

МОНИТОРИНГ НИОКТР: РАЗВИТИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

ДАЙДЖЕСТ ЗА 2022 ГОД

Москва, 2023 г

Уважаемые читатели, перед вами дайджест реферативных описаний научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, содержащихся в Единой государственной информационной системе учёта результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР), отнесённых к перечню приоритетных технологических направлений, представленных в Прогнозе научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года, утверждённом приказом Минэнерго России от 21.12.2021 № 1436 (Прогноз НТР ТЭК).

Дайджест подготовлен РЭА Минэнерго России и предназначен для компаний ТЭК, а также научных и промышленных организаций, интересующихся перспективными исследованиями с целью обеспечения своей конкурентоспособности и повышения квалификации своих работников.

Материалы дайджеста отобраны программным решением, разработанным РЭА Минэнерго России, которое позволяет проводить анализ данных ЕГИСУ НИОКТР на предмет соответствия приоритетным технологическим направлениям Прогноза НТР ТЭК по ключевым словам и позициям ГРНТИ

В дайджесте содержатся описания 313 НИОКТР, зарегистрированных в 2022 году, **относящихся к приоритетным технологическим направлениям Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК России***, с указанием объёмов финансирования и идентификационных номеров в ЕГИСУ НИОКТР.

Создание дайджеста стало частью комплексной работы по обеспечению технологического суверенитета энергетики в рамках исполнения РЭА Минэнерго России функций:

- федерального органа научно-технической информации по использованию результатов научно-технической деятельности организаций в сфере топливно-энергетического комплекса, энергосбережения и повышения энергетической эффективности (постановление Правительства Российской Федерации от 24 июля 1997 г. № 950 «Об утверждении Положения о государственной системе научно-технической информации»);
- отраслевого центра компетенций по научно-технологическому развитию ТЭК (письмо первого заместителя Министра энергетики Российской Федерации П. Ю. Сорокина от 17.04.2023 № ПС-6013/11 об исполнении п.4 приложения 1 Рекомендаций по возложению полномочий на заместителя руководителя федерального органа исполнительной власти ответственного за научно-технологическое развитие, утвержденными Председателем комиссии по научно-технологическому развитию Российской Федерации Д. Н. Чернышенко от 27.12.2022 № 15979п-П8).



* см. Приложение

ТОП-10 приоритетных технологий Прогноза НТР отраслей ТЭК России

Перспективные направления	Количество НИОКТР	Сумма, млрд ₽
1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел	22	1,126
4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии	24	0,796
5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде	13	0,716
1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии	14	0,671
4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими	46	0,573
2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного	3	0,499
4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа	13	0,426
3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу	4	0,321
1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей	5	0,259
1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП	23	0,217

ТОП-5 заказчиков НИОКТР

Заказчики НИОКТР	Количество НИОКТР	Сумма, млрд ₽
Российский научный фонд	108	2,91
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации	92	2,97
Федеральное государственное бюджетное учреждение Российский фонд фундаментальных исследований	24	0,086
Публичное акционерное общество «Газпром»	15	0,095
Федеральное государственное бюджетное учреждение фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	13	0,627

ТОП-10 исполнителей НИОКТР

Заказчики НИОКТР	Количество НИОКТР	Сумма, млрд ₽
Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ»	14	0,087
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»	13	0,187
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»	12	0,074
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»	11	0,057
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»	10	0,098
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук	10	0,049
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»	10	0,264
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук	7	0,44
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»	6	0,059
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук»	6	0,098

СОДЕРЖАНИЕ

Отрасль: нефтяная

Цифровая модель Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, седиментогенез и литостратиграфия, закономерности размещения нефтяных и газовых месторождений, детализированная количественная оценка ресурсов углеводородов в традиционных и нетрадиционных скоплениях как основа прогноза развития нефтегазового комплекса	12	РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ	21
Цифровые гидрогеологические и гидрогеохимические модели нефтегазоносных бассейнов центральных и южных территорий Западной Сибири	12	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА	22
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВЫХ УЧАСТКОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ КИРИНСКОГО ГКМ С СОВМЕЩЕННЫМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ	13	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА	22
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МИКРОФЛЮИДНЫХ ЯВЛЕНИЙ; ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ (НЦМУ «Передовые цифровые технологии», Соглашение № 075-15-2022-314 от 21.04.2022)	13	РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦИИ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ	23
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДКИ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ РНФ-38	14	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ С ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ	23
РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА	15	СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДИНАМИКА НЕДР ЗЕМЛИ – КОРЫ, ВЕРХНЕЙ МАНТИИ И ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ	24
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	15	ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА СКВАЖИНЫ С БОКОВЫМ ОТВЕТВЛЕНИЕМ В НЕОДНОРОДНОМ ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ	25
ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	16	СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	25
ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	16	СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НАЗЕМНОГО СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА (ГРП) НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА	26
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ НАНОМАТЕРИАЛ	17	КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КЕРНОВОМ МАТЕРИАЛЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОРИСТУЮ СРЕДУ В ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ	26
ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	17	ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРП И МГРП ДЛЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ХАМАКИНСКОМ И ТАЛАХСКОМ ГОРИЗОНТАХ ЧАЯНДИНСКОГО НКМ	27
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	18	РАЗРАБОТКА МАКЕТА ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ЭЛЕКТРОКЛАПАНА	27
ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОЛГОСРОЧНОЙ СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОВИНЦИЙ СИБИРИ И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА, ДИВЕРСИФИКАЦИИ МИРОВЫХ РЫНКОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ, ГЛОБАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	18	ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ	28
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА (ЭТАП 2022 г.)	19	РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПУНКТОВ НА БАЗЕ РОТОРНОГО ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА МАЛОЙ МОЩНОСТИ	29
АДАПТАЦИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА, МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОРИСТУЮ СРЕДУ В ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА, К ЗАДАЧАМ ИССЛЕДОВАНИЙ	20	РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ И РЕАГЕНТАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	29
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЗАПОЛНЕНИЯ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ	20	РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	30
ПРОТОТИП МОДУЛЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИЗАЙНА ПРОПАНТНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В КАРБОНАТНЫХ И ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ	21	ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕХАНИКО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ПРЕДБУРОВЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	30
		ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ (3D) МАКРО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	31
		ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ (ЭТАП 2022 г.)	31
		РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В СКВАЖИНАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ	32
		СЕЛЕКТИВНОЕ РЕАКЦИОННОЕ АДОРБЦИОННОЕ ОБЕССЕРИВАНИЕ БЕНЗИНОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА И НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ТРИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ni-Cu-Zn НАНЕСЕННЫХ СИСТЕМАХ (РАДС2020)	32
		КАТАЛИЗ В ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЕ: СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ В СЛАБЫХ РЕАКТОРАХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ В МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА И СЫРЬЕ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ	33

Композитные катализаторы гидрирования CO, полученные на основе природных полимеров и солей металлов	34	Химические аспекты энергетики: моделирование процессов окисления и горения, углеродные и композитные наноматериалы для альтернативной энергетики	45
Разработка каталитических систем на основе нанодисперсного гидроксипатита и железо-замещенного гидроксипатита для окисления серосодержащих соединений в нефтепродуктах	34	Разработка технологии приготовления катализатора методом горения раствора для переработки попутного нефтяного газа	46
Промотированные кристаллические алюмосиликаты и алюмофосфаты с заданной пористой структурой – гетерогенные бифункциональные катализаторы для нефтехимии и органического синтеза	35	(Регион) Разработка и исследование перспективных полупроводниковых катализаторов на основе допированного SnO ₂ и композитов SnO ₂ /TiO ₂ для процессов фотоэлектрокаталитического преобразования солнечной энергии	46
Развитие масс-спектрометрических методов для медико-биологических применений: новые решения для молекулярной, изотопной и элементной масс-спектрометрии	35	Разработка новых высокоэффективных катализаторов на основе пористых ароматических каркасов для процессов получения компонентов моторных топлив и продуктов нефтехимии	47
Разработка подходов и алгоритмов построения виртуальных анализаторов для повышения эффективности функционирования массообменных технологических процессов нефтепереработки и нефтехимии	36	Разработка катализаторов на основе мезопористых носителей для получения компонентов биотоплив из продуктов переработки лигноцеллюлозной биомассы	47
(Регион) Исследование параметров гидроконверсии термолизного масла (продукта переработки отходов пластиков) в компоненты экологически чистых моторных топлив	36	Математическая модель катализатора процесса нефтепереработки	47
Научно-технологические основы переработки углеводородного сырья для получения углеродных материалов, продуктов нефтепереработки и нефтехимии, в том числе с использованием высокоэнергетических воздействий	37	Катализаторы и каталитические процессы связывания углекислого газа и других парниковых газов с получением высокомаржинальных продуктов	47
Исследование условий извлечения анионов органических кислот из нефти с целью определения методом ионной хроматографии (КФ-868)	38	Разработка каталитических систем, содержащих благородные металлы, на основе микро-мезопористых материалов для получения ценных продуктов из отходов нефтехимической и деревообрабатывающей промышленности	48
Моделирование гетерогенного процесса совместной переработки вакуумных дистиллятов, низкокачественных и остаточных нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах	38	Кинетические исследования конверсии смол, выделенных из тяжелой нефти, при гидротермальном облагораживании в некаталитическом и каталитическом процессах акватермолиза	48
Каталитические системы на базе наноразмерных смешанных оксидов для энергоэффективных и экологичных процессов селективного гидрирования кислород- и азотсодержащих органических соединений.	39	Разработка кинетической модели на основе фракционирования асфальтенов тяжелых нефтей для оценки механизма процесса акватермолиза	49
Фундаментальные математические модели процессов переработки нефтяного сырья в высокооктановые бензины и дизельное топливо	39	Каталитическое получение водорода с использованием материалов на основе перовскитоподобных оксидов	49
Разработка материалов на основе смешанных оксидов Mo, W и Ni в качестве компонентов массивных катализаторов гидропроцессов	40	Катализаторы на основе наноструктурированных материалов для процессов переработки углеродсодержащего сырья в компоненты моторных топлив и нефтехимические полупродукты	50
Исследование алюмосиликатных наноматериалов в качестве компонентов катализаторов гидропроцессов	41	Три-риформинг углеводородных топлив: дизайн катализатора и физико-химические основы энергоэффективного способа получения синтез-газа	50
Создание и развитие научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты»	41	Отрасль: газовая	
Влияние присадок на эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива	42	Разработка технологии и методов предиктивной аналитики технического состояния узлов газоперекачивающего агрегата по эмиссии вредных веществ (NO _x и CO _x)	51
Молекулярный дизайн тетрагалогенидов 3D-металлов для получения высокоэффективных каталитических систем процессов изомеризации углеводородов с целью получения высокооктановых компонентов бензинов	42	Технология получения синтез-газа и кислорода методом высокотемпературного электролиза дымовых газов газоперекачивающих агрегатов и газотурбинных электростанций	51
Создание и развитие научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов»	43	Разработка прототипа подвеса ротора с использованием осевого гибридного активного магнитного подшипника (АМП)	51
Исследование алюмосиликатных наноматериалов в качестве компонентов катализаторов гидропроцессов	43	Анализ эксплуатационных данных газотурбинного газоперекачивающего агрегата с применением методов машинного обучения	52
Разработка методов расчета теплофизических свойств технически важных веществ	44	Разработка комплексной интегрированной технологии аддитивного производства деталей авиационно-космической техники из отечественных металлических порошков	52
Получение углеводородов из бионефти с помощью рутениевых катализаторов на основе нанослойных цеолитов	44	Математическое моделирование гиромангнитных эффектов фуллеренов в молекулярном кристалле фуллерита	53
Создание фундаментальных основ рационального дизайна нового поколения каталитических систем для высокоэффективных и экологически безопасных процессов получения энергии и моторных топлив, органического синтеза, защиты окружающей среды и глубокой переработки природного и альтернативного углеродсодержащего сырья в ценные химические продукты	45	Математическое моделирование гиромангнитокалорического эффекта в углеродных молекулярных кристаллах под действием нестационарного магнитного поля в целях разработки инновационного метода производства сжиженного природного газа (СПГ)	53

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОМПРЕССОРОВ ОТПАРНОГО ГАЗА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СПГ-ТЕРМИНАЛОВ В РАМКАХ ПОДПРОГРАММЫ «СОДЕЙСТВИЕ ПРОВЕДЕНИЮ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТНЫХ РАЗРАБОТОК В ГРАЖДАНСКИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ» 54

Отрасль: угольная

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА МОНИТОРИНГА ФУГИТИВНЫХ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ИХ СОКРАЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧИСТЫХ УГОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 55

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ УКРЕПЛЕНИЯ 55

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТРЕЩИНАТО-ПОРИСТЫХ УГЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВСЕСТОРОННЕГО СЖАТИЯ И РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН РАСКЛИНИВАЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ 55

ПРОВЕДЕНИЕ ШАХТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СКВАЖИНАМИ С ПОВЕРХНОСТИ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ШАХТЫ ИМ. С.М. КИРОВА 56

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МЕТАНА КУЗБАССА В ПОЛЕЗНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ УЧИТЫВАЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИХ СОСТАВА. 56

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗА ИНТЕРПОЛИРОВАННЫМИ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО 57

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СТРУКТУРА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, РАЗВИТИЕ ОСНОВ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ И ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ 57

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ОСВОЕНИЯ 57

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ПИРОЛИЗА УГЛЕЙ . 58

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УГЛЕЙ И ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 59

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СТРУКТУРНО-МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА УГЛЕЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И РАЗВИТИЯ УГЛЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ... 59

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА И ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДАННОГО КЛАССА КАНЦЕРОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РЕГИОНЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ 60

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КУЗБАССЕ 60

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ И ЭЛЕКТРОТЕПЛОвого ПРОБОЯ В ТВЕРДЫХ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВАХ 61

РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ 61

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ 62

ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛОвого ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАХОРОНЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ 63

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПИРОЛИЗЕ, ГАЗИФИКАЦИИ И ЗАЖИГАНИИ УГЛЕЙ КУЗБАССА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 63

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ ГЕОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС 64

РАЗРАБОТАТЬ ИННОВАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И СЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ 64

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ СВЧ-ПИРОЛИЗА ИЗ БИО-УГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ 65

УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ ТОПЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ 66

Отрасль: электроэнергетика (кроме атомной энергетики)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУКЦИЙ ПО ВЫПЛАВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ» В РАМКАХ СЧ «СПЛАВ-МОРЕ» 68

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ УСТАНОВОК ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДООЧИСТКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ОТХОДОВ В ВИДЕ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА, РАЗРАБОТКА ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА МОДУЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ОТ 1 ДО 500 м. КУБ./ЧАС ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛО-, ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И КОММУНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ 68

