен наноразмерный кремний. Углеродная матрица ограничивает взаимодействие поверхности кремния с электролитом. Наноразмерные частицы кремния могут быть расположены в

углеродной матрице таким образом, что за счет наличия свободного пространства в такой матрице увеличение их объёма при внедрении ионов лития не будет создавать избыточных механических напряжений в электродном материале. Это препятствует разрушению электродного материала на основе кремний-углеродного композита при многократном внедрении-экстракции лития. Другой актуальной задачей в сфере ЛИА является совершенствование материала положительного электрода. С начала эпохи ЛИА, которая стартовала в 1991 году, и до недавнего времени, $LiCoO_2$ (LCO) являлся лидером среди материалов положительного электрода в массовом производстве. Однако в электрохимических ячейках на основе LCO в процессе заряда и разряда реализуется всего 50% от теоретической ёмкости материала (274 мАч/г) вследствие нестабильности материала при глубоком литировании. Еще одним распространенным материалом положительного электрода является LiNixMnyCozO2 (NMC), теоретическая емкость которого составляет ~300 мАч/г. NMC обладает высокой плотностью энергии и длительным сроком службы, но он также не лишен недостатков (недолговечность, высокая стоимость, ограниченная мощность, ограниченная температурная работоспособность). Исходя из этого, задачей исследователей является поиск новых материалов положительного электрода, отвечающих современным требованиям. Для создания более высокоемкого варианта ЛИА возможна замена существующих материалов положительного электрода на V_2O_5, теоретическая емкость которого составляет 441 мАч/г. Преимуществом электродов на основе V_2O_5 является тот факт, что в зависимости от состава и структуры конкретного оксида, заряд электродов может происходить при менее положительных значениях потенциалов, чем потенциалы заряда традиционных материалов положительного электрода. За счет этого обеспечивается повышенная пожаро- и взрывобезопасность ЛИА. V_2O_5 обладает открытой слоистой кристаллической структурой, которая может способствовать легкой интеркаляции и деинтеркаляции Li+. Однако, при внедрении в электрод V_2O_5 трех атомов лития происходят необратимые структурные изменения, а также снижение потенциала разряда с 3.5 до 1.5 В. Электроды на основе V_2O_5 обладают плохой стабильностью при циклировании, низким напряжением разряда, низкими проводимостью и коэффициентом диффузии Li+, что ограничивает циклируемость таких электродов при высоких скоростях. Решить эти проблемы можно при оптимизации состава электродов на основе V_2O_5, например, за счёт внедрения гетероструктур или легирования катионов в кристаллическую структуру. Однако, наиболее дешевым и технологичным вариантом является подбор полимерного связующего, способствующего стабилизации циклирования электрода на основе V_2O_5. Полимерное связующее при минимальном содержании в составе электрода (≤10 масс. %) должно обладать хорошей адгезией к активным материалам и к металлическому токоподводу, хорошей электронной проводимостью, высокой химической стабильностью, не растворятся в электролите, но в то же время ограниченно набухать в нём. Поливинилиденфторид (ПВДФ) наиболее часто используется в качестве связующего в электродах для ЛИА. Однако ПВДФ обладает рядом недостатков, среди которых неэкологичностьего производства из-за необходимости использовать при приготовлении электродной суспензии органический растворитель НМП (н-6-метил-2-пирролидон), неудовлетворительные механические свойства. В качестве альтернативы ПВДФ могут быть использованы водорастворимые связующие: полиакрилонитрил (ПАН), полиакриловая кислота (ПАК), поливиниловый спирт (ПВС), альгинат натрия, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и другие. Очень важно оценить правильность выбора полимерного связующего для обеспечения эффективной работы литий-ионного аккумулятора, а также для совершенствования технологий производства. В отношении ХИТ на основе серебра и его соединений, являющимися интересными с точки зрения твердотельности этих устройств, а, следовательно, удобства сборки и эксплуатации, то подбор электродных материалов и изучение их состава для оптимизации свойств является здесь также актуальной задачей. Материалом анода в ХИТ на основе серебра и его соединений, как правило, являются композитные системы, состоящие из смеси мелкодисперсных порошков серебра, твёрдого электролита и сажи. Оптимальный состав анодного материала определяется законами перколяции и был определён в наших работах в рамках темкарты ранее. Для конструирования материала анода, было необходимо исследовать реакцию на границе серебро/твёрдый электролит и проверить гипотезу о влиянии кислорода на процесс переноса заряда через эту границу. Импеданс границы серебро/твёрдый электролит имеет две особенности: сильная зависимость формы спектров от амплитуды сигнала, а также низкочастотный (0.1–0.001 Гц) участок спектра, природа которого пока не ясна. Для катодного материала такого ХИТ проблемой является собственно выбор подходящего материала, поскольку сильные окислители нельзя использовать из-за низкого потенциала разложения электролитов на основе AgI (<1 В). Как правило, в таких ХИТ активным материалом катода служат различные полииодиды, которые нестабильны и постепенно разлагаются с выделением йода, что способствует деградации ячейки. Актуальность данных задач связана с необходимостью преодоления технологических барьеров в области таких электрохимических источников/накопителей энергии, как проточные батареи, суперконденсаторы с псевдоемкостью, топливные элементы с прямым преобразованием спирта, биотопливные элементы, а также усилением отечественных разработок в области сенсоров физиологически важных или канцерогенных веществ и биосенсоров. Топливные элементы с протонообменной мембраной, использующие в качестве топлива метанол (ПМТЭ) или муравьиную кислоту, являются важным элементом широкого спектра химических источников энергии, и их исследованию и разработке экспериментальных образцов последнее время уделяется большое внимание. Однако одной из существенных проблем ПМТЭ является особенность протекания реакции окисления МеОН и МК, заключающаяся в образовании промежуточных продуктов, в частности, CO, которые отравляют катализатор. Обычно в этих устройствах в качестве катализатора окисления МеОН или МК используется платина, входящая в состав анодного блока. Тем не менее, использование Pt приводит к двум важным проблемам: во-первых, отравление CO, который является одним из промежуточных продуктов, образующихся при реакции электроокисления метанола (РЭМ) или муравьиной кислоты (РЭМК) в кислой среде, во-вторых, её высокая стоимость и ограниченное распространение, что препятствует коммерческому внедрению. Были предприняты попытки использования палладия в качестве альтернативы платине из-за меньших проблем отравления в РЭМ и РЭМК. Однако и для таких катализаторов, накопление отравляющих веществ в ходе длительной эксплуатации является неизбежным и может значительно снизить их каталитическую эффективность. При поиске решения этой проблемы ПМТЭ в последнее время большое внимание стало уделяться исследованию наночастиц сплавов PdNi, наносимых на различные химически модифицированные аллотропы углерода. Ряд авторов продемонстрировал, что добавление никеля к Pd повышает эффективность этого материала, что было объяснено адсорбцией ионов OH– на поверхности оксидов Ni, которые способствуют окислению и удалению CO с поверхности. Механизм окисления первичных спиртов, и соответствующих альдегидов и кислот является сложным, многостадийным и pH-зависимым. Он до сих пор точно не установлен даже для монометаллических катализаторов, тогда как повсеместно на практике начинают использоваться биметаллические и катализаторы более сложной структуры. Соответственно, уточнение механизма электроокисления таких соединений позволит создавать катализаторы нужного состава и свойств. Биосенсоры – это электрохимические датчики на основе