МЕХАНИКА ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЕЩЕСТВО В ПРИЛОЖЕНИЯХ К ТЕХНОЛОГИЯМ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ 68

СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТВЁРДОГО БИОТОПЛИВА В ПАРОГАЗОВОМ ЦИКЛЕ 69

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК 69

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 69

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ЭНЕРГБЛОКА ТЭС (НА ПРИМЕРЕ ТЭЦ МЭИ) 70

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ОБЛИКА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ПЕРСПЕКТИВНОМ ВИДЕ ТОПЛИВА 70

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПЕРЕМЕШАНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В КАМЕРАХ СО СЛОЖНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ 71

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПЛОВЫМ АППАРАТОМ ТУРБИНЫ ПУТЕМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ 71

СОЗДАНИЕ И АПРОБАЦИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И ИСПЫТАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК 71

АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ И СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 72

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПГУ В УСЛОВИЯХ ПЕРВИЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ 72

ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ ХЕМОСОРБЕНТ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ 73

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ CO₂ В СИНТЕТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И ВЫСШИЕ СПИРТЫ 74

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА 74

РАЗРАБОТКА И МНОГОУРОВНЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО МИКРОВОЛОКНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА С ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА ЕГО ОСНОВЕ 74

Технико-экономическая оценка процессов взаимодействия диоксида углерода, воды и активных металлосодержащих поверхностей в рамках обоснования эффективной технологии утилизации углекислого газа с генерацией экологически чистых энергоносителей	76	Физико-химические технологии для энергетики	89
Гидрирование CO_2 в ценные химические продукты на новых индий-содержащих системах	77	Структурный дизайн и химическое конструирование фототермических наноматериалов на основе дихалькогенидов переходных металлов	90
Разработка, создание и усовершенствование технологий выделения, переработки и утилизации CO_2	77	Фундаментальные и прикладные исследования, направленные на создание перспективных элементов и устройств микро- и наносистемной техники	90
Устойчивая утилизация дымовых газов фототрофно-гетеротрофными микробными консорциумами в сочетании с производством биоэлектричества и биотоплива	78	Цифровая автоматизированная система контроля и управления материальным и энергетическим балансом кремниевого производства. «Умный» цех по производству кремния – интеллектуальные нейро-комплексы	91
Каталитические системы нового поколения на основе d-металлов и ферроценных лигандов для переработки углекислого газа	79	Оптические и электронные свойства коррелированных полупроводниковых структур пониженной размерности	92
Разработка непрерывного процесса получения циклических органических карбонатов из эпоксидов и CO_2	80	Изучение свойств и процессов в сильнонеидеальной, в том числе коллоидной, плазме	93
Разработка катализаторов конверсии CO_2 в углеводороды и оксигенаты	80	Разработка опытного образца ЖК-элемента с прозрачными проводящими контактами, выполняющими одновременно функцию ориентирующего покрытия для использования в дисплейной технике и биомедицине	93
Разработка инновационных каталитических материалов и систем для решения проблемы декарбонизации путем получения ценного химического продукта (метанола) из CO_2	80	Исследование механизмов формирования, микроструктуры, электрофизических и оптических свойств дисперсных, объемных и тонкопленочных функциональных материалов оптоэлектроники и сенсорики	94
Исследования электронных, акустоэлектронных и оптических свойств синтетического алмаза и мультислойных структур на его основе	80	Тонкие размерно-упорядоченные нанокластерные пленки металлов как материал, эффективно поглощающий широкий спектр оптического излучения	94
Исследование электрооптических свойств гетероперехода n-GaN/p-InO для создания высокоэффективных датчиков УФ излучения	81	Наноматериалы и структуры для наноэлектроники и радиофотоники: получение, наноструктурирование, разработка перспективных устройств	95
Физические основы технологии ионно-лучевой обработки оксида галлия для создания приборов силовой электроники	81	Экспериментальное и теоретическое исследование квантовых эффектов в системах пониженной размерности	96
Развитие и исследование новых энергоэффективных методов управления высоковольтными силовыми преобразователями в условиях низкой частоты переключений полупроводниковых модулей	82	Разработка и испытание опытного образца многоэлементного ориентированного пирометра	97
Приоритетные оценки и создание физической модели кипения недогретой жидкости с наночастицами в большом объеме на основе градиентной теплометрии	82	Сверхбыстрые фотохимические процессы в донорно-акцепторных молекулярных системах и их проявления в нестационарных спектрах	97
Разработка подходов к математическому моделированию блоков силовой электроники (БСЭ) электроприводов РСУ. Формирование облика и расчет характеристик БСЭ электропривода импеллера	83	Гетеропентацены – новые фотостабильные сенсibilizаторы для третьего поколения солнечных батарей: синтез, теоретическое моделирование и структурная оптимизация	98
Гибридные $\text{sp}^3\text{-sp}^2$ углеродные материалы как платформа для разных областей электроники: синтез, строение и свойства	83	Молочно-белый кварц для нужд высокотехнологичных (hi-tech) отраслей промышленности: оценка влияния степени рекристаллизации кварца на эффективность обогащения и возможность получения прозрачного кварцевого стекла	99
Исследование радиационного дефектообразования в широкозонных полупроводниках (4H-SiC, GaN, Ga_2O_3)	84	Новые стекла и стекломатериалы на основе системы $\text{Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, легированной Cr_2O_3 : синтез, фазовое разделение, физико-химические свойства	99
Исследования и разработка конструктивно-технологических решений по созданию приборных структур на основе алмазных монокристаллических материалов и подложек с локальными алмазными монокристаллическими областями для перспективных образцов твердотельной СВЧ ЭКБ и радиоэлектронных устройств	85	Разработка новых электрон-транспортных слоев для повышения эффективности и стабильности перовскитных солнечных батарей	100
Полупроводниковые устройства стабилизации переменного напряжения на отечественной компонентной базе силовой электроники для нормализации качества электрической энергии и снижения потерь в цифровых распределительных электрических сетях	86	Теплофизические и оптические свойства наножидкостей для высокоэффективного преобразования солнечной энергии в тепло	101
Использование микроструктурированных поверхностей для интенсификации теплообмена при движении жидкости в микриканале	86	Исследование влияния примесей переходных металлов на электронные свойства кремния с дислокациями, как элемент инженерии дефектов для технологий солнечных элементов	101
Разработка технологии производства агломерата с накатыванием топлива на гранулы шихты	87	Исследование новых гетероструктурных материалов с использованием сегнетоэлектрических пленок для создания рабочих элементов солнечных батарей	102
Изучение процессов переноса в перспективном вихревом топочном устройстве	87	Гибридные органо-неорганические материалы для устройств преобразования энергии: структура, термодинамика, свойства	102
Получение ценных органических соединений путем фотокаталитического восстановления CO_2 . Строение катализаторов и механизм их каталитического действия	87	Высокоэффективные полимерные солнечные фотоэлементы на основе тройной стратегии и нефуллереновых акцепторов	102
Разработка физических основ получения наноструктур с квантовыми точками в активных областях для оптоэлектронных приборов	88	Развитие роторной аэродинамики для решения ветроэнергетических задач	103

Структура и динамика атмосферного пограничного слоя над неоднородной поверхностью	103	Разработка структурированного катализатора и фундаментальных основ проведения окислительной конверсии дизельного топлива в синтез-газ для использования в энергоустановках на основе топливных элементов	114
Разработка и исследование прототипа автоматизированного шпилькопнатижителя с контролем вытяжки	104	Разработка технологий применения вторичных и возобновляемых низкопотенциальных источников энергии для повышения энергетической эффективности и экологических показателей при производстве теплоты и холода с использованием органического топлива	115
Исследование обледенения лопастей горизонтально-осевых ветроэнергетических установок для модернизации малых распределенных энергосистем региона	104	Разработка макетов композитных биполярных пластин топливных элементов	116
Разработка и исследование цифровых двойников атмосферного пограничного слоя в окрестности ветропарков	105	Разработка графитонаполненных полимерных материалов для композитных биполярных пластин твердополимерных топливных элементов	116
Разработка и исследование методов цифровой обработки сигналов на базе нейросетевых технологий в измерительных каналах с особыми требованиями надежности	106	Разработка комбинированной системы с применением распределенной генерации и установок накопления электроэнергии для повышения качества электроснабжения	117
Реверсивные насос-турбины с переменной скоростью вращения импеллера для аккумуляирования энергии	106	Разработка автоматизированного комплекса для мониторинга гидравлических параметров мелиоративной сети на основе возобновляемого источника энергии. (Программа развития ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева «Агропрогресс - 2030» в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет - 2030»)	117
Исследование процессов тепломассопереноса на геотермальных месторождениях	107	Разработка структур и алгоритмов управления электростанциями на базе фотоэлектрических установок для повышения устойчивости по частоте современных энергообъединений	118
Исследование кинетики окислительной торрефикации биомассы	107	Разработка адаптивной системы управления электроэнергетическими системами с высокой долей возобновляемых источников энергии на базе методов машинного обучения с интеллектуальным отбором и восстановлением значимых исходных данных	118
Разработка программно-аппаратного комплекса для мониторинга и управления малыми энергосистемами (в т.ч. на транспорте) и контроля газомоторного топлива для газифицированных автомобилей и стационарных объектов (водород, метан, пропан-бутан)	107	Разработка твердотельных трансформаторов для интеграции нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в сетях электроснабжения Республики Крым	119
Новые гибридные материалы и фотоэлектрохимические процессы для водородной энергетики	108	Углеродные точки для фотокаталитической генерации водорода	119
Разработка приоритетных направлений развития энергогенерирующих мощностей на основе комплексного многофункционального использования их свойств с учетом неравномерных графиков энергопотребления, обеспечения безопасности, ресурсных показателей	108	Выделение, очистка, компримирование и хранение водорода	120
Исследование масштабов развития низкоуглеродных энергетических технологий с учетом эффектов их интеграции в электроэнергетическую систему России	109	Технологические решения для максимальной интеграции возобновляемых источников в электрические сети	120
Разработка технологии и дизайна медьсодержащих катализаторов на основе сложных оксидов Zr-Al для процесса получения ацетальдегида из возобновляемого сырья	109	Механизмы снижения вредных выбросов в энергетических установках за счет использования водорода и метано-водородных видов топлива	121
Экспериментальные и расчетно-теоретические исследования процессов термохимической конверсии биомассы в энергетическое топливо и разработка экологически безопасных методов термохимической утилизации техногенных отходов. Энергоэффективность обособленных территорий с замкнутым социально-хозяйственным циклом.	110	Экспериментальные исследования физических механизмов горения микроструй водорода	121
Разработка научно-технических основ создания гибридных энергокомплексов, включающих в себя установки солнечной, ветровой и водородной энергетики, а также современные и перспективные накопители энергии	110	Кинетический накопитель энергии со сверхпроводниковым генератором	122
Разработка интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистемах	110	Повышение эффективности комбинированного источника теплоснабжения здания на основе использования возобновляемых источников энергии	122
Биметаллические кластеры перспективные для применения в катализе	111	Повышение эффективности электростанций потребителей путем оптимизации режима работы накопителя энергии по критериям использования собственной генерации и продления срока его службы	123
Разработка и испытания прототипа высокоэффективного преобразовательного устройства для возобновляемых источников энергии на основе фотоэлектрических панелей номинальной мощностью 1 кВт	111	Применение систем накопления электроэнергии и устройств на их основе для обеспечения эффективной работы системы электроснабжения при наличии в ее составе электростанций на базе возобновляемых источников энергии	123
Физико-химические технологии для энергетики	112	Моделирование и методы управления киберфизическими системами в мультиэнергетических микросетях	124
Исследование устойчивых режимов работы и их достижения в системе электрической генерации автономного потребителя	112	Исследование и разработка методов анализа нарушений и оптимального управления режимами распределенных электрических сетей (микросетей) на основе технологий искусственного интеллекта	124
Интегрированные электротехнологические системы и установки	113	Развитие теории построения, моделирования и расчета интеллектуальных электротехнических комплексов и систем с применением возобновляемых источников энергии	124
«Матричная конверсия углеводородных газов в водород и водородсодержащие продукты»	113		
Разработка физико-химических основ синтеза консолидированных слоев адсорбента с целью интенсификации динамики адсорбции	114		

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	125	ИОННЫХ ПУЧКОВ	135
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ НЕСКОЛЬКИХ РАЗНОРОДНЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	125	СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОСИРЬЯ	135
ИОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ГРАДИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛИ В РЕЧНОЙ И МОРСКОЙ ВОДЕ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА	126	ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	135
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ И МИКРОСЕТЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ	126	ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЕВЫХ МЕМБРАН	136
РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ УПРАВЛЯЕМОГО СИНТЕЗА ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ СПРЕЙ-ПИРОЛИЗА ..	127	ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	136
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОТИВОАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭНЕРГОСИСТЕМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВО ВРЕМЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	127	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА И РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА МЕТАНА	137
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА СРЕДНЕГО И НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ОПТИМИЗАЦИИ ИХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ	128	РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА	137
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ СИСТЕМ С АКТИВНЫМИ ЧАСТЯМИ НА ПРИМЕРЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	128	ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НАКОПЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА	138
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ	128	РАЗРАБОТКА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА	138
«СОЗДАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ТЕПЛОвого ПОТОКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ, А ТАКЖЕ В СИСТЕМАХ «УМНЫЙ ДОМ»	129	ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ЭТАП 2022 Г.)	138
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И ОБОРУДОВАНИИ СИСТЕМ КЛИМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ	129	СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА	139
МЕТОДЫ И МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА НАДЕЖНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	129	РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В СИНТЕЗ-ГАЗ И ВОДОРОД В РЕАКТОРАХ С ЭФФЕКТИВНОЙ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ.	140
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ	130	РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СЖАТИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ПУТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА	140
«ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН» - ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	131	МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	140
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ-ГАЗОВАЯ ТУРБИНА	131	СОЗДАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ВОДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ..	141
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ (ИНЖЕНЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ) ТЭК (ЭТАП 2022 Г.)	131	ДИЗАЙН НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРЕСАХ ВОДОРОДНОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	141
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ	132	НОВЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОГО РАССЧЕПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНОДИРОВАНИЯ	142
ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ И ФУНКЦИОНАЛОМ	133	КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВКИ	142
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ	133	РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	143
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВИДЕ ГИБРИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО НА СПЛАВЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ	134	РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОНОМНО РЕГУЛИРУЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ	144
ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	134	ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ ИЗ СМЕСЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С МЕТАНОМ И УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ, КОМПРЕССИИ И ХРАНЕНИЯ В МЕТАЛЛОГИДРИДАХ	144
		РАСШИРЕНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ТЭЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АККУМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГИИ	145
		ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЁР С СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ ГЕНЕРИРУЕМЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С ВОДОРОДНЫМ ЦИКЛОМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ	146
		ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ ПИЛОТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ..	146
		РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭС И АЭС	147
		ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-КЕРАМИЧЕСКИХ ЛАМИНИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПРЕКЕРАМИЧЕСКИХ БУМАГ	147
		МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	147

Отрасль: водородная энергетика

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ

Металл-полимерные мембранные материалы для выделения водорода из газовых смесей	147	Новые эффективные катализаторы реакций восстановления кислорода и окисления водорода на основе металлоорганических координационных пектиновых биополимеров для протонообменных мембранных топливных элементов	158
Разработка гибридной энергетической установки с электрохимическим генератором с водород-воздушным топливным элементом и накопителем электроэнергии для экологически чистых электрических городских автобусов, легковых и малотоннажных коммерческих транспортных средств	148	Оценка углеродного и токсического следа для автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей	160
Электрохимические источники тока для возобновляемой энергетики	148	Разработка технологии изготовления мембранно-электродного блока (МЭБ) твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ).	160
Современные функциональные наноматериалы и исследование их кристаллической и магнитной структуры методами спектроскопии. Шифр «Функция»	149	Разработка автономной мобильной гибридной энергосистемы на базе водородных топливных элементов.	160
Научное обоснование влияния гидрохимических и микробиологических процессов на развитие коррозионных явлений при сонахождении водорода и метана в широком диапазоне концентраций в геологических объектах различного типа	150	Дизайн новых стерически-затрудненных солей фосфония и их применение в создании функциональных «умных» материалов	161
Организация НИЦ «Материалы и технологии для водородной энергетики»	150	Водородные топливные элементы с большим сроком службы	161
Разработка и тестирование прототипа химического генератора водорода для систем энергоснабжения на основе водород-воздушного топливного элемента.	150	Разработка стека твердополимерного топливного элемента	162
Моноатомные Pd катализаторы для получения водорода на основе ковалентных триазиновых каркасов	151	Разработка фундаментальных основ функционирования полимерной протонообменной мембраны с нанесенным каталитическим слоем в низкотемпературном водородном топливном элементе	163
Разработка катализатора и технологии разложения аммиака	151	НИЛ «Материалы для «зеленой» энергетики»	163
Эффективные теплоизоляционные силикатные материалы для водородной энергетики	152	Оценка экологического эффекта перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) автомобили и электромобили в регионах России. Атлас	163
НИЛ «Генерация, хранение и транспортировка водорода и энергоносителей с низким углеродным следом»	152	Развитие подходов к дизайну структурированных катализаторов переработки возобновляемого растительного сырья в водородсодержащие смеси для питания топливных элементов	164
Моделирование строения и свойств гетероструктур нитрид бора - графен для эффективной адсорбции водорода	153	Разработка контейнера хранения для водородной газозаправочной станции	165
Моделирование комплексных эколого-экономических эффектов производства низкоуглеродного водорода в России	153	Разработка новых полимерных нанокомпозитных мембран и электродов для водородных топливных элементов на полибензимидазольной мембране в рамках глобального энергетического перехода к низкоуглеродной энергетике	165
-Термодинамика и катализ как основа стратегии создания перспективных процессов получения топлив из возобновляемого сырья и технологий аккумулирования водорода с использованием ненасыщенных органических соединений	154	Радиационно-модифицированные протонообменные мембраны для топливных элементов и электролизеров	165
Разработка технологии создания металлогидридного источника тока на основе матрицы Al-P3Э с целью реализации водородной энергетике	154	Испытания батареи планарных твердооксидных топливных элементов, номинальной электрической мощностью 2 кВт	166
Разработка селективного термодинамического сенсора водорода	155	Макетирование и изучение процессов, протекающих в электрохимических устройствах на основе твердых электролитов	166
Разработка технического задания на пилотную водородную заправочную станцию	155	Лаборатория «Автономные гибридные электроэнергетические комплексы»	166
Разработка фундаментальных подходов для определения остаточного ресурса элементов конструкций и машин на основе метода акустопругости с учетом пластического деформирования, усталости и индуцированной водородом деградации внутренней структуры	155	Разработка принципов построения и алгоритмов управления автономной гибридной энергоустановкой с искусственным интеллектом для выравнивания нагрузок тяговых подстанций РЖД	167
Формирование металлогидридных пленок и оценка их сорбционных и десорбционных характеристик по водороду	156	Разработка кислородно-водородного топливного элемента на основе цельнометаллического газодиффузионного водородного электрода	167
Выявление механизма влияния диффузионного перераспределения водорода на структурно-фазовые превращения и неупругие свойства в двойных сплавах на основе никелида титана медицинского назначения	156	Разработка фундаментальных основ физического и химического управления процессами газодинамики, горения и детонации ..	168
Исследование транспорта водорода в композитных мембранах на основе ниобия, модифицированных наноструктурированным палладиевым покрытием	157		
Влияние структуры протонных ионных жидкостей на их физико-химические свойства: компьютерное моделирование и эксперимент	157		
Материалы нового поколения для инновационного развития автономно изолированных систем арктической электроэнергетики	158		

Отрасль: управление научно-технологическим развитием энергетики

Подготовка раздела описания топливно-энергетического комплекса в рамках методики разработки сценариев декарбонизации мировой и российской экономики, включая ключевые отрасли	168
Комплексное исследование научно-технических проблем функционирования и устойчивого развития энергетических систем в Арктической зоне России на новой технологической основе	169

РАЗРАБОТКА ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2035 ГОДА	169	РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2021 ГОД	172
РАЗРАБОТКА ЕДИНОВОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2020 ГОД И ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА	170	ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ, ВКЛЮЧАЯ КЛЮЧЕВЫЕ ОТРАСЛИ	172
РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ ДО 2030 ГОДА	170	ВЫПОЛНЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ «СХЕМА И ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ 2023–2027»	172
ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2031 ГОДА	170	Приложение. Перечень приоритетных технологических направлений Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года	
РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА	170		
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПО ОБЪЕКТАМ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗИФИКАЦИИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД 2021–2025 ГОДЫ С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ДО 2035 ГОДА	171		
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ «РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО И ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ»	171		

Отрасль: нефтяная

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей

НИОКТР № 122041500014-4

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

Обобщить и систематизировать аккумулированную ИНГГ СО РАН и доступную во внешних источниках геологическую, геофизическую, геохимическую, геотермическую, гидрогеологическую, литологическую и т.д. информацию о строении и ресурсной базе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (ЗСНГП).

Выявить основные закономерности развития, этапы и факторы литогенеза в Западно-Сибирском осадочном бассейне, установить их связь с важнейшими геологическими событиями, изучить влияние седиментационных и постседиментационных процессов на распределение, структуру и качество резервуаров, генерацию, миграцию и аккумуляцию углеводородов. На основе полученных результатов усовершенствовать имеющиеся и выявить дополнительные литологические и литогеохимические критерии разномасштабной стратификации и корреляции осадочных комплексов, палеогеографических реконструкций, в том числе и для высокоуглеродистых формаций (баженовская свита), пространственного прогнозирования распределения нефтематеринских толщ, коллекторов и флюидоупоров разного качества.

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

Бюджет: Р 55.87 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей

НИОКТР № 122041800117-9

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

Изучение гидрогеологических (геотермических, гидродинамических) и гидрогеохимических условий нефтегазоносных бассейнов с последующим созданием цифровых моделей отдельных нефтегазоносных территорий центральных и южных частей Западной Сибири и на этой основе:

- 1) выделение новых геохимических типов подземных вод;
- 2) расчет характера равновесий в системе «вода-порода-газ-органическое вещество»;
- 3) выявление новых стадий (этапов) в эволюции системы «вода-порода»;
- 4) изучение механизмов метаморфизации состава подземных вод, вмещающих горные породы и органические вещества в процессе седиментации, диагенеза и катагенеза.

В результате выполнения работ будут:

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

Бюджет: Р 55.84 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей

НИОКТР № 122101300032-1

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

В процессе работы проводятся следующие исследования:

сбор фондовых материалов по природно-климатическим условиям акватории Охотского моря, включающего район исследований;

анализ данных по штормовой активности в районе исследований по фондовым материалам и опубликованным источникам;

идентификация гидрометеорологических факторов, влияющих на литодинамические процессы в зоне берегового приотложения трубопроводов Киринского ГКМ;

расчеты детализированных полей гидрометеорологических и волновых характеристик для района исследований за период 2016–2020 гг.;

идентификация экстремальных штормовых ситуаций (расчетных сценариев) по доступным данным реанализа за 30-летний период для акватории района исследований;

определение наиболее волноопасных направлений по критерию интенсивности воздействия на береговой участок в районе исследований с оценкой максимальных скоростей течений и максимального приливного уровня; определение гранулометрического состава грунта в районе исследования по архивным данным;

разработка номенклатуры исходных данных, включая граничные условия, необходимых для литодинамического моделирования;

анализ проектной документации на сооружение, предназначенное для защиты линейных объектов Киринского ГКМ;

обоснование площадных размеров и пространственного разрешения расчетной сетки для выполнения гидрометеорологического и литодинамического моделирования состояния берегового участка в зоне влияния защитного сооружения; осуществление для подготовки расчетов по совмещенному гидрометеорологическому и литодинамическому моделированию маршрутное обследование берегового участка с идентификацией возможных качественных изменений в характере литодинамических процессов после возведения защитного сооружения;

обоснование корректности предлагаемой методики совмещенного гидрометеорологического и литодинамического моделирования размыва и переноса взвешенных осадков в районе исследования;

разработка цифровой модели рельефа берегового участка для двух вариантов расчетной сетки: вариант 1 – защитное сооружение отсутствует (применяется для верификации модели ДБУ по натурным данным, полученным в период отсутствия защитного сооружения); вариант 2 – защитное сооружение присутствует (применяется для расчета характеристик размыва и переноса взвешенных осадков после возведения защитного сооружения);

верификация модели ДБУ на расчетной сетке по варианту

1 посредством сопоставления результатов моделирования в рамках выбранных расчетных сценариев и доступных натурных данных предшествующих наблюдений береговой линии в районе исследований.

Результат работы – модель динамики береговых участков в зоне влияния защитного сооружения прибрежной части линейных объектов Киринского ГКМ, реализующая совмещенное гидрометеорологическое и литодинамическое моделирование.

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации мероприятий по обустройству и эксплуатации Киринского ГКМ и Южно-Киринского месторождения.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей

НИОКТР № 122120100052-2

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МИКРОФЛЮИДНЫХ ЯВЛЕНИЙ; ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДНЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ (НЦМУ «ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ», СОГЛАШЕНИЕ № 075-15-2022-314 от 21.04.2022)

В последние годы интерес к созданию новых функциональных материалов фотоники, оптики и электроники, а также развитию новейших методов тестирования и диагностики в биохимии, фармакологии и медицине, в основе которых лежат весьма сложные процессы самоорганизации ансамблей микро- и наночастиц в коллоидных растворах, ставит перед исследователями задачу поиска эффективных методов управления процессами самоорганизации частиц с целью формирования заданных распределений и структур.

Развиваемые на сегодняшний день подходы к управлению процессами организации частиц в коллоидных растворах и формированию требуемой морфологии ансамблей можно разделить на «пассивные» и «активные». Пассивные способы реализуются путем создания рельефа на поверхности подложки или первичного слоя частиц; использованием препятствий для испарения в виде маски для открытых систем (так называемая испарительная литография). Однако данные способы не позволяют управлять процессом организации в режиме реального времени, путем корректировки управляющих параметров.

Активные методы управления основаны на использовании внешнего воздействия на систему, например, акустическими волнами, инерционным полем (так называемые spin-coating методы) ИК и рентгеновским излучением. Центрифугирование позволяет получать лишь одну конфигурацию – равно-

мерное распределение частиц по поверхности. Применение ИК и рентгеновского излучения совместно с наложением маски позволяет не только создавать требуемые распределения интенсивностей испарения, но контролировать скорость испарения в процессе самоорганизации частиц.

На сегодняшний день активно исследуются эффекты теплового и акустического воздействия на коллоидную систему для создания направленных потоков и манипуляции частицами. Звуковое воздействие позволяет создавать периодические поля давления (стоячие акустические волны), которые приводят к соответствующему перераспределению частиц.

Меняя конфигурацию и мощность акустической волны можно оптимизировать режим воздействия. Тепловой механизм Марангони при локальном и минимальном (достаточен нагрев не более чем на 1К) воздействии на коллоидную систему миниатюрными нагревателями позволяет улавливать частицы, находящиеся на больших расстояниях до нескольких миллиметров от источника тепла.

Наряду с классическим подходом исследований фильтрации нефти в образцах керна в последние годы активно развивается новая парадигма с применением достижений микрофлюидики – исследование фильтрации нефти в небольших плоских моделях поровых структур с заданной геометрии, с возможностью непосредственного наблюдения за процессом вытеснения нефти, в том числе за поведением зажатой нефти в закрытых порах, движением интерфейсной границы нефть / вода и формированием контактных углов на породе. Развитие этой тематики связано с попытками увеличения нефтеотдачи при добыче трудноизвлекаемой нефти методами физхимии – применением различных комбинаций ПАВ, наночастиц, полимерных и минеральных добавок.

Современные технологии позволяют создавать как идеализированные сетки микроканалов с четко заданными свойствами, так и послойные модели реальных образцов керна, основываясь на исследованиях их внутренней структуры. Поскольку внутренняя структура керна крайне разнообразна, требуется разработка простого и экономичного подхода к изготовлению микрофлюидных чипов с заданной поровой структурой.

Использование современных технологий аддитивной микрофабрикации позволяет решать эту задачу достаточно быстро, значительно сокращая время от построения модели поровой структуры микрофлюидного чипа до начала экспериментальных исследований с ним, по сравнению со ставшими классическими для микрофлюидики способами с привлечением фотолитографии на силиконовых пластинах и ПДМС, так как не требует изготовления фоторезистивных масок с использованием сложного промышленного оборудования.

Поэтому приоритетным направлением работы над цифровым керном стала разработка методики быстрого изготовления и запуска в эксплуатацию микрофлюидных чипов с заданной структурой поровой породы, а также проведение экспериментальных и численных исследований двухфазного течения в процессе вытеснения нефти водой из микрофлюидного чипа.

Цель работы: 1) изучение процессов формирования диссипативных структур в каплях и тонких пленках коллоидных растворов, находящихся в потоке энергии, и разработка методов динамического управления процессами самоупорядочивания и самоорганизации микро- и нанообъектов в диссипативных жидкостных системах; 2) разработка методики проведения исследований фильтрации нефти с использованием цифровых двойников керна; 3) исследование процессов формирования диссипативных структур в каплях и тонких пленках

коллоидных растворов, находящихся в потоке энергии, и разработка методов динамического управления процессами самоупорядочивания и самоорганизации микро- и нанообъектов в диссипативных жидкостных системах; 4) разработка и применение цифровых двойников пластовых пород на основе цифровых моделей микрофлюидных явлений; 5) применение цифровых двойников пластовых пород в исследованиях процессов химического заводнения нефтеносных пластов.