ферментов, широко использующиеся для обнаружения различных аналитов в клинических, экологических, сельскохозяйственных и биотехнологических приложениях. Одним из наиболее важных направлений в области биосенсоров являются биосенсоры глюкозы, которые используются в системах непрерывного мониторинга глюкозы (СНМГ) в интерстицеальной жидкости. В настоящее время в России нет ни одного готового решения по любому из перечисленных компонентов активного слоя или поток ограничивающей мембраны, которое можно было бы использовать при разработке СНМГ в крови, тогда как одна из задач при переходе к персонализированной медицине и контролю социально значимых заболеваний, к которым относится и сахарный диабет, это создание таких систем. В связи с этим лабораторией начаты работы по созданию отечественных вариантов таких активных материалов и устройств. Современные амперометрические биосенсоры на основе ферментов реализуются по двух или трехэлектродной схеме. Трехэлектродная схема является более надежной, поскольку позволяет достоверно контролировать потенциал и ток рабочего электрода с активным ферментсодержащим слоем. Принцип работы сенсоров второго поколения, используемых в настоящее время повсеместно, основан на сопряжении биохимической реакции между ферментом и аналитом и электродной реакцией (перенос заряда) путем медиаторного электрокатализа и редокс-реакции на биоаноде. Как правило, рабочий и вспомогательный электроды сенсора являются углеродными или металлическими (из инертного металла или сплава), а электродом сравнения служит хлоридсеребряный электрод. В трехэлектродной схеме, реализуемой для сенсоров продолжительного действия, где важен постоянный контроль поляризации рабочего электрода, на поверхность рабочего электрода наносят активный слой. развиваются работы, позволяющие сократить экспериментальные исследования путем построения цифровой модели функциональных элементов и процессов, происходящих на электродах и в электролите электрохимического устройства. Топливный элемент - устройство, позволяющее напрямую преобразовывать электрохимическую энергию топлива в электрическую энергию. Одними из наиболее многообещающих топливных элементов для транспортных приложений являются твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ), так как они обладают следующими преимуществами: низкая рабочая температура (<100°C); длительная работа при высокой плотности тока; малый вес и компактность; длительный срок службы батареи; быстрый запуск и немедленный отклик к изменениям потребности в мощности. Однако, технология производства ТЭ является сравнительно новой, поэтому, по-прежнему возникает множество проблем, которые необходимо решить перед широкомасштабной коммерциализацией: снижение затрат производства, повышение долговечности и надежности, регулирование температуры и влагосодержания, отвод воды и многие другие. Большое влияние на параметры работы топливного элемента оказывают каналы, через которые поступает топливо или окислитель, т.к. канал играет непосредственную роль в транспортировке и распределении реагентов. Следовательно, изменение геометрических параметров канала является важным аспектом улучшения характеристик ТПТЭ. Явления, связанные с работой ТПТЭ, довольно сложны, и включают в себя трехмерную теплопередачу, перенос частиц и заряда, многофазные потоки и электрохимические реакции. Поскольку, эти явления происходят в компактной и сложной конструкции ТПТЭ, проводить измерения внутри топливного элемента довольно сложно и дорого. Поэтому в настоящее время для получения подробной информации о потоках жидкости, теплопередаче и химических реакциях в топливном элементе, и для улучшения его характеристик широко используется численное моделирование. Повышенный интерес в области проточных редокс-батарей вызывают новые типы батарей с более экономичными электролитами, а также гибридные батареи. В России количество научных групп, занимающихся такими системами очень невелико (СамГУ, РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИФХЭ РАН им. А.Н. Фрумкина, ФИЦ ПХФ и МХ РАН). В наших работах был предложен концепт двухмембранной нейтрализационной батареи с водородными электродами. При разряде батареи процесс нейтрализации кислоты и щелочи замыкается за счет реакции выделения водорода (РВВ) на положительном электроде, одновременно с окислением водорода (РОВ) на отрицательном электроде, а перенос ионов Na+ и Cl- через мембраны в пространство сепаратора приводит к увеличению концентрации раствора соли. В предыдущий отчетный период был предложен подход для повышения производительности нейтрализационной батареи за счет использования газодиффузионного электрода (ГДЭ) с раздельной подачей водорода и электролитов. Такая модернизация состава обоих электродов позволила устранить наблюдаемое ранее ограничение по удельному току разряда, а следовательно, применять более концентрированные электролиты (до 5 М) с высоким напряжением разомкнутой цепи (НРЦ), от 0,8 до 0,9 В. За счет этого в прошлый отчетный период были получены рекордные величины разрядной мощности таких батарей, составляющие 40-87 мВт см-2 в зависимости от концентрации электролитов (1,3 или 5 М). Введение платина-углеродных катализаторов в материалы электродов вместе с раздельной подачей водорода и электролитов позволило повысить КПД энергетического цикла батареи, а именно до 74%. Биоаноды, изучаемые в рамках направления электрокатализаторов и биоэлектрокатализаторов, используются и в таком типе электрохимических устройств, как биотопливные элементы. Биологические топливные элементы (БТЭ) – подкласс низкотемпературных топливных элементов, преобразующих химическую энергию окислителя в электрическую посредством биоэлектрокатализа. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ)– это высокоэффективные устройства преобразования энергии, генерирующие электрическую энергию без вредного воздействия на окружающую среду. ТОТЭ могут генерировать электроэнергию из различных видов топлива и могут использоваться как для стационарных установок, так и для электропитания транспорта. Один из главных недостатков ТОТЭ - высокие рабочие температуры (800-1000°C), которые существенно ограничивают выбор вспомогательных материалов, основными их которых являются интерконнекторы и герметики. В высокотемпературном исполнении ТОТЭ, стоимость вспомогательных материалов может превышать 50% от стоимости всего элемента. Таким образом, важнейшей задачей в дальнейшем совершенствовании технологии ТОТЭ является снижение рабочей температуры топливного элемента с 900-1000°C до 600-800°C при сохранении удельных мощностных характеристик. Поиск решения этой проблемы в настоящее время ведется по двум направлениям: разработка новых материалов для электродов и электролита, обладающих более высокой электропроводностью и электрохимической активностью, и применение традиционных материалов, хорошо зарекомендовавших себя в коммерческих ТОТЭ, но в виде пленочных покрытий толщиной менее 10 мкм. Наиболее привлекательно применение тонкопленочных покрытий для слоя твердого электролита, вносящего наибольший вклад в электросопротивление ячейки.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124022000034-4