Решаемые задачи: 1) разработка методики изготовления физических моделей керна в виде микрофлюидных чипов, экспериментальное и численное исследование процессов фильтрации нефти в них; 2) экспериментальное исследование микропотоков и процессов формирования упорядоченных структур и заданных паттернов частиц на твердых поверхностях с использованием теплового и вибрационного воздействия в тонких слоях и каплях коллоидных растворов при наличии ПАВ и минеральных добавок.

Бюджет: Р 146.02 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.1 Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей

НИОКТР № 122121200044-3

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДКИ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ РФ-38

Проект направлен на оценку эффективности применения псевдослучайных последовательностей возбуждающих импульсов (псевдослучайные кодовые последовательности, ПСКП, также называемые шумоподобными сигналами, ШПС) в системах сейсморазведки и сейсмоэлектроразведке – перспективном направлении, приобретающем в последние годы все большую популярность в среде разведочной геофизики с искусственным источником поля и разработку специализированных методов обработки и интерпретации данных, получаемых в рамках такого подхода.

На основании полученных результатов в дальнейшем будут предложены и реализованы новые подходы в части проектирования и усовершенствования аппаратных решений с последующим внедрением технологии ШПС-зондирования в практику геофизических работ. Актуальность задачи связана с необходимостью повышения соотношения сигнал / шум ввиду особенностей возбуждения и приема сигнала в геофизических системах, применяемых для разведки месторождений полезных ископаемых в сложных геолого-геофизических условиях Восточной Сибири, включая Арктическую (в том числе шельфовую) зону территории Красноярского края. Использование ШПС дает возможность существенно расширить неискаженный шумами диапазон времен регистрации, а значит – увеличить глубинность и детальность исследований.

При оптимальном выборе параметров ШПС можно рассчитывать на создание геофизических систем с помехоустойчи-

востью, существенно превосходящей таковую для традиционных систем сейсморазведки и сейсмоэлектроразведки с импульсным (или вибрационным) источником возбуждения. В рамках проекта будут проанализированы возможности применения ШПС для возбуждения сейсмического и вторичного электромагнитного полей в системах сейсморазведки, а также сейсмоэлектроразведки различной конфигурации, включая аспекты решения задач обработки и инверсии данных.

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

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

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

Бюджет: Р 1.5 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.10 Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов

НИОКТР № 122072800056-5

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

В данном проекте будут изучены фундаментальные физико-химические основы процесса гидрокрекинга нефтяного сырья, а именно: термодинамика, кинетика, механизмы протекающих химических реакций, массо- и теплообменные процессы, протекающие в реакторе, закономерности тепло- и массопереноса в зерне катализатора, механизмы дезактивации катализаторов.

Актуальность проекта заключается в необходимости повышения ресурсо- и энергоэффективности, а также увеличении глубины переработки нефти в процессе гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья.

Научная новизна проекта состоит в установлении физико-химических закономерностей процесса гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья, закономерностей тепло- и массопереноса в зерне катализатора, закономерностей дезактивации катализатора, а также выявлении способов повышения эффективности процесса и способов продления срока службы катализатора.

Установленные физико-химические закономерности и за-

кономерности дезактивации катализатора будут использованы для разработки математической модели процесса гидрокрекинга с целью использования ее в качестве инструмента (цифрового двойника) на промышленных установках для оптимизации процесса, прогнозирования выхода и качества получаемых продуктов, динамики дезактивации катализаторов, продления срока службы катализатора.

Таким образом, повышение ресурсо- и энергоэффективности достигается за счет проведения процесса гидрокрекинга с учетом изменяющегося углеводородного состава сырья при таких технологических условиях (оптимальных условиях), которые обеспечивают получение максимального количества целевого продукта с требуемыми свойствами при минимизации эксплуатационных затрат и сохранении ресурса дорогостоящего катализатора, который неизбежно подвергается дезактивации, а также за счет применения подходов к продлению срока службы катализатора.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.10 Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов

НИОКТР № 122090800007-1

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

В условиях новой стратегии экономического развития все большее внимание уделяется проблемам рационального использования природных ресурсов и, в частности, нефтяных. Данная проблема является также актуальной в сегодняшней мировой повестке по созданию «зеленой энергетики будущего» и «чистой планеты», которая предполагает переход к неуглеводородным источникам топлива и снижению углеродного следа при производстве товаров.

Однако, вместе с тем в структуре добычи сегодня растет доля тяжелых высоковязких нефтей, при переработке которых актуальной становится проблема утилизации нефтяных остатков с высокой долей смолисто-асфальтеновых компонентов (САВ).

Это особенно важно в России, поскольку глубина переработки нефти составляет в среднем около 75 %, и соответственно на долю нефтяных остатков приходится около 25 % перерабатываемого сырья. Традиционно их используют в качестве горюче-смазочных материалов (ГСМ), в производстве дорожного битума, кокса, что с одной стороны не отражает весь потенциал их возможностей, а с другой – негативно влияет на окружающую среду, увеличивая содержание углерода в атмосфере.

Все это делает особенно актуальным сегодня поиск новых альтернативных способов использования тяжелых нефтяных остатков. Для ХМАО данная повестка является особенно актуальной ввиду специфики региона, связанной с добычей природных ресурсов на основе углеводородов и необходимостью их рационального использования.

В стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2030 года обозначено направление развития несырьевых видов деятельности, основанных на переработке сырья (нефтегазоперерабатывающий кластер).

Для вовлечения региона в общемировую повестку по созданию новых «зеленых технологий» необходимо развитие новых научных направлений, связанных с альтернативным взглядом на использование углеводородных ресурсов – постепенный переход к использованию их в качестве ценного сырья для получения новых материалов для различных отраслей промышленности.

Строение САВ (поликонденсированные нафтоароматические системы с включением гетероатомов) позволяет рассмотреть их как перспективный материал для синтеза новых полимерных и композитных материалов, которые могут иметь в перспективе широкое применение в технике и промышленности. Например, для получения полимерных матриц, в том числе и графена – современного сырья для микроэлектроники, а также компонентов для демульгации нефти, полимерных покрытий, сорбентов, носителей для катализаторов и т.д.

Целью данного проекта является решение научной проблемы рационального использования САВ в качестве сырья для производства углеродных материалов. Основной акцент исследования будет сделан на изучении химического состава и физико-химических свойств САВ, который позволит выявить влияние их природы на свойства получаемых материалов.

На данном этапе развития исследований в этой области такие работы фактически отсутствуют. Научная новизна проекта заключается в новых физико-химических закономерностях зависимости свойств получаемых материалов от состава исходного сырья САВ, что позволит разработать технологию получения новых композитов с улучшенными свойствами. Понимание состава, строения и свойств САВ, которые до сих пор остаются неизученными, позволит предлагать рациональные пути их использования, что, в свою очередь, откроет новые горизонты как в развитии наук о высокомолекулярных соединениях, наук о новых материалах, термических и термокаталитических процессов их переработки и расширит возможности их рационального использования.

Научная новизна исследований заключается также в разработке способов получения углеродных материалов на основе САВ с использованием высокоэнергетического воздействия (плазменных методов) на основе авторского оригинального безвакуумного электродугового метода с использованием в качестве исходного сырья тяжелых нефтяных остатков (отходов).

Бюджет: Р 6.8 млн

Исполнитель: БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ХАНТЫ-МАНСКИЙ АУТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.10 Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов

НИОКТР № 122121500110-2

ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

В современном мире одной из основных проблем топливно-энергетического комплекса является производство моторных топлив, которые отвечают постоянно ужесточающимся экологическим требованиям и высоким стандартам эксплуатационных параметров при ежегодном снижении качества исходного нефтяного сырья. В связи с этим актуальной задачей является подбор существующих и (или) разработка новых присадок к автомобильным бензинам и дизельным топливам, и оценка их влияния на различные параметры данных нефтепродуктов. Исследование направлено на подбор присадок и их оптимальных дозировок, наиболее эффективно улучшающих эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива, предоставленных заказчиком. В рамках работы будут определены исходные параметры исследуемых моторных топлив более чем по 15 методам анализа в соответствии с ГОСТ, после чего аналогичным образом будут проанализированы смеси исходных топлив с присадками в различных соотношениях. На основании полученных данных будут даны рекомендации по выбору присадок и их оптимальных дозировок, наиболее эффективно улучшающих эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива, предоставленных заказчиком.

Бюджет: Р 0.2 млн

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

Заказчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИРТЫШНЕФТЕПРОДУКТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.11 Технологии рециклинга полимерных отходов

НИОКТР № 122101700009-9

ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОСФИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

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

В настоящее время около 25 % образующегося в мире пластика сжигается вместе с другими отходами и только около 20 % идет на переработку с целью получения вторичного пластика, мономеров и их производных. Пластиковые бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ) являются самыми распространенными упаковками в России. С целью получения продуктов деоксигенации кислородсодержащих пластиков, к которым и относится ПЭТ, чаще всего используют катализаторы на основе благородных металлов (Pt, Pd, Ru), которые, однако, характеризуются высокой стоимостью. Среди альтернатив та-

ким катализаторам выделяют различные системы на основе неблагородных переходных металлов и их соединений. Ранее перспективными катализаторами деоксигенации, использующимися для превращений сырья на основе биомассы, проявили себя фосфиды переходных металлов, причем как с использованием носителя, так и без него. В рамках настоящего проекта предлагается использовать подход к получению фосфидных катализаторов «in situ» в среде перерабатываемого ПЭТ и превращения последнего в ценные продукты нефтехимии.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.11 Технологии рециклинга полимерных отходов

НИОКТР № 122110800050-2

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ НАНОМАТЕРИАЛ

Проект направлен на решение проблемы утилизации полиэтилентерефталата, одного из самых распространенных бытовых пластиков. Относительная инертность к природному воздействию, низкая разлагаемость полиэтилентерефталата в естественных условиях и увеличивающиеся объемы отходов делают вопросы его переработки в ценные продукты крайне актуальными как с экономической, так и с экологической точки зрения.

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

Будут предложены новые научные решения термической утилизации полиэтилентерефталата с помощью инфракрасного излучения для получения пористого углеродного продукта. Будет разработан метод прямой конверсии, заключающийся в пиролизе полиэтилентерефталата под действием инфракрасного излучения с последующей щелочной активацией углеродного остатка.

Будет разработан метод непрямой конверсии, заключающийся в пиролизе под действием инфракрасного излучения соли терефталевой кислоты, полученной щелочным гидролизом полиэтилентерефталата, растворенного в диметилсульфоксиде.

С использованием предложенных методов впервые будут получены пористые углеродные наноматериалы на основе полиэтилентерефталата с высокоразвитой поверхностью, превышающей 1300 м²/г.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.11 Технологии рециклинга полимерных отходов

НИОКТР № 122111000006-4

ЛАБОРАТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В глобальном смысле современные проблемы энергетики во многом направлены на повышение плотности потоков энергии, повышение эффективности систем на всех этапах и снижение нагрузки на окружающую среду.

Эти вопросы неразрывно связаны с созданием и внедрением перспективных материалов с заданными свойствами. Необходимо развитие технологий получения тугоплавких материалов, каталитических материалов, в частности, для двух ключевых химических реакций современной энергетики: реакции электролиза воды и углекислотной конверсии метана.

Другим важным аспектом развития энергетической отрасли является поиск подходов к созданию замкнутых сырьевых циклов. В частности, поиск путей снижения углеродного следа, для чего можно использовать углерод, получаемый из отходов и низкосортного сырья различного происхождения.

Развитие методов и оборудования для синтеза востребованных в энергетической отрасли материалов на основе карбидов металлов и неметаллов с использованием в качестве источника углерода низкосортного сырья и отходов позволяет одновременно совместить решение ряда задач: переработки отходов и низкосортного сырья, синтеза необходимых тугоплавких и каталитических материалов, как следствие – повышение энергетической эффективности и экологичности топливо-энергетического комплекса.

Настоящий проект направлен на развитие оригинального плазменного электродугового безвакуумного метода и соответствующего устройства, отличающихся повышенными характеристиками энергоэффективности.

Данные реактор и методика были успешно апробированы в процессах синтеза ряда материалов, но ранее не использовались для синтеза востребованных каталитических материалов с вовлечением в процесс в качестве источника углерода низкосортного сырья и отходов.

В рамках проекта планируется решение следующих задач: совершенствование оригинального безвакуумного электродугового плазменного реактора и методики работы с ним для получения каталитических материалов, в частности, на основе карбидов вольфрама и молибдена с вовлечением в процессы синтеза низкосортного сырья и отходов; поиск и реализация путей повышения производительности, энерго- и ресурсоэффективности процесса синтеза востребованных материалов на основе карбидов металлов, углерода; оценка состава, структуры, свойств получаемых разрабатываемым методом материалов, поиск путей их использования в энергетической отрасли.

Бюджет: Р 51.88 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.3 Технологии бурения и строительства скважин сложного профиля, интеллектуальные технологии управления бурением, сбора скважинной геофизической информации и ее обработки

НИОКТР № 122060900044-8

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

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

обоснование выделения эксплуатационных объектов; обоснование вариантов разработки;

прогнозный расчет вариантов освоения и технологических показателей разработки за весь период разработки месторождения (с поквартальной разбивкой на первые 5 лет эксплуатации);

разработка основных технических решений по освоению Ковыктинского ГКМ;

разработка рекомендаций, направленных на повышение эффективности освоения месторождения и минимизацию рисков реализации рекомендуемого варианта освоения; прогноз объемов добычи углеводородов и попутных компонентов;

прогноз объемов добычи пластовой воды; разработка мероприятий по реализации рекомендуемого варианта, включающие ввод и реконструкцию производственных мощностей; пространственное профилирование стволов скважин; разработка рекомендаций по конструкции и креплению скважин;

разработка требований к технологии бурения скважин и буровым растворам; подготовка перечня рекомендаций к программе геофизических и геолого-технологических исследований в процессе бурения скважин; обоснование методов вскрытия продуктивных пластов;

обоснование способов и режимов эксплуатации скважин и применяемого внутрискважинного оборудования;

подготовка перечня мероприятий по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин;

разработка требований и рекомендаций по системе сбора, промышленной подготовки и внутрипромысловому транспорту газа и конденсата;

анализ возможных осложнений при эксплуатации системы газосбора и разработка перечня мероприятий по борьбе с ними;

разработка решений по компримированию газа, расчет оптимальных режимов компримирования;

расчет потребности в электроэнергии при подготовке товарной продукции;

расчет материального баланса системы подготовки, отражающей объема выхода товарной продукции, безвозвратной потери метанола, потребления газа на собственные нужды;

расчет капитальных вложений по годам в разрезе объемов обустройства;

расчет эксплуатационных затрат в динамике по годам разработки в разрезе элементов затрат;

расчет капитальных затрат в динамике в расширение магистрального газопровода «Сила Сибири» и Амурского ГПЗ по рекомендуемому варианту действующего проектного документа с указанием технологических параметров;

расчет текущих затрат в динамике в расширение магис-

трального газопровода «Сила Сибири» и Амурского ГПЗ по рекомендуемому варианту действующего проектного документа;

расчет технико-экономических показателей вариантов разработки; обоснование выбора рекомендуемого варианта на основе сравнительного анализа эффективности и рисков.