Высокоэффективные протон-проводящие твердооксидные электролиты на основе допированного цирконата-цератa бария

В настоящее время существует потребность прямого получения электроэнергии из органического топлива в связи с постоянным ростом потребления электроэнергии и спросом на высокоэффективные и одновременно экологичные решения проблемы преобразования и хранения энергии. 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 и окислителя, и с другой стороны, – для получения, например, водорода и кислорода путем подвода воды и излишков электроэнергии из городской электросети, т.е. аккумулирования энергии. 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 расширение, высоким сопротивлением отдельных компонентов, и высокая рабочая температура, ускоряющая взаимодействие компонентов ТОТЭ и их деградацию. Такие проблемы приводят к значительному сокращению срока службы ТОТЭ, резко снижающегося или низкого КПД. Настоящий проект направлен на решение фундаментальных и технологических проблем создания среднетемпературного твердооксидного микротрубчатого топливного элемента на основе современного протон-проводящего электролита $BaZr1\text{-}xMxO_3\text{-}d$ (M – различные соотношения Ce, Yb, Y, Pr, Ho). В качестве матричного соединения будет использован сложный оксид цирконат бария со структурой перовскита, свойства которого будут целенаправленно изменяться путем частичного замещения циркония. Допирование приведет к некоторому изменению дефектной структуры матричного вещества и, как следствие, к изменению физико-химических свойств, а именно к изменению (увеличению) протонной проводимости, изменению характеристик спекания (уменьшению температуры) керамики из материала электролита. Также будут получены фундаментальные характеристики химической диффузии, самодиффузии протона, самодиффузии кислорода и поверхностного обмена в материалах электролита с различным допированием. Будут созданы модели ионной (протон, кислород) и дырочной проводимостей материалов электролита. Будет создан эффективный микротрубчатый твердооксидный топливный элемент на основе протон-проводящих электролита и катода, работающий на органическом топливе, с увеличенным временем жизни, вызванным отсутствием деградации его компонентов.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124022800191-6

Применение нейросетевых технологий для построения адаптивных систем управления автономными гибридными энергетическими комплексами на основе водородных топливных элементов

Расширение использования водорода является одной из стратегических задач современной российской энергетики. Наиболее перспективными установками для производства электроэнергии из водорода считаются топливные элементы, которые уже в настоящее время обладают высоким потенциалом для применения в системах электроснабжения объектов арктических территорий, потребителей вдоль магистральных газопроводов, в местах развития водородных кластеров. Однако для достижения наилучших показателей при использовании энергетических комплексов на основе топливных элементов актуальным является развитие их систем управления. Как и для многих типов энергоустановок эффективность водородных топливных элементов существенно зависит от их загрузки – на выходной (вольтамперной) характеристике топливного элемента можно выделить области, при работе в которых расход водорода будет существенно отличаться. Однако важная особенность водородных топливных элементов заключается в их плохо формализуемом поведении. Выходные характеристики топливных элементов могут значительно изменяться под воздействием внешних (таких как, температура) и внутренних (связаны с деградационными процессами) факторов. В результате реальная мощность топливного элемента и расход водорода будут отличаться от планируемых значений, а границы областей, в которых работа топливного элемента не эффективна или не допустима, будут смещены. Если система управления не способна учитывать происходящие изменения, это приведет к повышению расхода водорода, снижению времени автономной работы системы и срока службы оборудования. Решение данной проблемы может быть достигнуто за счет перехода к самонастраивающимся адаптивным системам управления. В основе таких систем предполагается использовать данные, полученные путем прогнозирования изменений выходных характеристик топливных элементов с учетом изменений внешних и внутренних факторов. Проект направлен на решение проблемы обеспечения высокой эффективности и надежности работы гибридных энергетических комплексов на основе водородных топливных элементов в системах электроснабжения удаленных малообслуживаемых объектов. Задачами проекта являются обоснование подхода, разработка и исследование моделей систем управления гибридными энергетическими комплексами на основе водородных топливных элементов с применением технологий нейронных сетей, обеспечивающих адаптацию настроек систем управления к изменяющимся в процессе эксплуатации выходным характеристикам топливных элементов под воздействием внешних и внутренних факторов. Научная новизна проекта заключается в развитии методологии построения самонастраивающихся адаптивных систем управления гибридными энергетическими комплексами на основе водородных топливных элементов с применением технологий нейронных сетей.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

№ 124042600028-5

Новый класс электролитов с супер-протонной проводимостью на основе сложных оксидов, построенных по блочному типу из фрагментов различных структур, для практического применения в среднетемпературных электрохимических устройствах для водородной энергетики и экологической безопасности

В настоящее время сильно меняются контуры всей мировой экономики – главной темой становятся декарбонизация, то есть, снижение углеродного следа, и развитие водородной энергетики. Все европейские страны планируют выйти на карбоновую нейтральность до 2050 года. Это очень сложная задача для Российской экономики, которая все еще функционирует в логике старого технологического уклада с использованием углеводородных ресурсов. Это предполагает, что все усилия науки должны быть направлены на повышение энергоэффективности производства, передачи и использования энергии, а это возможно лишь при условии инновационного развития на основе достижений фундаментальной науки, создания и внедрения новых эффективных, более надежных и долговечных материалов, оборудования и технологий. Одним из перспективных направлений решения проблем обеспечения электрической энергией потребителей в различных, в том числе и сложных климатических условиях, являются разработки в области технологий топливных элементов (ТЭ). Топливные элементы представляют собой электрохимические устройства для превращения энергии топлива в электрическую энергию. В таких устройства происходит прямое преобразование химической энергии в электрическую за счет протекания окислительно-восстановительных реакций на межфазных границах электронных проводников с ионными проводниками (электролитами). Так как минуется промежуточная стадия сжигания топлива с получением тепла и, соответственно, преобразование тепла в работу в этих устройствах отсутствует, их КПД и теоретически, и практически выше, чем у теплоэнергетических установок. Твердооксидные топливные элементы – это наиболее перспективный тип источников энергии данного вида. Преимущества твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) по сравнению, например, с ТЭ, работающих на комнатных температурах, в том, что они не нуждаются в дорогом катализаторе (платине). Преимуществом ТЭ также является также их экологическая чистота, так как продуктом сгорания в них водорода, как топлива, является вода. В последнее время существует мировой тренд на понижение рабочей температуры ТОТЭ вплоть до 500°С, что значительно уменьшает коррозию металлических и деградацию керамических компонентов, существенно повышает срок службы топливного элемента, что в, конечном итоге, позволяет добиться существенного удешевления стоимости производимой электроэнергии. Основным направлением разработок, позволяющим понизить рабочую температуру ТОТЭ без понижения эффективности, является научно обоснованный подбор материалов электролита с достаточно высокой протонной проводимостью при пониженной температуре и электродов (катода и анода) с приемлемыми эксплуатационными характеристиками. На решении этих проблем в настоящее время сосредоточены большие исследовательские усилия по всему миру, направленные на разработку новых материалов и совершенствование уже известных. Разработки и внедрение технологий топливных элементов в Уральском регионе, и в Свердловской области, в частности, имеют крайне высокую важность для освоения удаленных районов (автономные источники питания для жилья и техники), расширения сети трубопроводов (станции катодной защиты), утилизации сопутствующих газов нефтяных месторождений и проектирования новых образцов техники (гибридная и распределенная генерация). Однако, задача широкого коммерческого внедрения ТОТЭ до сих пор не решена. Предлагаемые в настоящее время материалы для ТОТЭ подвержены значительной деградации, поэтому малоэффективны, так как не могут обеспечить стабильность характеристик устройства. В настоящем Проекте предлагается разработка новых материалов с высокой протонной проводимостью в сочетании с химической стойкостью, что гарантирует достаточную долговременную эксплуатацию материалов в электрохимических устройствах при неизменности их рабочих характеристик.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124050300028-3