Результат работы – технико-экономическая оценка варианта освоения и основные технические решения по разработке Ковыктинского газоконденсатного месторождения.

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки Ковыктинского месторождения углеводородов.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.4 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов

НИОКТР № 122041800114-8

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

Большими вызовами для отечественных геологической и экономической наук являются глобальные изменения мировых сырьевых рынков энергоносителей.

Усиливается конкуренция между ископаемыми и неископаемыми источниками энергии (вытеснение углеводородов из топливно-энергетического баланса многих стран, связанное с решением экологических проблем), а также между странами, обладающими технологическими преимуществами разработки трудноизвлекаемых запасов углеводородов (замещение и препятствие российских поставок нефти и газа на Европейский и Азиатско-Тихоокеанский рынки).

Поэтому на первом этапе будут выполнены исследования условий трансформации мирового рынка, оказывающие принципиальное влияние на сценарии освоения сырьевой базы углеводородов Сибири и Арктической зоны – главных центров прироста запасов в ближайшей и долгосрочной перспективе.

Дальнейшее исследование особенностей структуры сырьевой базы этих территорий с применением геолого-экономических методов оценки позволит определить сырьевые, технологические, инфраструктурные и инвестиционные потребности нефтегазовой отрасли для реализации стратегии эффективного освоения.

Важной научной задачей станет совершенствование методического инструментария для разработки цифровых моделей. Будет сформирован прогноз прироста запасов и добычи углеводородов Сибири и Арктической зоны с учётом возможности вовлечения трудноизвлекаемых запасов баженовской и тюменской свит Западной Сибири, карбонатных отложений, куонамской свиты, рефея и венда Восточной Сибири, осадочных бассейнов шельфа морей восточной Арктики. Детальная количественная и экономическая оценка природного потенциала позволит обосновать эффективное пространственное развитие территории Сибири и Арктической зоны, разработать схему размещения новой трубопроводной, портовой и перерабатывающей инфраструктуры.

Отдельное внимание будет уделено прогнозу обеспечения внутренних потребностей в нефтепродуктах и газе регионов, удалённых от магистральной инфраструктуры, но испытывающих острую необходимость в энергообеспечении и газификации.

Таким образом, комплексный междисциплинарный подход позволит научно обосновать стратегию эффективного освоения нефтегазовых провинций Сибири и Арктической зоны России.

Релевантность полученных результатов будет подтверждена оценкой мультипликативного влияния освоения этих территорий на инновационное развитие экономики регионов и страны в целом, выполнение международных обязательств и расширение присутствия на мировых энергетических рынках.

Важным практическим результатом станут предложения органам государственной власти и недропользователям механизмов поддержки и стимулирования развития территорий Сибири и Арктической зоны России.

Бюджет: Р 42.58 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.4 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов

НИОКТР № 122112400089-0

ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА (ЭТАП 2022 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.

Фронтальные инженерные задачи в интересах высокотех-

нологичной нефтегазовой промышленности с обеспечением импортозамещения:

1. Создание новых материалов для сложных климатических условий зон Крайнего Севера и Арктики (комплекс материалов и технологий рентабельной добычи); Разработка групп мероприятий для создания технологического суверенитета, замещение хладостойких сталей, в том числе нержавеющей с применением композиционных материалов.
2. Создание решений фронтальных задач (передовые цифровые и производственные технологии, новые материалы) в области развития строительной инфраструктуры в районах многолетних мерзлых грунтов, в том числе с применением композиционных материалов.
3. Проработка новой нормативной технической документации для внедрения и применения разработанных продуктов и решений.
4. Развитие кросс-отраслевого применения материалов в рамках решения задач по импортозамещению.
5. Разработка интеллектуальных систем предиктивной аналитики разрушения оборудования, работающего на объектах нефтегазовой инфраструктуры в экстремальных регионах.
6. Создание технологий, конструкций и материалов для обустройства нефтегазовой инфраструктуры в районах многолетних мерзлых грунтов.
7. Создание современных цифровых моделей эксплуатационных процессов (коррозионных, металлургических, трибологических и так далее) для оценки применимости материалов в рамках фронтальных задач.
8. Разработка и испытания перспективных импортозамещающих материалов для очистки и осушки газов.

В проекте будут разработаны новые перспективные подходы к созданию полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе позволяющие оценить их применимость в нефтегазовой отрасли, оценить текущее качество отечественной продукции из композиционных материалов; сформировать базу данных о поведении композиционных материалов в различных агрессивных воздействиях (коррозия, низкие температуры, эрозийное воздействие); ускорить процедуру исследований и выбрать минимальный и достаточный объем испытаний; регламентировать и 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. 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.

2. Разработаны новые расчетно-экспериментальные методики создания высокоэффективных ПКМ.

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

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

5. Разработана методика утилизации и переработки полимерных ПКМ.

6. Проведен анализ ПКМ и анализ их преимуществ по отношению к металлическим материалам; проведен анализ химически стойких и огнестойких покрытий.

7. Проведен анализ работоспособности конструкций из ПКМ в условиях Крайнего Севера (работоспособность при экстремальных отрицательных температурах, переходах через 0 градусов и влагопоглощения).

8. Выполнен патентный поиск национальных и зарубежных технологий создания конструкций из ПКМ; предложен ряд предэскизных проектов строительных конструкций из ПКМ (п. 1.4).

9. Проанализированы международный и национальный рынки в части производителей элементов строительных конструкций из полимерных композиционных материалов, а также исходных компонентов ПКМ.

Бюджет: Р 3.38 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122012000453-6

АДАПТАЦИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА, МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОРИСТУЮ СРЕДУ В ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА, К ЗАДАЧАМ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе работы проводятся следующие исследования: аттестация средств измерения на соответствие требований нормативно-технической документации;

разработка методики экспериментальных исследований для двух- и трехфазной фильтрации флюидов;

разработка методики экспериментальных исследований процессов гидратообразования;

разработка методики экспериментальных исследований для проведения геомеханических исследований на кернах материала;

разработка методики экспериментальных исследований для проведения кислотных обработок призабойной зоны скважины и продуктивного пласта;

разработка методики экспериментальных исследований для измерения проводимости проппантовой упаковки при проведении гидроразрыва пласта; разработка методики экспериментальных исследований измерения коэффициента вытеснения нефти при парогазовом воздействии.

Результат работы: технологический регламент проведения исследований на универсальной автоматизированной установке для специальных исследований керна, моделирования фильтрационных процессов и методов воздействия на пористую среду в термобарических условиях залегания пласта.

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по специальным исследованиям керна, моделированию фильтрационных процессов и методов воздействия на пористую среду в термобарических условиях залегания пласта.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122020300141-4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЗАПОЛНЕНИЯ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ

Гидравлический разрыв пласта является основным методом интенсификации добычи углеводородов, причем его роль возрастает по мере перехода к разработке трудноизвлекаемых запасов, месторождений в сланцевых породах, баженовской и доманиковской свитах. Усложнение технологии проведения гидроразрыва предъявляет требования к усложнению расчетных моделей, используемых при планировании и проведении работ.

Проверка справедливости предположений, используемых в теоретических моделях, возможна только путем проведения контролируемых экспериментов в лабораторных условиях. В этих экспериментах важным является использование методов измерения, не оказывающих влияния на изучаемый процесс, с одной стороны, и позволяющих получить максимальную информацию, с другой стороны. Коллектив проекта несколько лет проводит экспериментальное изучение гидроразрыва на оригинальной установке, позволяющей работать в условиях трёхосного нагружения на образцах цилиндрической формы достаточно большого диаметра (430 мм) и высотой 70 мм.

В последних экспериментах было использовано ультразвуку-

ковое просвечивание образцов в ходе образования гидроразрыва и заполнения его жидкостью.

Были получены интересные результаты, требующие развития этого метода и его тестирования в специальных экспериментах с контролируемой апертурой раскрытия трещин гидроразрыва, контролируемым заполнением его жидкостью, контролируемой площадью контактов между берегами трещины при неполном ее смыкании. Будет изучено влияние вышеперечисленных фактов на параметры проходящих через трещину ультразвуковых импульсов.

Предлагаемый метод позволит также определить возможность образования «мостиков» неразрушенной породы, которые могут возникать при образовании трехмерной трещины. Наряду с экспериментами предполагается проведение расчетов прохождения упругих волн через трещины с неполным разрушением материала и различным заполнением жидкостью.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122022200188-4

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

Проект связан с разработкой цифрового модуля для расчета дизайна гидравлического разрыва пласта с целью оптимизации проведения геолого-технических мероприятий по гидравлическому разрыву пласта в нефтегазодобывающих скважинах и включает в себя:

обзор мирового опыта к моделированию гидравлического разрыва пласта;

сравнение современных моделей проектирования гидравлического разрыва пласта;

исследование применимости моделей остаточной проводимости трещины для задач моделирования гидравлического разрыва пласта;

выбор оптимальных моделей для проектирования гидравлического разрыва пласта;

разработку математической модели образования и роста трещины гидроразрыва слоисто-неоднородного карбонатного пласта, учитывающую фильтрационно-емкостные свойства и литологию породы, вертикальный профиль напряжений;

разработку математической модели процесса закачки стадий активных и неактивных жидкостей в вертикальную скважину и слоисто-неоднородный пласт, в рамках псевдостационарной однофазной модели течения в трещине;

разработку методики расчета продуктивности трещины, общего скин-фактора скважины до и после обработки;

создание технического проекта на разработку информационной системы;

численную реализацию разработанных математических

моделей и алгоритмов;

разработка программной оболочки информационной системы; проведение тестирования разработанного расчетного ядра прототипа модуля гидравлического разрыва пласта на искусственных данных;

апробация разработанного расчетного ядра прототипа модуля гидравлического разрыва пласта на реальных данных геолого-технических мероприятий.

Бюджет: Р 4.16 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122030400099-6

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

Проект направлен на создание математических моделей, численных методов и программного комплекса для радикального улучшения моделирования гидроразрыва пласта с целью повышения эффективности добычи тяжелой нефти.

В рамках проекта планируется: (1) разработка двумерных, квазитрехмерных и трехмерных моделей распространения множественных взаимодействующих трещин гидроразрыва на основе гиперсингулярного метода граничных элементов и теории смазки; (2) разработка математической модели динамики пропанта в трещинах гидроразрыва с учетом оседания и возможности образования пробок; (3) создание быстрых мультипольных методов для ускорения расчетов при учете местных неоднородностей, влияющих на распространение ГРП и рассеяние микросейсмических явлений; (4) разработка методов калибровки неопределенных параметров путем сравнения наблюдаемой и моделируемой истории давления и микросейсмичности.

В результате будет создан программный комплекс, позволяющий в режиме реального времени моделировать процесс гидроразрыва пласта и сопутствующих микросейсмических явлений при разработке месторождений тяжелой нефти.

Использование данного программного комплекса позволит существенно повысить точность математического моделирования добычи тяжелой нефти, что, в свою очередь, приведет к снижению затрат на разработку месторождений и повышению коэффициента извлечения тяжелой нефти.

Бюджет: Р 12 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122032200151-7

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Целью проекта Проекта 2015 и его продолжения – Проект 2018 является разработка математической модели и комплекса вычислительных алгоритмов, предназначенных для математического моделирования процесса развития трещины ГРП в трехмерной связанной постановке. Разработанный комплекс алгоритмов может стать основой вычислительного программы-симулятора для моделирования процесса развития трещин ГРП в «расширенной» (по сравнению с часто используемыми) постановке.

Математическая модель процесса была разработана в рамках Проекта 2015. Она позволяет описывать процесс развития трещины с учетом всех основных сопровождающих его эффектов. Модель включает в себя несколько групп уравнений, учитывающих течение флюида в трещине, напряженно-деформированное состояние вмещающего трещину пласта, процессы фильтрации в пласте, включая утечку флюида из трещины в пласт, а также физически-обоснованные критерии развития трещины. С алгоритмической точки зрения основной упор делается на возможность применения разработанных подходов для решения задач промышленного уровня сложности, что влечет за собой:

- робастность работы алгоритмов при задании реалистичных (неоднородных и анизотропных) полей распределения свойств пласта;
- возможность решения широкого спектра задач, и, как следствие, модульность разрабатываемых подходов;
- возможность расчета задач в трехмерной постановке, в том числе с минимальными ограничениями на геометрию трещины.

Результатом выполнения Проекта 2015 стало создание целевого задела в указанном направлении, как с алгоритмической точки зрения, так и с точки зрения программной реализации. В ходе работ по Проекту 2018 будет проводиться обобщение результатов Проекта 2015 года в части разработки новых вычислительных алгоритмов и их программной реализации как в рамках построенной в Проекте 2015 математической модели, так и ее обобщений.

Основное внимание будет уделено построению новых схем итерационного связывания полной группы уравнений, в том числе с учетом эволюции трещины. Сложность построения такой схемы в рамках рассматриваемой задачи связана прежде всего с разномасштабностью по времени и пространству процессов, сопровождающих рост трещины, а также наличием в системе нелокальных условий, выражающих критерии развития трещины и играющих роль «уравнений для формы трещины». К этой задаче примыкает задача построения новых методов решения уравнений на гладких поверхностях с краем с учетом нелинейной неньютоновской реологии флюида, заполняющего трещину.

В рамках этой задачи в ходе проекта планируется разработать новые итерационные алгоритмы, включающие в себя на одном уровне итерации между группами уравнений и итерации по нелинейности. Структура алгоритмов будет допускать их использование как в качестве итерационного метода, так и как разнесенного (в соответствии с группами

уравнений) по времени метода приближенного интегрирования полной связанной задачи.

Часть работ Проекта 2018 будет посвящена доработке и дополнительному освещению результатов, полученных в ходе Проекта 2015. В частности, в ходе работ Проекта 2015 была построена альтернативная традиционной формулировка метода X-FEM с использованием метода проекции ближайшей точки как основного способа представления срединной поверхности трещины, геометрия которой не согласована с сеткой.

В ходе Проекта 2018 будет проведена дальнейшая доработка этого подхода с точки зрения алгоритмических деталей и вопросов, связанных с его эффективной вычислительной реализацией.