Совершенствование свойств и технологий получения твердооксидных функциональных материалов для электрохимических приложений

Проблемы глобального потепления и загрязнения окружающей среды обуславливают разработку эффективных и экологически привлекательных технологий превращения одного вида энергии (например, химической) в другой (например, в электроэнергию). С этой точки зрения все мировые страны сосредоточили свое внимание на активную реализацию программ водородной энергетики. Хотя “волны” интереса к такой энергетике возникают с определенной периодичностью, затем постепенно затухая, современная наука и технологии достигли уровня, который способен реализовать амбициозные планы по реальному сокращению углеродной нагрузки на окружающую среду. Твердооксидные электрохимические устройства относятся к привлекательному классу, которые обладают высокой эффективностью в отношении получения электроэнергии из водорода (топливные элементы) или, наоборот, получения водорода из электроэнергии (электролизеры). Такие устройства особенно привлекательны с точки зрения применения на территории России в виду географических особенностей (удаленные районы, зоны тундры, тайги) и имеющихся энергетических мощностей (гидроэлектростанции, атомные электростанции). Поэтому исследования, связанные с разработкой материалов и технологий для твердооксидных топливных элементов, электролизеров и других разновидностей является актуальной и важной задачей, стоящей перед настоящим проектом.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»

№ 124052900014-4

Инновационный подход к химическому дизайну “all-perovskite” электрохимических ячеек: идентичный ионный состав катода, анода и электролита

Глобальное изменение климата и истощение невозобновляемых источников энергии ставят перед человечеством новые задачи: поиск эффективных методов преобразования энергии и снижения негативного воздействия существующих технологий на окружающую среду. В связи с этим многие страны (в том числе, Россия) по-новому взглянули на энергетические проблемы, запустив программы развития водородной энергетики и снижения углеродной нагрузки. Электрохимические технологии – одни из наиболее привлекательных подходов для решения данных задач. В последнее время особое внимание уделяется электрохимическим устройствам на твердых электролитах для генерации электроэнергии (топливные элементы - ТОТЭ) и преобразования газов (электролизеры - ТОЭ). За последние годы были достигнуты значительные успехи в разработке и масштабировании таких устройств. Уже сейчас многие компании предлагают автономные электростанции на основе ТОТЭ. Например, Bloom energy предлагает к продаже подстанции на ТОТЭ мощностью 300 кВт, а учитывая большое разнообразие сценариев практического использование энергоустановок на основе ТОТЭ, вплоть до морского и авиационного транспорта, перспективы у твердооксидных технологий довольно высокие. Однако, на данный момент спрос на такие устройства невелик из-за высокой стоимости целевого продукта (электроэнергии / водорода), а также ряда недостатков выпускаемых сегодня ТОТЭ и ТОЭ. Многие недостатки текущего поколения ТОТЭ и ТОЭ, такие как высокая стоимость изготовления, крайне большое время выхода на рабочий режим (до нескольких суток из-за длительного восстановления никель-керметных электродов), химическое взаимодействие между материалами и т.д., обусловлены выбранным несколько десятилетий назад вектором развития химического дизайна ТОТЭ и ТОЭ, а именно использование многослойных гетерофазных структур с различающимися физическими, химическими и термомеханическими свойствами слоев. Многих из указанных выше недостатков лишены так называемые симметричные топливные элементы, в которых в качестве несущего слоя используется высокопроводящий электролит, а топливный и кислородный электроды имеют одинаковый химический состав, отличный от состава электролита. В рамках данного проекта будут выполнены разработки и исследования нового поколения электрохимических ячеек, в которых электролит, топливный и кислородный электроды будут иметь одинаковый ионный состав. Такой подход колоссально снизит время и ресурсозатраты на изготовление ячеек, позволит сократить время запуска из-за высокой термомеханической и химической совместимости компонентов ячейки и отсутствия стадии восстановления топливного электрода. Более того, такие ячейки способны работать как обратимые устройства в широком диапазоне напряжений, что существенно расширяет возможности их использования. Решенные в рамках проекта задачи позволят продвинуться в направлении стратегии научно-технологического развития Российской Федерации «H_2 Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повешение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». ТОТЭ и ТОЭ на основе разработанных новых материалов и электрохимических ячеек будут востребованы в энергетическом секторе, в атомной промышленности, в малой авиации (включая БПЛА) и т.д. Как показал поиск и анализ литературных данных, исследования данного типа электрохимических ячеек ранее не проводились, что делает идеологию и основную концепцию проекта новыми и уникальными.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124111200084-8

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 сегодняшних катализаторах платины и других драгоценных металлов более доступными элементами, повышение эффективности и стабильности каталитических систем на основе неблагородных металлов. В рамках проекта будет реализован следующий комплекс мероприятий: синтез оксида графена и восстановленного оксида графена; химическая модификация оксида графена одно-основными и двух-основными органическими аминами; изготовление мембран на основе производных оксида графена и тестирование их селективных свойств; синтез комбинированного углеродного носителя на основе терморасширенного оксида графена и кокса; синтез систем графен-металл и комбинированный углеродный носитель-металл (в качестве металлов будут выступать палладий, платина, медь, никель, кобальт, и их комбинация друг с другом); тестирование синтезированных композитных материалов на предмет каталитической активности в модельной реакции восстановления нитробензола; тестирование электрохимической активности синтезированных материалов в реакциях генерации водорода и восстановления кислорода. Результаты исследования приведут к разработке новых селективных мембран, а также новых каталитических систем.

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

№ 124101500490-5

Разработка новых подходов к высокотемпературному синтезу PtCo/C катализаторов

Проект направлен на разработку новых подходов к высокотемпературному синтезу высокоэффективных PtCo/C катализаторов для низкотемпературных топливных элементов. На сегодняшний день проблема получения активных и стабильных катализаторов с пониженным содержанием платины, высокой удельной активностью и повышенным ресурсом работы является актуальной для создания конкурентоспособных низкотемпературных топливных элементов. Снижение стоимости производимой электроэнергии и самих топливных элементов может быть достигнуто как за счет уменьшения содержания платины в каталитических слоях при сохранении высокой активности, так и за счет повышения стабильности катализатора и, как следствие, всего каталитического слоя. Одним из путей решения данной проблемы является создание катализаторов с биметаллическими наночастицами, нанесенными на

высокодисперсный углеродный носитель. Известно, что легирование платины различными d-металлами может приводить не только к снижению содержания платины в катализаторе, но и к повышению его удельной активности и стабильности. Несмотря на многочисленные исследования, разработка простых, технологичных и эффективных способов синтеза биметаллических платиносодержащих катализаторов остается актуальной научно-технической задачей. Для синтеза высокоэффективных PtCo/C катализаторов впервые предложено систематически изучить влияние микроструктуры Pt/C материалов, а именно средний размер и размерное распределение наночастиц, равномерность распределения наночастиц платины по поверхности углеродных носителей и содержание платины в образце, используемых в качестве промежуточного компонента при синтезе PtCo/C катализаторов. Нами предложена гипотеза, которая состоит в том, что использование Pt/C материалов с большей равномерностью распределения наночастиц по поверхности углеродного носителя по сравнению с используемыми в настоящее время стандартными коммерческими Pt/C материалами позволит получить PtCo/C катализаторы с лучшими функциональными характеристиками, по сравнению с имеющимися на рынке коммерческими аналогами.

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

№ 124101000296-8

Повышение долговечности электрокатализаторов для топливных элементов посредством направленной модификации углеродных носителей с учетом механизма деградации материалов в процессе их функционирования

Низкотемпературные топливные элементы с протонообменной мембраной (ПОМТЭ) являются важной частью интенсивно развивающейся водородной энергетики. Одними из ключевых компонентов таких устройств являются электрокатализаторы, ускоряющие протекание токообразующих реакций и обеспечивающие высокую эффективность работы ПОМТЭ. Наночастицы платины и ее сплавов, нанесенные на углеродный носитель, являются наилучшими электрокатализаторами реакций, протекающих на катоде и аноде топливных элементов. Способность электрокатализаторов сохранять свои характеристики в процессе функционирования характеризует их долговечность и во многом определяет ресурс работы ПОМТЭ. Стабильность и активность платиноуглеродных катализаторов зависят от их состава и особенностей иерархически организованной структуры. Актуальность проекта обусловлена необходимостью создания стабильных электрокатализаторов для водородной энергетики. Используемые во всем мире платиноуглеродные катализаторы подвержены высокой деградации в условиях работы, что снижает долговечность и эффективность топливных элементов и устройств на их основе. Создание материалов, обеспечивающих более длительный ресурс работы топливных элементов с протонообменной мембраной, является актуальным решением проблемы. Научная проблема, на решение которых направлен проект заключается в необходимости выяснения динамики и механизмов процессов реорганизации микроструктуры электрокатализаторов, происходящих в процессе функционирования катализатора в условиях электрохимической активации, длительного стресс-тестирования в лабораторных условиях, а также и при работе мембранно-электродных блоков для определения причин деградации материалов и прогнозирования способов повышения их стабильности. Научная новизна настоящего исследования состоит в получении новых знаний о механизмах реорганизации микроструктуры электрокатализаторов, происходящих в процессе функционирования материала, также о взаимосвязи природы азот-содержащих групп в N-допированном углеродном носителе с эффективностью влияния интеркалированного азота на сорбцию металлических НЧ в процессе синтеза, активность НЧ платины и ее сплавов в токообразующих реакциях, на стабильность электрокатализаторов. Прикладные задачи проекта: 1) разработка и масштабирование способов получения высокоэффективных электрокатализаторов для ПОМТЭ с повышенным ресурсом работы; разработка методик стресс-тестирования, повышающих корреляцию между результатами оценки стабильности электрокатализаторов посредством ускоренного стресс-тестирования в лабораторных условиях и результатами ресурсных испытаний в мембранно-электродных блоках топливных элементов.

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

№ 124110200014-8

Исследования в области повышения эффективности батареи топливных элементов

Разработка и исследование каталитических чернил и каталитических слоев для мембранно-электродных блоков водородно-воздушных топливных элементов. Разработка МЭБ, обеспечивающего на номинальном режиме работы высокие показатели по плотности тока Исследование материалов и разработка КР по герметизации БТЭ. Изготовление опытного образца ЕТЭ, БТЭ (5 ТЭ) с площадью активной зоны топливного элемента 200-225 см^2.

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

5.7 Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации

№ 124022800081-0

Методы водородопроницаемости и рентгенофазного анализа для определения предельной растворимости водорода в гафнии и цирконии

НИР направлена на выяснение деталей механизмов процесса выпадения и разложения гидридной фазы в конструкционных сплавах циркония, применяющихся в отечественных легководных реакторах, а также в близких по электронному строению металлах IV группы таблицы Менделеева (титане и гафнии). Исследования будут проводится с помощью специально модифицированного метода водородопроницаемости, нацеленного на изучение взаимодействия водорода с гидридообразующими материалами. Предлагаемая методика для указанных

целей ранее в мировой практике для заявленных целей не применялась и имеет ряд преимуществ перед традиционными подходами, основным из которых являются изотермические условия эксперимента формирования/разложения гидридной фазы и возможность получения информации о соотношении концентраций водорода в растворе и гидриде на всех этапах эксперимента. Полученные экспериментальные результаты будут сопоставлены с результатами численного моделирования с использованием оригинальных программ. Актуальность планируемого цикла исследований определяется тем, что многие конструкционные материалы при контакте с водородосодержащими средами склонны к так называемому водородному охрупчиванию, вызванному образованием хрупкой гидридной фазы в объеме материала. Это явление существенно влияет на срок и безопасность эксплуатации узлов и агрегатов из таких материалов. С такой проблемой часто приходится сталкиваться в ядерной энергетике, в нефте- и газоперерабатывающей отрасли, неизбежно она возникают в развивающейся водородной энергетике. Кроме этого, в России планируется запустить масштабное импортозамещающее производство поглощающих стержней нового поколения для реакторов на быстрых нейтронах. Взамен импортируемому карбиду бора предполагается использовать гидрид гафния, обладающий улучшенными характеристиками и увеличенным до 2 раз ресурсом эксплуатации. В результате актуальной становится задача выяснения условий гидрирования гафния, его термической стабильности и предельных режимов эксплуатации. Помимо этого, металлический гафний может использоваться в качестве конструкционного материала для изготовления узлов системы управления и защиты. В связи с чем его стойкость к водородному охрупчиванию также является важным предметом исследований. Научная значимость предлагаемых исследований и результатов определяется следующим: 1) в результате выполнения проекта будет разработан и опробован принципиально новый метод исследования процессов образования и разложения гидридов; 2) основной вопрос, на который будет получен ответ: существует ли существенная разница между концентрациями водорода в альфа фазе, соответствующими моментам начала выпадения и разложения гидрида, который позволит уточнить представления о механизме и кинетике процесса гидридообразования. 3) предполагается провести сопоставление результатов по величинам предельной растворимости водорода, полученных методом водородопроницаемости, и методом рентгенофазового анализа, что позволит сделать обоснованный вывод о применимости предлагаемой методики для определения предельной растворимости водорода в гидридообразующих металлах.