Помимо указанных двух основных направлений отдельное внимание в ходе выполнения Проекта 2018 будет уделено решению задач в прикладных постановках, которые будут дополнять работы Проекта 2015. В частности, будет рассмотрено применение разработанных методов и программы-симулятора для расчета задач с несколькими взаимодействующими трещинами. В целом решение конкретных задач Проекта 2018 дает всестороннее развитие результатов Проекта 2015.

Запланированные результаты обладают новизной и не имеют, по мнению авторов, аналогов.

Бюджет: Р 10 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122032200152-4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Целью проекта является разработка математической модели и комплекса вычислительных алгоритмов, пригодных математического моделирования процесса развития трещины ГРП в трёхмерной связанной постановке. Разработанный комплекс алгоритмов может стать основой вычислительного программы-симулятора для моделирования процесса развития трещин ГРП в «расширенной» (по сравнению с часто используемыми) постановке. Основной упор будет сделан на возможность применения разработанных подходов для решения задач промышленного уровня сложности, что необходимо влечет за собой:

- робастность работы алгоритмов при задании реалистичных полей свойств пласта;
- возможность решения широкого спектра задач, и, как следствие, модульность разрабатываемых подходов;
- возможность учета неоднородных и анизотропных полей свойств, характерных для нефтегазовых пластов;
- возможность расчета задач в трехмерной постановке. Модель развития трещины будет включать в себя следующие группы уравнений и условий согласования течения флюида в трещине;
- напряженно-деформированное состояние вмещающего

трещину пласта;

- процессов фильтрации в пласте, включая утечку флюида из трещины в пласт;

- физически обоснованные критерии развития трещины.

Эти группы уравнений должны решаться совместно, согласованным образом, как единая система уравнений. В настоящее время средств математического моделирования рассматриваемой задачи в постановках, актуальных с точки зрения прикладных задач разработки нефтегазовых месторождений, практически не существует.

Разработка таких алгоритмов с целью создания эффективных средств моделирования, параметрического исследования и оптимизация процедуры ГРП является научной целью настоящего проекта. С прикладной точки зрения результаты работ по проекту приведут к созданию эффективных практических средств математического моделирования, пригодных для решения широкого спектра прикладных задач, связанных с применением технологии гидроразрыва пласта.

Бюджет: Р 15 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122032900167-1

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦИИ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Использование ресурсов недр (добыча полезных ископаемых, в том числе углеводородов, закачка жидких отходов, освоение геотермальных источников энергии и т.д.) сопровождается воздействием на подземные флюидные системы. Изменение порового давления в результате такого воздействия приводит к изменению напряженно-деформированного состояния породного массива, что проявляется в виде деформаций поверхности и сейсмических событий, от микроколебаний до ощутимых на поверхности землетрясений. Сейсмические события, с одной стороны, являются негативным следствием воздействия на недра, с другой стороны, они позволяют оценить геомеханические свойства пород, анизотропию свойств, оценить проницаемость пород и изменение проницаемости в пространстве и времени в ходе разработки месторождений.

Особую актуальность прогнозирование реакции подземных флюидных систем на воздействие приобретает в связи с начавшимся во всем мире широким введением в эксплуатацию сланцевых месторождений газа и реализацией проектов по строительству геотермальных электростанций. И в одном, и в другом случаях предполагается проведение массовых гидравлических разрывов пластов (для повышения дебитов углеводородов, для увеличения приемистости закачивающих скважин). Регистрация микросейсмических событий при проведении гидроразрыва пласта является в настоящее время основным методом получения информации о положении и геометрии создаваемой трещины. Исключительно важной является информация о существующих в коллекторах системах трещин различного ранга.

Практически единственную возможность определения

положения и ориентации естественных трещин в разрабатываемых массивах дает регистрация сейсмических событий, связанных с подвижками по естественным трещинам, инициированным воздействием на подземные флюидные системы. В настоящее время ощущается нехватка фундаментальной проработки многих вопросов микросейсмического мониторинга.

Сложность условий реального массива горных пород, включающего флюидные системы, многофакторность решаемых задач, неопределенность параметров, необходимых для описания изучаемых явлений, делают необходимым построение и анализ физических моделей, их изучение в лабораторных и численных экспериментах.

Бюджет: Р 60.48 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122032900187-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ С ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ

В настоящее время углеводороды являются основными топливно-энергетическими источниками как в России, так и за рубежом. Их запасы ограничены и не являются восполнимыми. При этом более 50 % отечественных запасов нефти на данный момент формируется за счет месторождений с коллекторами, структура которых затрудняет извлечение флюида. К ним, в частности, относятся месторождения с тяжелой нефтью.

Она характеризуется, в отличие от обычной нефти, большой вязкостью и плотностью в диапазоне 917–1022 кг/м³, содержит в своем составе кластерные образования, состоящие из атомов серы и различных металлов. Поэтому призабойная зона скважин (ПЗС) с тяжелой нефтью обладает низкой проницаемостью и для ее извлечения следует применять специальные методы (см., например, Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челюнец Д.К. Интенсификация добычи нефти, М., Наука, 2000, 414 с.), например, воздействие на ПЗС химическими реагентами, нагретым паром, гидроразрыв пласта (ГРП) при сильном увеличении статического давления в ПЗС и методы воздействия на ПЗС интенсивными акустическими волнами в ультразвуковом диапазоне.

Указанные технологии обладают рядом недостатков. Методы реагентного воздействия имеют много существенных недостатков, связанных с высокой стоимостью используемых реагентов и самого технологического процесса, большой длительностью его временного цикла, а также с вредными условиями труда и высокой потенциальной опасностью для окружающей среды. Большой длительностью временного цикла характеризуется и технология воздействия на пласт нагретым паром.

Технология ГРП также характеризуется высокой стоимостью и сравнительно большой длительностью временного

цикла. Успешность ее применения должна обеспечиваться наличием достоверных данных о структуре коллектора, которые не всегда являются полными.

При неудачной реализации технологии возможны катастрофические последствия, приводящие к выходу из строя скважины в результате спровоцированного обводнения или ухода нефти из зоны скважины по образуемым трещинам.

Поэтому в условиях современной России метод нельзя считать соответствующим общепринятым требованиям рационального природопользования.

Перечисленных недостатков лишены методы акустического воздействия на ПЗС ультразвуком. Однако для коллекторов с тяжелой нефтью его применение не приводит в достаточной степени к уменьшению ее вязкости.

Таким образом, поиск более эффективных методов воздействия на пласт с тяжелой нефтью является актуальной задачей. Его решение авторы проекта видят на пути комплексирования методов ультразвукового и термодинамического воздействия на пласт с последующим контролем состояния пласта методами импульсного нейтронного каротажа с управляемым генератором нейтронов (см. Богданович Б.Ю., Нестерович А.В., Ильинский А.В. и др. Патент РФ № 2517824 от 03.04.2014).

При этом для создания необходимого температурного поля можно использовать индукционный нагрев ОТС переменным электрическим током в кольцевом индукторе с частотой ~10 кГц (см. Диденко А.Н., Зверев Б.В., Коляскин А.Д., Пономаренко А.Г. Патент РФ № 2157883 от 20.10.2000). Для реализации предлагаемой технологии предполагается разработать специальный аппаратурно-методический комплекс (АМК).

При этом скважинный снаряд АМК должен содержать генератор ультразвуковых колебаний с внешним вибратором, индуктор, запитываемый переменным электрическим напряжением, нейтронный излучатель и систему регистрации тепловых нейтронов, гамма-квантов радиационного захвата, неупругого рассеяния или нейтронной активации (см. Богданович Б.Ю., Нестерович А.В., Шиканов А.Е. Патент РФ № 2356036 от 19.11.2008).

Питание скважинного прибора должно осуществляться от наземного генератора постоянного тока с погружным преобразователем в электрические колебания с частотой ~10 кГц (блок энергетического обеспечения АМК).

В процессе выполнения работы над проектом должна быть разработана математическая модель воздействия акустических и температурных полей на пласт с тяжелой нефтью, а на ее основе выполнены расчеты отдельных узлов АМК, а также проведена соответствующая адаптация компьютерной программы обработки данных регистрации.

В процессе выполнения работы должна быть обоснована модель погружного индукционного нагревателя и высокоэффективного погружного преобразователя энергии, сохраняющего работоспособность в условиях призабойной зоны, изготовлен и испытан в лабораторных условиях макет индукционного нагревателя с питанием от преобразователя 10 кГц.

В ходе лабораторных экспериментов предлагается исследовать возможность питания от одного преобразователя одновременно индукционного нагревателя и ультразвукового излучателя.

Каротажная система мониторинга состояния коллектора позволяет корректировать режим и время воздействия автоматически путем введения обратной связи от каротажного устройства на компьютер геофизической станции.

Такой подход к решению проблемы, как показал предварительный анализ литературных и патентных источников, предлагается впервые и не имеет прямых аналогов.

Бюджет: Р 18 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122040400015-5

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

Использование ресурсов недр (добыча полезных ископаемых, в том числе углеводородов, закачка жидких отходов, освоение геотермальных источников энергии и т.д.) сопровождается воздействием на подземные флюидные системы.

Изменение порового давления в результате такого воздействия приводит к изменению напряженно-деформированного состояния породного массива, что проявляется в виде деформаций поверхности и сейсмических событий, от микроколебаний до ощутимых на поверхности землетрясений.

Сейсмические события, с одной стороны, являются негативным следствием воздействия на недра, с другой стороны, они позволяют оценить геомеханические свойства пород, анизотропию свойств, оценить проницаемость пород и изменение проницаемости в пространстве и времени в ходе разработки месторождений.

Особую актуальность прогнозирование реакции подземных флюидных систем на воздействие приобретает в связи с начавшимся во всем мире широким введением в эксплуатацию сланцевых месторождений газа и реализацией проектов по строительству геотермальных электростанций.

И в одном, и в другом случаях предполагается проведение массовых гидравлических разрывов пластов (для повышения дебитов углеводородов, для увеличения приемистости закачивающих скважин).

Регистрация микросейсмических событий при проведении гидроразрыва пласта является в настоящее время основным методом получения информации о положении и геометрии создаваемой трещины.

Исключительно важной является информация о существующих в коллекторах системах трещин различного ранга.

Практически единственную возможность определения положения и ориентации естественных трещин в разрабатываемых массивах дает регистрация сейсмических событий, связанных с подвижками по естественным трещинам, инициированным воздействием на подземные флюидные системы.

В настоящее время ощущается нехватка фундаментальной проработки многих вопросов микросейсмического мониторинга.

Сложность условий реального массива горных пород, включающего флюидные системы, многофакторность решаемых задач, неопределенность параметров, необходимых для описания изучаемых явлений, делают необходимым построение и анализ физических моделей, их изучение в лаборатор-

ных и численных экспериментах.

Бюджет: Р 63 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122041800038-7

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА СКАЖИНЫ С БОКОВЫМ ОТВЕТВЛЕНИЕМ В НЕОДНОРОДНОМ ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Проект направлен на повышение безопасности подземной разработки твердых полезных ископаемых и предусматривает проведение численных экспериментов и лабораторных исследований процесса формирования и распространения трещин гидроразрыва, создаваемых в одной или нескольких близкорасположенных скважинах, имеющих боковое ответвление.

В рамках проекта запланировано решение следующих задач:

- разработка математической модели распространения трещины ГРП, создаваемой в одной или нескольких скважинах, которые имеют боковое ответвление;
- верификация математической модели по результатам лабораторных испытаний ГРП в кубических образцах, проведенных на двух различных стендах (образцы из твердеющего состава и оргстекла 200 мм, независимое трехосное сжатие; образцы из твердеющего состава 420 мм, независимое трехосное сжатие);
- разработка технологических рекомендаций по выполнению ГРП в шахтных условиях с целью создания в пласте протяженных разрывов заданной направленности.

Результаты выполнения проекта могут быть применены для решения актуальных задач горного дела, связанных с повышением эффективности шахтного ГРП и безопасности подземных работ, например, интенсификации дегазации углеводородного массива, разгрузки горного давления, защиты горных выработок от выхода в них естественных и искусственных трещин, контролируемой посадки труднообрушаемой кровли.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122060900001-1

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

- обоснование граничных условий по выбытию скважин, предельной депрессии на пласт;
 - обоснование продуктивности проектных скважин;
 - обоснование критериев по выбору диаметров лифтовых колонн и архитектуры заканчивания скважин;
 - оценка эффективности реализации решений по освоению скважин с первичной интенсификацией притока методом гидроразрыва пласта;
 - ранжирование месторождения на геолого-геомеханические зоны по ориентации главных напряжений;
 - многовариантные расчеты дизайнов ГРП для горизонтальных скважин с учетом интервала проводки ствола скважин, положения портов ГРП и объема закачки;
 - разработка рекомендаций на основе реализованных операций ГРП по оптимальному числу стадии ГРП и объему закачки с учетом геолого-геомеханических параметров пласта и выработка рекомендаций по выбору тоннажа;
 - разработка цифровой модели трещины гидроразрыва пласта проектных скважин Ковыктинского ГКМ;
 - разработка цифровой технологической модели различных вариантов комбинирования системы сбора и подготовки скважинной продукции;
 - разработка интегрированной модели Ковыктинского ГКМ; обоснование удельных капитальных вложений в разрезе объектов обустройства месторождения;
 - анализ налогового окружения проекта;
 - создание финансово-экономической модели разработки Ковыктинского газоконденсатного месторождения;
 - разработка вероятностной геологической модели Ковыктинского ГКМ;
 - оценка влияния неопределенности структурного фактора на подсчетные параметры; анализ положения межфлюидных контактов и его воздействия на величину запасов углеводородов;
 - обоснование пределов варьирования подсчетных параметров, характеризующих ФЕС;
 - анализ распределения возможных оценок величины запасов углеводородов.
- Результаты работы:
- цифровая модель трещины гидроразрыва пласта проектных скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения;
 - цифровая технологическая модель системы сбора и подготовки скважинной продукции Ковыктинского газоконденсатного месторождения;
 - интегрированная модель Ковыктинского газоконденсатного месторождения;
 - финансово-экономическая модель разработки Ковыктинского газоконденсатного месторождения;

цифровая вероятностная геологическая модель Ковыктинского газоконденсатного месторождения.

Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки Ковыктинского месторождения углеводородов.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122062400037-9

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

ООО «СИГМА», на основании отечественного и зарубежного опыта проведения наземных площадных сейсмометрических исследований и наземного микросейсмического мониторинга, разработала свой уникальный методологический подход, алгоритмы, программные средства и оборудование с целью контроля проведения операций гидроразрыва пласта (ГРП).

В процессе реализации проекта по созданию системы мониторинга процесса проведения гидроразрыва пласта определяются следующие, важные для Заказчика характеристики – геометрические характеристики возникающей трещиноватости:

- определение азимутов;
- определение протяженности;
- определение характера развития зон трещинообразования;
- оценка зон вероятного проникновения проппанта в пласте.

Целью работы является создание отечественного интеллектуального программно-методического комплекса для контроля процессов гидроразрыва пласта (ГРП) углеводородных залежей и подземных хранилищ газа (ПХГ), что позволит создать технологию контроля и мониторинга ГРП, получать оперативную и достоверную информацию о развитии трещины ГРП на основе машинного обучения и автоматического принятия решений.

Цифровизация и интеллектуализация геолого-технологических процессов на основе данных наземного сейсмометрического мониторинга контроля за процессом ГРП в нефтегазовой залежи позволит управлять процессом разработки месторождений УВ и ПХГ, проектировать направление стволов горизонтальных скважин, получать информацию о напряженно-деформируемом состоянии продуктивного пласта.

Новизна разработки заключается в создании интеллектуального программно-методического комплекса для контроля процессов проведения ГРП углеводородных залежей и подземных хранилищ газа (ПХГ) с применением наземного сейсмометрического мониторинга на основе машинного обучения и реализации автоматизированного принятия решений.

Будет создана система инструментального замера текущего состояния трещины ГРП на основе наземного сейсмометрического мониторинга с возможностью выявления азимута, длины, высоты зон трещинообразования и возможного зон проникновения проппанта.

Высокая точность и глубинность применяемой системы контроля ГРП позволят осуществлять наблюдение по всему геологическому разрезу.

Бюджет: Р 20 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СИГМА»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122072200002-8

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

В процессе работы проводятся следующие исследования:

- выбор объекта исследования;

- проведение стандартных петрофизических исследований образцов диаметром 30 мм;

- создание рекомбинированных проб флюидов, моделирующих пластовые углеводородные системы;

- проведение измерений фазовых проницаемостей и коэффициентов вытеснения в системах «нефть-вода», «нефть-газ», «газ-вода»;

- проведение исследований кернового материала с целью измерения деформаций (упругих модулей) керна;

- оценка изменений механических свойств, проницаемости и сжимаемости образцов керна при контакте с вводимыми в пласт жидкостями в пластовых условиях;

- оценка эффективности парагазового воздействия по вытеснению вязкой нефти из модели пласта;

- проведение исследований проводимости проппантовой упаковки при гидроразрыве пласта.

Результат работы – отчет о НИР «Результаты комплексных экспериментальных исследований на керновом материале при моделировании фильтрационных процессов и методов воздействия на пористую среду в термобарических условиях залегания пласта на универсальной автоматизированной установке».

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по проектированию и сопровождению разработки Ковыктинского месторождения углеводородов.

тивной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании, организации и контроле мероприятий по специальным исследованиям керна, моделированию фильтрационных процессов и методов воздействия на пористую среду в термобарических условиях залегания пласта.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122072500030-8

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРП И МГРП ДЛЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА ХАМАКИНСКОМ И ТАЛАХСКОМ ГОРИЗОНТАХ ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

научно-техническое сопровождение операций ГРП на скважинах ОПР-1 в части согласования и подготовки оптимальной программы тестовых закачек, дизайна, редизайна, моделирования геометрии трещин ГРП и последующей калибровки трёхмерной (3D) секторной геомеханической модели;

анализ выполненных МГРП в зоне УКПГ-3 в рамках программы ОПР-1 по восстановлению продуктивности скважин, не вышедших из освоения, разработка рекомендации по технологии ГРП, закачиванию горизонтальных стволов под МГРП и дизайнам ГРП для скважин зоны УКПГ-3;

комплексирование результатов работ по адаптивному заканчиванию скважин (выработка рекомендаций по проводке субгоризонтальных стволов на основе локального уточнения геологической модели с помощью локаций микросейсмических событий) и результатов геомеханического моделирования в процессе эксплуатационного бурения скважин для выработки комплексных рекомендаций по азимутальному направлению и профилю проектных скважин для последующего проведения МГРП;

разработка программы опытно-промышленных работ (ОПР-2) для наклонно-направленных скважин (ННС) по определению оптимальных технологий ГРП на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ;

разработка программы опытно-промышленных работ (ОПР-3) по определению оптимальной технологии многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ для скважин с субгоризонтальным окончанием ствола. Результаты работы – отчёт о НИР «Обоснование выбора оптимальных технологий ГРП для наклонно-направленных скважин на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ»;

отчет о НИР «Обоснование выбора оптимальных технологий МГРП для горизонтальных скважин на хамакинском и талахском горизонтах Чаяндинского НГКМ».

Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпо-

ративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при организации, планировании и контроле мероприятий по проектированию объектов обустройства месторождений Восточной Сибири (Чаяндинское НГКМ, Ковыктинское ГКМ и др.).

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122080200023-8

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ЭЛЕКТРОКЛАПАНА

Для повышения нефтегазоотдачи применяется гидроразрыв пласта (далее – ГРП). Давление при ГРП на месторождениях сегодня достигает 1000 атм (новые месторождения более глубокие, давление пласта выше, чем у открытых ранее). Для уменьшения нагрузки (перепада давления) на насосно-компрессорную трубу (НКТ) в затрубное пространство (между НКТ и обсадной колонной) закачивается тяжелый раствор, который необходимо вымыть перед началом эксплуатации скважины.

В рамках всего проекта будет разработан программно-аппаратный комплекс «Циркуляционный электроклапан для нефтегазовых скважин», предназначенный для промывки НКТ и пространства между насосно-компрессорной трубой (НКТ) и обсадной колонной от тяжелого раствора, а также позволяющий дистанционно контролировать давление и температуру нефтегазового пласта.

Уникальная особенность – проходной для флюида осесимметричный электродвигатель, имеющий большой проходной канал (70 мм, для прокачки флюида сквозь себя и позволяющий пройти через клапан геофизическим приборам) при внешних габаритах не более 152 мм (для безопасного размещения внутри типовой обсадной колонны с внешним диаметром 178 мм и толщиной стенки 10 мм). Осесимметричность механических деталей резко снижает себестоимость их изготовления (в 5–10 раз).

Данный электроклапан позволит добывающим компаниям удаленно (из офиса) осуществлять промывку НКТ и затрубного пространства и контролировать разработку пласта с помощью датчиков давления и температуры без дополнительных затрат на бригаду комплексного ремонта скважин, которую сейчас необходимо привлекать для открытия и закрытия механических клапанов. Это позволит сэкономить около 20 миллионов рублей при каждом открытии и закрытии клапана (по информации от заказчиков (например, ПАО «Новатэк») – примерно 1 раз в 2 года клапан будет открываться и закрываться для каждой скважины для кислотной обработки пласта), а также уменьшить простой скважины на 3–5 дней (уменьшить потери добычи, которые составляют около 1 млн кубов газа в сутки).

Внедрение конечного продукта «Циркуляционный электроклапан» позволит значительно повысить энергоэффективность нефтегазодобывающих скважин за счет экономии затрат (связанных с выездом бригады на скважину для откры-

тия и закрытия клапана), минимизации ручного труда, числа задействованного персонала и объема используемого оборудования, а также сокращения потерь добычи углеводородов из-за простоя скважины.

Планируется пройти процедуру подтверждения производства промышленной продукции на территории Российской Федерации и включить программно-аппаратный комплекс «Циркуляционный электроклапан» в Реестр российской промышленной продукции, поскольку конечный продукт относится к технологиям импортозамещения.

В рамках первого этапа НИОКР (1 год) будет создан и испытан в лаборатории макет циркуляционного электроклапана. Функции, выполнение которых должен обеспечивать разрабатываемый научно-технический продукт:

- прокачка через электроклапан жидкости промыва скважины (воды),
- мониторинг давления и температуры нефтегазового пласта,
- прокачка сквозь электроклапан добываемой нефтегазовой смеси.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НЕОВЭЛЛ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122080300004-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ

Проект направлен на разработку теоретических основ термогазодинамического воздействия на нефтегазовые пласты, например, с помощью импульсов давления, создаваемых горением пороховых зарядов. Основной проблемой в этом направлении является развитие теории взаимосвязанных тепловых и волновых процессов в скважине и пласте как едином резонаторе.

Применимость классической теории для таких процессов ограничена, поскольку уравнение движения, представленное законом Дарси, не учитывает инерционных сил, возникающих за счёт изменения скорости во времени и пространстве. Учет инерционных сил существенно усложняет задачи, описывающие поля давления в реальных коллекторах нефти и газа, и требует развития физических основ теории и дополнительных экспериментальных исследований. Впервые основное внимание в проекте будет уделено теоретическому и экспериментальному исследованию взаимосвязанных фильтрационно-волновых полей давления и температуры, возникающих в слоистых анизотропных пористых пластах при термогазодинамическом воздействии, инициирующем упругие волны и выделение тепла.

Основными задачами проекта являются: 1) построение теории взаимосвязанных нестационарных фильтрационно-волновых и температурных процессов, инициированных термогазодинамическим воздействием, в слоисто-неоднородной анизотропной среде с учетом фазовых переходов;

2) развитие математических методов решения задач о температурных и упругих волновых полях в пласте и скважине при термогазодинамическом воздействии; 3) создание конечно-разностных программ и аналитико-численные расчёты температурных и полей давления в реальных коллекторах нефти и газа при термогазодинамическом воздействии на пласт; 4) построение асимптотических решений задач сопряжения, описывающих нестационарные поля давления и температуры в продуктивном пласте и окружающих породах с учетом источников тепла, инициированных горением порохового заряда в интервале перфорации скважины; 5) оценка возможностей возникновения трещин в продуктивном пласте при различных режимах горения порохового заряда в скважине; 6) совершенствование лабораторной установки по изучению полей давления и температуры в пористой среде при импульсно-волновом воздействии.

Актуальность обусловлена ситуацией, складывающейся в нефте- и газодобывающей промышленности. Анализ современной практики показывает, что основным методом интенсификации нефтегазоизвлечения является гидроразрыв пласта. С применением этой технологии добывается четверть российской нефти. Разработка теоретических основ, позволивших создать и развить этот метод, была осуществлена советскими учеными (Христианович С.А., Желтов Ю.П.). Позже эти разработки получили значительное развитие и воплощение в технологиях и механизмах за рубежом при финансовой поддержке нефтяных компаний США.

Таким образом, нефтегазодобывающая отрасль России поставлена в зависимость от импортных технологий.

В сложившихся экономических условиях нефтегазодобывающие компании России заинтересованы в импортозамещении. Одним из наиболее перспективных методов воздействия на продуктивный пласт с целью интенсификации нефтеизвлечения является газодинамический разрыв пласта.

В основе данного метода лежит использование механической энергии газов, образовавшихся в результате сгорания специального порохового заряда в интервале перфорации скважины для трещинообразования в продуктивном пласте. Однако широкое применение указанного метода ограничено отсутствием удовлетворительной теории процессов в скважине и пласте, происходящих при высокоамплитудных температурных и упругих импульсных воздействиях.

Следствием этой проблемы является невозможность прогноза результатов воздействия и условий обеспечения целостности обсадной колонны и цементного кольца. Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования нестационарных взаимосвязанных полей давления и температуры в пластах при газодинамическом воздействии представляют новое наукоёмкое направление исследований и представляет ряд актуальных научных проблем, решение которых имеет важное прикладное значение.

Научная новизна проекта заключается в том, что:

- будет развита теория нестационарных взаимосвязанных фильтрационно-волновых и температурных процессов в пласте и скважине, инициированных термогазодинамическим воздействием. Впервые будет систематически учтён вклад инерционных процессов в волновые поля давления;

- впервые будут получены аналитические выражения для волновых полей давления и температуры в слоисто-неоднородной анизотропной среде, которые обеспечат нахождение условий трещинообразования в пласте и оценки размеров трещин;

- будут созданы конечно-разностные программы и выпол-

нены аналитико-численные вычислительные эксперименты, на основе которых уточнены представления о физических процессах, происходящих при термогазодинамическом воздействии в реальных скважинных условиях, и на этой основе разработаны рекомендации по совершенствованию технологии воздействия;

- будут выполнены уникальные лабораторные исследования импульсных волновых полей в пористой среде и экспериментально проверено наличие предсказанного теоретически эффекта низкочастотного торможения.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122101300019-2

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПУНКТОВ НА БАЗЕ РОТОРНОГО ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Основной целью работы является изучение возможности полезного использования перепада давлений транспортируемого природного газа в газораспределительных системах при помощи детандер-генераторного агрегата малой мощности для покрытия собственных нужд ГРП.

Главная цель работы разделена на подзадачи, решением которых является выбор технологической схемы включения ДГА в ГРП, а также выбор конструктивного исполнения ДГА. Созданы математические модели в статическом и динамическом режимах в среде Aspen HYSYS.

Получены зависимости электрической мощности ДГА от доли основного потока газа, подаваемого на ДГА для теплого и холодного периодов года.

Получены зависимости, показывающие изменение во времени параметров ДГА и регулирующего клапана в случае автоматического управления расходом газа, направляемого на ДГА. Разработана трехмерная модель в среде ANSYS.

Представлено технико-экономическое обоснование применения ДГА и определение экономических условий, при которых продукт проекта обеспечивает достижение в эксплуатации высоких финансовых показателей.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122101400017-7

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ И РЕАГЕНТАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

анализ и обобщение информации касательно компаний операторов по ГРП и поставщиков материалов для выполнения работ по ГРП в Иркутском центре газодобычи;

анализ и обобщение информации по применяемым буровым растворам для строительства скважин на Ковыктинском ГКМ; лабораторные исследования по определению остаточной проницаемости ядра парфеновского горизонта после воздействия на него бурового раствора;

исследования на совместимость жидкости разрыва при различных концентрациях деэмульгатора с газовым конденсатом; исследования на определение времени капиллярной пропитки образцов воды при различных концентрациях стабилизатора глин с ядровым материалом;

лабораторные тестирования на определение физических свойств пропантов различных поставщиков и фракций трепованиям ГОСТ Р 51761-2013 «Пропанты алюмосиликатные. Технические условия»;

лабораторные исследования по определению базовой и остаточной проводимости пропантов, планируемых к применению для целей гидроразрыва пласта парфеновского горизонта;

лабораторные исследования по определению базовой проницаемости ядра парфеновского горизонта;

лабораторные исследования по определению остаточной проницаемости ядра после деструкции жидкости гидроразрыва; лабораторные исследования на растворение при пластовой температуре шаров ГРП в различных средах используемых для активации муфт ГРП;

обобщение накопленного отечественного и мирового опыта по применению низковязких жидкостей разрыва и жидкостей ГРП на пенной основе, оценка применимости данных типов жидкостей на парфеновском горизонте Ковыктинского ГКМ с последующим составлением программы ОНР;

лабораторные исследования по определению стабильности жидкости разрыва при пластовой температуре, по восстановлению вязкости жидкости разрыва после приложения сдвиговых нагрузок, исследования на оседание пропанта в жидкости гидроразрыва.