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

№ 124031100062-8

Фотоника и оптоэлектроника на основе наногетероструктур полупроводников A3B5 для экологического мониторинга, водородной энергетики и медицины

В последние годы интенсивно развиваются исследования наногетероструктур на основе узкозонных полупроводников A_3B_5 и приборостроение для современной ИК фотоники и оптоэлектроники. Данный процесс способствует реализации задач в области энергетики, информационных технологий, СВЧ коммуникаций, а также улучшению качества жизни населения путем повышения уровня экологической безопасности и медицинской диагностики. Процессы ударной ионизации в полупроводниках в течение многих лет являются объектом исследований, что обусловлено важностью изучения фундаментальных физических явлений и необходимостью создания полупроводниковых приборов для систем волоконно-оптических линий связи, лазерной дальнометрии и др. Явление ударной ионизации может быть использовано для улучшения параметров светоизлучающих структур и приборов (светодиодов, лазеров) с целью повышения квантовой эффективности и увеличения выходной оптической мощности (Михайлова МП и др. // 2020. ФТП. Т.54, №12. С. 1267-1288). Работы по созданию и совершенствованию лавинных фотодиодов ближнего и среднего ИК диапазона активно ведутся во многих отечественных и зарубежных научных центрах. Экологические проблемы, связанные с техногенным загрязнением атмосферы и водной среды, являются одним из вызовов современному обществу. В ближней и средней ИК области спектра располагаются полосы поглощения природных и промышленных газов (CO, CO_2, CH_4, H_2S и др.), паров воды, биологических веществ. Многие научные коллективы в мире работают над созданием высокоэффективных полупроводниковых источников и приемников излучения для ближнего и среднего ИК диапазона, а также оптических сенсоров и анализаторов на основе оптопар «светодиод-фотодиод». Для многих средневолновых светодиодов на основе гетероструктур InAsSbP/InAs в научной литературе и спецификациях отсутствуют данные об их фотонном шуме, т.е. о спонтанных флуктуациях выходной мощности. Однако при проведении прецизионных оптических измерений указанная характеристика является одной из наиболее существенных, так как определяет отношение сигнал/шум измерительной системы. Светодиоды среднего ИК диапазона пока находятся на периферии знаний в отношении исследования шумов, в отличие от светодиодов на основе InGaN/GaN (Chernyakov A.E. et al. // 2014. Journal of Crystal Growth. V. 104. P. 302-304; Lee I.-H. et al. // 2017. Appl. Phys. Lett. V. 111, № 6. P. 062103-(1-5)). Так, основной проблемой известных в настоящее время полупроводниковых светодиодов является невозможность обеспечения низких шумов и высокой мощности без принудительного охлаждения, высокой надежности и эффективности/малого энергопотребления. Все это не позволяет создавать портативные и недорогие датчики для анализаторов, в том числе для анализаторов пластика. Развитие современной науки и техники требует разработки фотоприемников, обладающих высоким быстродействием для регистрации лазерного излучения в ИК области спектра. Данный параметр является определяющим при выборе фотоприемника для таких направлений как лазерная диодная дальнометрия и локация, лазерная спектроскопия газов и молекул, а также для волоконно-оптических линий связи и систем оптической связи в свободном пространстве. Однако экспериментальное определение быстродействия ИК фотоприемников (B. Chen et al. // 2021. Photonics. V.8, № 14. P. 2–19) остается достаточно сложной задачей как с точки зрения подбора источника излучения, так и из-за трудностей согласования измерительного тракта. В настоящее время внимание научного сообщества обращено к альтернативным источникам энергии, в том числе водородному топливу. Для безопасных условий эксплуатации водородных двигателей, транспортировки и хранения жидкого и газообразного водорода необходимо разрабатывать высокочувствительные и быстродействующие сенсоры водорода, надежные и простые в эксплуатации, работающие при температуре окружающей среды.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

6. Управление научно-технологическим развитием энергетики

6.1 Межотраслевая цифровая платформа для управления технологическим развитием отраслей ТЭК (при Минэнерго России)

№ 124110200034-6

Разработка и исследование моделей машинного обучения для решения фундаментальных задач искусственного интеллекта в топливно-энергетическом комплексе

Модели машинного обучения могут быть успешно применены для решения широкого круга перспективных задач в различных областях экономики России, включая топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Данная работа является актуальным фундаментальным исследованием, направленным на разработку и сравнение вычислительно-эффективных методов обработки разнородной информации в ТЭК. В проекте предлагается разработать и реализовать новые методы обучения и интерпретации результатов работы моделей машинного обучения, включая большие генеративные модели и их элементы - трансформеры. Актуальность исследований в настоящем проекте определяется с одной стороны необходимостью учета ряда факторов и особенностей данных, полученных в ТЭК, а с другой стороны фундаментальным характером новых моделей и методов, которые являются перспективными с точки зрения их применения в самых различных областях экономики. Научная новизна данной тематики определяется впервые предложенным решением ряда фундаментальных вопросов машинного обучения, в частности разработки элементов доверенного искусственного интеллекта (ИИ) на основе методов интерпретации результатов работы моделей машинного обучения применительно к генеративным моделям. Разработка и исследование новых моделей деревьев решений позволит создавать композицию деревьев решений и нейронных сетей, расширив возможные области применения обеих моделей. Также новым направлением развития машинного обучения является разработка моделей обучения на концептах, которые сочетают традиционные статистические подходы с методами работы со знаниями в экспертных системах, что впервые позволит объединить индуктивное и дедуктивное обучение при решении задач топливно-энергетического комплекса. Исследования настоящего проекта направлены на перспективные задачи повышения доверия к моделям машинного обучения, а также обоснованности и робастности результатов их работы с целью оценки возможности их будущего практического применения в ТЭК.

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

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

№ 124022100057-2

Концептуальные основы конструирования информационно-аналитической системы управления сбалансированным природопользованием ресурсных территорий

Ресурсные территории имеют свои эколого-экономические характеристики, которые необходимо исследовать для устойчивого развития данных территорий для сбалансированного природопользования и для принятия эффективных управленческих решений. Поэтому, при реализации научной темы: «Концептуальные основы конструирования информационно-аналитической системы управления сбалансированным природопользованием ресурсных территорий» выбран междисциплинарный подход, основанный, во-первых, на геоэкологическом анализе ресурсных территорий, а во-вторых, на экономической оценке их природных ресурсов. Геоэкологический анализ даст возможность оценить реальную экологическую обстановку, экономический подход обеспечит разработку методологических и методических аспектов экономической оценки ущерба и вреда, нанесённого хозяйственной деятельностью, и концепцию реабилитации и управления ресурсными территориями. Предлагаемый междисциплинарный подход совмещения геоэкологического анализа и экономической оценки природных ресурсов позволит определить экономические, социальные и экологические потери общества и природы от техногенного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. Данный подход особенно актуален для ресурсных территорий, так как позволит оценить размер как натурального, так и стоимостного ущерба и разработать эффективные природоохранные мероприятия для предотвращения техногенной опасности от освоения и разработки невозобновляемых и возобновляемых природных ресурсов. Это позволит оценить реальную величину экономического ущерба от экологических нарушений, что необходимо для: оценки общей эффективности экономики, отбора инвестиционных проектов и для реализации принципов экологического страхования. Многофакторность процессов и большой объём данных предопределяет необходимость создания алгоритма их обработки на базе цифровых моделей. Разработка информационно-аналитических систем обусловлено необходимостью быстрого реагирования на внутренние и внешние угрозы и вызовы, а также на снижение их негативного влияния посредством своевременных и целенаправленных управленческих решений. Для функционирования ИАС актуальным является определение трансформации природной среды, ключевых индикаторов ее конструирования и адаптации формируемой базы данных к алгоритмам пространственно-временных моделей сбалансированного природопользования применительно к различным видам ресурсов (воздушным, водным, лесным, земельным, топливно-энергетическим) на примере ресурсных регионов, имеющих различные эколого-экономические характеристики. Ресурсные территории имеют свои эколого-экономические характеристики, которые необходимо исследовать для сбалансированного природопользования и для принятия эффективных управленческих решений. С точки зрения экономической оценки природных ресурсов научным сообществом достаточно основательно разработаны методологические подходы и соответствующие методики. Научные разработки получили практическое применение. Непосредственно Центром природопользования и геоэкологии Института экономики УрО РАН получены следующие основные результаты: – В результате эмпирического анализа определены теоретические особенности концепции сбалансированного природопользования. – Предложены концептуальные и методологические положения сбалансированного освоения природно-ресурсного потенциала и направления поиска баланса между экономической целесообразностью и разумным отношением к природе в современных

экономических условиях. – Исследованы ключевые концептуальные положения и методологические основы экономического и административного регулирования природопользования в условиях трансформации пространственного размещения невозобновляемых и возобновляемых природных ресурсов. Достаточно изучен и проработан в теоретическом и практическом аспектах вопрос геоэкологического анализа природных ресурсов. В этой связи в целях комплексной оценки природных ресурсов возникает необходимость использования в дальнейших исследованиях междисциплинарного подхода, основанного, во-первых, на геоэкологическом анализе ресурсных территорий, а во-вторых, на экономической оценке их природных ресурсов. Геоэкологический анализ даст возможность оценить реальную экологическую обстановку, экономический подход обеспечит разработку методологических и методических аспектов экономической оценки ущерба и вреда, нанесённого хозяйственной деятельностью, и концепцию реабилитации и управления ресурсными территориями. Предлагаемый междисциплинарный подход совмещения геоэкологического анализа и экономической оценки природных ресурсов позволит определить экономические, социальные и экологические потери общества и природы от техногенного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. Данный подход особенно актуален для ресурсных территорий, так как позволит оценить размер как натурального, так и стоимостного ущерба и разработать эффективные природоохранные мероприятия для предотвращения техногенной опасности от освоения и разработки невозобновляемых и возобновляемых природных ресурсов. Это позволит оценить реальную величину экономического ущерба от экологических нарушений, что необходимо для: оценки общей эффективности экономики, отбора инвестиционных проектов и для реализации принципов экологического страхования. Для реализации междисциплинарного подхода в организационном плане осуществлено создание научного подразделения, объединяющего Центр природопользования и геоэкологии и Лабораторию оценки эколого-экономических ущербов. Для этих целей за счет гранта Министерства образования и науки приобретено лабораторное оборудование для решения геоэкологических задач. Цель научного исследования состоит в разработке концептуальных (теоретико-методологических) основ и моделей конструирования информационно-аналитической системы управления сбалансированным природопользованием ресурсных территорий в условиях глобальных вызовов и угроз.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124073000041-4

Анализ динамики энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации, энергоемкости валового регионального продукта субъектов Российской Федерации, анализ изменения объемов потребляемых ресурсов (в том числе выраженных в CO2-экв.)

Проведение научно-исследовательской работы по теме: «Анализ динамики энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации, энергоемкости валового регионального продукта субъектов Российской Федерации, анализ изменения объемов потребляемых ресурсов (в том числе выраженных в CO_2-экв.)», необходимо для выработки предложений по совершенствованию нормативного правого регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности наиболее энергоемких отраслей экономики на основании данных анализа изменения объемов потребления ресурсов, в том числе выраженных в CO_2-экв., а также подготовки ежегодного государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации. Целью научно-исследовательской работы является анализ динамики энергоемкости ВВП Российской Федерации, энергоемкости валового регионального продукта (далее – ВРП) субъектов Российской Федерации, анализ изменения объемов потребляемых ресурсов (в том числе выраженных в CO_2-экв.) и разработка обоснованных предложений по улучшению данных показателей за счет реализуемых мер государственной политики. В соответствии с поставленной целью будут реализованы следующие задачи: • Расчет и анализ динамики энергоемкости ВВП Российской Федерации, в том числе выраженный в CO_2-экв; • Анализ энергоемкости секторов экономики Российской Федерации; • Анализ влияния повышения энергетической эффективности отдельных отраслей экономики и других сегментов потребления энергии на изменение динамики энергоемкости ВВП Российской Федерации и на сокращение выбросов парниковых газов в России; • Сравнительный анализ произведенных расчетов с динамикой энергоемкости ВВП зарубежных стран; • Анализ факторов, влияющих на уровень и динамику энергоемкости ВРП; • Анализ изменения объемов потребляемых ресурсов на территории Российской Федерации в целом и отдельно по каждому субъекту Российской Федерации; • Анализ текущей методики и многофакторной модели оценки изменения потребления энергии в России, разработка обоснованных предложений по их совершенствованию. Методология исследования связана с комплексным применением анализа и синтеза, системного подхода, методов теоретического познания институциональной экономической парадигмы, а также экономико-математических методов, включая экономический анализ.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

№ 124070300026-7

Выполнение научно-исследовательской работы «Формирование фактического топливно-энергетического баланса Амурской области за 2023 год и актуализация целевого прогнозного топливно-энергетического баланса Амурской области в зависимости от цены на природный газ с учетом межтопливной конкуренции на 2025 год оценкой до 2030 года»

Исследование взаимосвязей систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции всех секторов экономики за энергетические ресурсы.

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

6.3 Цифровые технологии для прогнозирования спроса на топливо и энергию на долгосрочную перспективу по стране и регионам с учетом изменений в экономике страны

№ 124020300005-7

Сценарное моделирование торговых потоков российской нефтегазовой отрасли

Санкции, наложенные рядом стран в ответ на начало специальной военной операции России на Украине, коснулись отраслей ТЭК России, в частности это сказалось на объемах торговых потоков российской нефтяной отрасли и их направлениях. В число действующих санкций входит: ограничение импорта технологий в сфере нефтепереработки; запрет на импорт в Россию товаров прямо или косвенно участвующих в добыче и переработке нефти; ограничение на предоставление новых займов; ограничение на экспорт российской нефти (в США, Великобританию, Канаду); приостановка работы на территории РФ крупнейших мировых нефтесервисных компаний; ценовые ограничения и др. Потенциальным риском еще большего сокращения и переориентации торговых потоков для отрасли является вступление в силу запрета на транспортировку нефти (5 декабря 2022 г.) и нефтепродуктов (5 февраля 2022 г.) по морю в ЕС и третьи страны по цене, превышающей «ценовой потолок», ограничения на услуги операторов по страхованию транспортировки нефти морским транспортом, и т.д. В данных условиях представляется актуальным проведение сценарного моделирования внешнеторговых потоков российской нефтяной отрасли в условиях инфраструктурных и санкционных ограничений на краткосрочную и среднесрочную перспективу.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

6.4 Модельно-информационные средства для обоснования приоритетных направлений научно-технологического развития отраслей ТЭК страны для различных внешних условий

№ 124032600076-7

Комплексные исследования приоритетов развития энергетики Республики Саха (Якутия) с учётом влияния на окружающую среду и разработка способов, методов повышения энергетической эффективности и надежности локальных электроэнергетических систем труднодоступных, изолированных территорий Севера и Арктики

Цель научного проекта состоит в исследовании влияния инновационно-технологических, инфраструктурных и прочих факторов на пространственное и структурное развитие энергетики региона Севера (на примере РС(Я)) с учетом обеспечения энергетической безопасности и влияния на окружающую среду в долгосрочной перспективе с разработкой технических решений по повышению эффективности работы и эксплуатационной надежности локальных электроэнергетических систем, функционирующих в изолированных и труднодоступных территориях Севера и Арктики. Проект предполагает разработку практических рекомендаций по следующим направлениям: - по сценариям развития структуры энергетики, обеспечивающим надежное, экономичное и экологически чистое энергоснабжение потребителей региона Севера, с выделением вариантов энергоснабжения потребителей изолированных и труднодоступных территорий в арктических районах РС(Я); - по мониторингу экологического состояния при освоении природных ресурсов Южной Якутии и по минимизации воздействия на окружающую среду; - по стратегическим направлениям развития энергетики РС(Я) в долгосрочной перспективе с учетом социально-экономических последствий их реализации.

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

№ 124052100024-1

Разработка материалов к разделам проекта Генеральной схемы развития газовой отрасли Российской Федерации на период до 2050 года в части сценарных условий, государственного регулирования и институционального развития газовой отрасли с учетом текущих и ожидаемых направлений стратегического развития топливно-энергетического комплекса страны и Проекта Концепции развития внутреннего рынка газа

Целью работы является формирование сценарных условий развития газовой отрасли Российской Федерации, прогнозного состояния внешних рынков газа, разработка предложений по совершенствованию институциональных условий функционирования газовой отрасли страны. Будут учены актуальные тенденции и сценарии социально-экономического развития Российской Федерации, состояние и перспективы отраслей топливно-энергетического комплекса и ситуации на внешних рынках газа, а также ожидаемые направления государственной энергетической политики в стране, на прогнозном горизонте до 2050 года.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 124123100042-2

Разработка теоретических основ построения горнотехнических систем при переходе к роботизированным и дистанционно управляемым технологическим процессам

В Российской Федерации в силу особого геополитического положения имеется реальная возможность занять ведущие мировые позиции в сфере устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса. При этом устойчивые тренды изменения минерально-сырьевой базы страны в ближайшей перспективе связаны с переходом открытых и подземных работ на большие глубины, резким истощением запасов большинства разведанных месторождений с благоприятными условиями добычи и переработки минерального сырья, а также нарастающим накоплением значительных объемов техногенного сырья, сопоставимого по качеству с рудами перспективных месторождений. Это обстоятельство кардинально изменяет характер и интенсивность влияния природных и техногенных факторов

на выбор технологического уклада горнотехнических систем - геотехнологий и комплексов инновационного оборудования для освоения рудных месторождений и техногенных образований в сложных горно-геологических и природно-климатических условиях. Горнотехнические системы на месторождениях твердых полезных ископаемых в России функционируют в основном, благодаря импорту оборудования, материалов и комплектующих, цифровых решений из стран ближнего и дальнего зарубежья. Технологии добычи полезных ископаемых ориентированы на извлечение с высокой интенсивностью необходимого объема минерального сырья из недр. При этом весьма низко развиты технологии полного цикла производства продукции высокой стадии передела, равно как уровень использования отходов в полном цикле комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых. Действительно, вовлечение в эксплуатацию бедного природного и техногенного сырья влечет рост интенсивности воздействия на. осваиваемый участок литосферы, изменяющий свое качественное состояние. Формируются техногенно измененные массивы, для которых характерно наличие зон с отличающимися от исходных свойствами пород и усложненным напряженно-деформированным состоянием, присутствие рудной минерализации различного вещественного состава, что обуславливает создание новых систем управления качеством добываемых руд и техногенного сырья. При установлении закономерностей устойчивого функционирования горнотехнических систем на первый план выступает проблема расширения и синтеза геотехнологических процессов за счет перехода к дистанционно управляемым и роботизированным технологиям, обеспечивающим на всех стадиях жизненного цикла освоения участка недр рациональных значений производительности горнотехнических систем в различные периоды их функционирования. Развитие этого положения неразрывно связано с ресурсосбережением, промышленной и экологической безопасностью на базе своевременного внедрения нового технологического уклада горного производства с минимизацией технических и технологических рисков. Для перехода к технологическому суверенитету в горной промышленности России необходимо рассмотреть прогнозные сценарии развития горной промышленности в соответствии с новыми глобальными принципами взаимодействия с зарубежными производителями оборудования и потребителями отечественного сырья, оценить возможности повышения полноты и комплексности освоения недр России в целях извлечения, как из недр, так и из минерального вещества всего перечня необходимых металлов и элементов, угля и горно-химического сырья в объемах и качестве, необходимом для объективно необходимого внутреннего производства и потребления собственной горной и горно-перерабатывающей промышленностью. Ключевым звеном в этом является опережающий переход к дистанционно управляемым и роботизированным технологическим процессам (при различных сценариях развития событий) с оценкой перспектив их внедрения на горнодобывающих предприятиях России.

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

РЭА
МИНЭНЕРГО РОССИИ

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