Результат работы – отчет о НИР «Предложения по материалам и реагентам для проведения гидроразрыва пластов в условиях парфеновского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения по результатам выполнения лабораторно-исследовательских работ».

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области добычи газа, газового конденсата, нефти, при планировании и организации работ

по разработке Ковыктинского ГКМ и реализации решений по поддержанию планируемых уровней добычи углеводородов.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122101400018-4

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

сбор, анализ и обобщение информации касательно мировых практик по проведению ГРП на месторождениях-аналогах;

выгрузка необходимых геологических и фильтрационных свойств из геологической модели в интервалах расположения муфт ГРП на фактически пробуренных скважинах, на проектных скважинах выбор интервалов муфт согласно наилучшим фильтрационным свойствам по стволу скважины;

расчет технико-технологических параметров ГРП для первоочередных эксплуатационных скважин и для участка залежи с подстилаемой подошвенной водой парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ в различных вариациях с учетом полученных результатов работ по 1 этапу;

определение оптимальных технико-технологических параметров для участков парфеновского горизонта с разными ФЭС для реализуемой сетки размещения скважин;

анализ критически напряженных разломов, перемычек и барьеров в целевых пластах, концентраций напряжений, разработка рекомендаций по их учету при планировании эксплуатационного бурения и разработки месторождения;

оценка забойных давлений при эксплуатации месторождения в зависимости от геолого-геомеханических условий для достижения наилучшего охвата и дренирования запасов УВ;

разработка на основе 3D геомеханического моделирования предложения по технологиям проведения ГРП/МГРП парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ, а так же по проведению ОПР;

разработка предложения по проводке ГС, расположению муфт ГРП и пакеров, азимута ГС для скважин под МГРП;

расчет технологических показателей разработки месторождения при оптимальных параметрах ГРП для первоочередных эксплуатационных скважин пускового комплекса, а также участка залежи с подстилаемой подошвенной водой парфеновского горизонта Ковыктинского ГКМ.

Результат работы:

отчет о НИР «Комплексные предложения по применению технологии многостадийного гидроразрыва пласта на парфеновском горизонте для эксплуатационных скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения».

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

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122101400020-7

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕХАНИКО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ПРЕДБУРОВЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

оценка качества гидродинамической модели, переданной Заказчиком, с точки зрения пригодности для геомеханико-фильтрационного моделирования;

перемасштабирование исходной гидродинамической модели к геомеханической модели;

анализ изменения пластовых (поровых) давлений и геолого-промысловых исследований;

интерпретация результатов ГДИС, ПГИ на основе аналитических моделей скважин Ковыктинского ГКМ;

построение секторных геомеханико-фильтрационных моделей для задач бурения горизонтальных скважин на Ковыктинском ГКМ;

адаптация геомеханико-фильтрационных секторных моделей на параметры трещин ГРП и результаты интерпретации ГДИ;

расчет изменений напряженно-деформированного состояния горных пород в процессе разработки месторождения, оценка влияния геомеханических эффектов на разработку месторождения;

оценка вероятности реактивации разломов и трещин в течение разработки месторождения;

расчет максимально допустимых депрессий для предотвращения выноса твердой фазы, выполнение прогноза изменения состояния призабойной зоны пласта в ходе разработки месторождения с вариантами возможного поступления пластовой воды;

расчет максимально возможных годовых темпов отбора газа и предельно допустимых суточных дебитов скважин на основе комплексного геомеханико-фильтрационного моделирования с учетом ограничений, обусловленных изменением напряженно-деформированного состояния среды;

разработка на основании существующей 3D геомеханической модели рекомендаций по азимутальному направлению проектных скважин;

построение одномерных предбуровых геомеханических моделей для проектных скважин по результатам выполнения этапа 1.

Результаты работы:

геомеханико-фильтрационные секторные модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения;

одномерные (1D) предбуровые геомеханические модели проектных скважин Ковыктинского газоконденсатного месторождения.

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

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122101400026-9

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ (3D) МАКРО-ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И СЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В ходе выполнения работы проводятся следующие исследования:

анализ и оценка качества переданной геологической модели и результатов сейсмической AVO-инверсии для задач последующего 3D геомеханического моделирования, в том числе моделирования свойств в межскважинном пространстве;

выбор секторов для последующего 3D макро-геомеханического моделирования полигона;

анализ данных бурения эксплуатационных скважин, пробуренных к моменту выполнения работ;

построение трехмерной (3D) макро-геомеханической модели в рамках выбранного полигона;

построение трехмерных (3D) секторных геомеханических моделей;

картирование рисков и благоприятных зон для бурения, ГРП/МГРП на основе геомеханических атрибутов;

верификация трехмерных (3D) геомеханических моделей на данные ГРП и тестовых закачек.

Результаты работы:

трехмерная (3D) макро-геомеханическая модель выбранного полигона Ковыктинского газоконденсатного месторождения;

трехмерные (3D) геомеханические секторные модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения.

Результаты работы предназначены для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной

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

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122112400088-3

ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ (ЭТАП 2022 г.)

В настоящее время углеводороды играют одну из ключевых ролей в энергетике. Одним из вызовов для нефтегадобывающей 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 Российской Федерации, через 15 лет до 17 % российской нефтедобычи будет приходиться на трудноизвлекаемые запасы.

В последние годы в разработку вводится всё больше объектов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами с применением методов и технологий, требующих повышенных затрат. Особый интерес представляет баженовская свита, содержащая более 100 миллиардов тонн трудноизвлекаемой нефти. Эти объемы превышает потребности отрасли на ближайшие 200 лет при сохранении существующих темпов добычи.

Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами требует постоянного совершенствования цифровых и горнодобывающих технологий. В частности, при разбуривании таких месторождений преимущественно используют горизонтальные скважины с проведением гидроразрыва пласта (ГРП).

Технология многостадийного ГРП, в рамках которой на одной скважине инициируется несколько трещин ГРП, является одним из наиболее эффективных методов стимуляции пласта и интенсификации нефтедобычи. Данная технология постоянно совершенствуется: увеличивается количество стадий гидроразрыва, разрабатываются новые жидкости ГРП, новые проппанты (расклинивающие агенты, используемые для недопущения смыкания трещины), оптимизируются режимы закачки.

Технологии хранения углеводородов также постоянно усложняются. В частности, одним из перспективных направлений является создание подземных хранилищ газа, позволяющих создавать стратегические запасы и обеспечивать бесперебойное снабжение газом. Развитие данных технологий приводит к появлению большого количества новых задач ме-

ханики 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.

Бюджет: Р 2.37 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.6 Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП

НИОКТР № 122121500012-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В СКВАЖИНАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ

В настоящее время наиболее эффективным методом интенсификации притока углеводородов и повышения нефтеотдачи продуктивных пластов в скважинах, в частности, с горизонтальным окончанием, остается технология гидравлического разрыва пласта (ГРП).

Во многих регионах, по мнению большинства специалистов, это единственная технология вовлечения в разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, приуроченных к низкопроницаемым, слабодренлируемым, неоднородным и расчлененным коллекторам, позволяющая существенно увеличить добычу углеводородов и сделать скважины экономически рентабельными.

Эффективность ГРП значительно увеличивается в скважинах с горизонтальным окончанием. В этом случае длина горизонтального участка должна быть аргументирована соответствующим обоснованием, поскольку, как показано многочисленными публикациями, приток пластового флюида в скважину осуществляется не из всего вскрытого интервала. Это является основанием необходимости разработки технологии и технических средств для многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) как со временем, так и по длине горизонтального участка ствола скважины. Для этого предложена и

описана технология МГРП, обеспечивающая возможность проведения закачивания жидкости-разрыва и удерживания избыточного давления в обе стороны от компоновки гидроразрыва, в которой предусмотрена система обратных клапанов створчатого типа.

Новизна и новаторство состоит в технологическом решении доставки до целевого интервала и применения легко разрушаемых пробок для гарантированного разобщения открытых интервалов и выполнения селективного ГРП.

Потенциально кандидатами могут быть все скважины со спущенными компоновками диаметром 114 мм с муфтами ГРП однократного или многократного действия по открытию-закрытию после выполнения работ по подготовке горизонтальной части скважины (требование «равнопроходного» сечения – с долотом диаметром 95 мм).

Бюджет: Р 0

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

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

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углебления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 121040600099-4

СЕЛЕКТИВНОЕ РЕАКЦИОННОЕ АДсорбЦИОННОЕ ОБЕССЕРИВАНИЕ БЕНЗИНОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА И НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ НА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ТРИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ni-Cu-Zn НАНЕСЕННЫХ СИСТЕМАХ (РАДС2020)

Основной целью проекта является изучение возможности управления селективностью обессеривания на би- и триметаллических адсорбционно-каталитических Ni-Cu-Zn нанесенных системах с помощью регулирования состава и свойств активной фазы и носителя, и их взаимодействия. Применение технологии реактивной адсорбции позволяет получать ультранизкосернистые углеводородные топлива с содержанием серы менее 0,1 ppm без значительных затрат водорода.

Однако параллельно с реакциями обессеривания на классических Ni-Zn адсорбционных системах могут протекать реакции гидрирования непредельных соединений, что приводит к снижению октанового числа таких продуктов нефтепереработки, как бензин каталитического крекинга, гидроочистка которого затруднена по той же причине.

Актуальной задачей является разработка селективных адсорбционно-каталитических систем для удаления серы из олефинсодержащих углеводородных фракций. Для этого впервые будет проведено систематическое исследование влияния природы носителя, его текстурных характеристик, а также дисперсности и поверхностной концентрации активной фазы на активность и селективность Ni-Cu-Zn адсорбционно-каталитических систем. Кроме того, планируется установить влияние химического взаимодействия между активной фазой адсорбента и различными типами носителей на его эффективность.

Все проводимые исследования будут подкреплены результатами теоретических и квантово-химических расчетов характеристик адсорбции сернистых и непредельных соединений на получаемых системах, что позволит получить более

полное понимание механизма и кинетики протекающих реакций и улучшит современные представления об адсорбции органических молекул на многокомпонентных поверхностях сложной морфологии.

Впервые будет оценена возможность применения подобных систем в составе катализаторов каталитического крекинга для *in situ* обессеривания при переработке тяжелого нефтяного сырья. В результате проекта будут разработаны подходы по управлению селективностью Ni-Cu-Zn адсорбционно-каталитических систем в реакциях обессеривания по отношению к реакциям гидрирования, применение которых позволит создавать адсорбенты с необходимой селективностью при максимальной активности и емкости по сере. Их применение позволит обеспечить высокие экологические стандарты отечественных нефтепродуктов в условиях современных вызовов для нефтепереработки: утяжеления сырья, увеличения глубины переработки нефти и дефицита импортных технологий.

Бюджет: Р 6 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122030300045-4

КАТАЛИЗ В ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЕ: СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ В СЛАРИИ-РЕАКТОРАХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ В МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА И СЫРЬЕ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ

Настоящий проект имеет отношение к актуальной фундаментальной научной проблеме создания каталитических систем нового поколения и новых принципов проведения химических реакций в инновационных процессах переработки тяжелой нефти.

Данный проект является частью исследований, направленных на разработку новой перспективной схемы комплексной переработки тяжелой нефти в легкие углеводороды, реализуемой через стадии:

- первичной вакуумной дистилляции (с разделением тяжелой нефти на фракции вакуумного газойля и тяжелых остатков),
- гидрокрекинг газойля (с получением компонентов моторных топлив) и газификацию тяжелых остатков с их превращением (через синтез-газ и ДМЭ/метанол) в легкие олефины.

Данный перспективный процесс призван обеспечить глубину переработки тяжелой нефти и тяжелых нефтяных остатков на 97–99 % с одновременным получением довольно широкого спектра ценных нефтехимических продуктов (этилена, пропилена, моторных топлив, диметилового эфира и метанола).

Ключевыми стадиями данного перспективного процесса переработки тяжелой нефти в легкие углеводороды являются синтез олефинов (из ДМЭ/метанола) и гидрокрекинг газойля.

Эти ключевые реакции предполагается осуществить по новому принципу – на наносистемах цеолитов в *slurry*-реакторах. Настоящий проект направлен на создание новых высокоэффективных каталитических наносистем на основе наноразмерных цеолитов для осуществления синтеза олефинов (из ДМЭ/метанола) и гидрокрекинга газойля с максимальной эффективностью.

Задачей проекта является разработка научных основ и методов формирования наноразмерных цеолитных катализаторов в виде нанокристаллов, взвешенных в углеводородных средах, предназначенных для осуществления реакций синтеза олефинов и гидрокрекинга тяжелых углеводородов в *slurry*-реакторах.

В настоящем проекте предполагается разработать методы и изучить закономерности формирования нанокристаллов цеолитов со структурой MFI, FAU и силикоалюмофосфата со структурой CHA, взвешенных в углеводородных средах, и исследовать каталитические свойства таких наносистем в условиях трехфазного катализа (в *slurry*-реакторах) в трех реакциях:

- в синтезе низших олефинов из метанола (система с наноразмерными кристаллами узкопористого силикоалюмофосфата со структурой CHA);
- в синтезе низших олефинов из диметилового эфира (система с нанокристаллами среднепористого цеолита MFI);
- в гидрокрекинге тяжелых углеводородов (система с нанокристаллами широкопористого цеолита FAU).

Предполагается формировать наносистемы с нанокристаллами цеолитов, взвешенными в углеводородных средах с использованием комплекса физико-химических и химических методов, а именно:

- 1) гидротермальный синтез из оптически прозрачных систем;
- 2) получение наноразмерных частиц путем физического воздействия на исходный цеолит;
- 3) синтез с использованием матриц.

Системы нанокристаллитов цеолитов, взвешенные в углеводородных средах, в практике нанокатализа будут сформированы впервые. Также впервые на их основе будут получены каталитические системы нового поколения для проведения реакций гидрокрекинга тяжелых углеводородов и синтеза олефинов (из ДМЭ и метанола) в *slurry*-реакторах на цеолитных наносистемах. В практике нефтехимии и нефтепереработки химические реакции на нанокристаллитах цеолитов, взвешенных в жидкостях, в *slurry*-реакторах будут проведены впервые.

Выявленные в ходе исследования закономерности и полученные фундаментальные знания в перспективе могут стать основой для создания высокоэффективных наноразмерных цеолитсодержащих катализаторов нового поколения для других процессов нефтепереработки с использованием гетерогенных цеолитсодержащих катализаторов.

На основе результатов настоящего фундаментального исследования могут быть созданы новые научно-технические решения, обеспечивающие эффективный гидрокрекинг тяжелых углеводородов с получением компонентов моторного топлива и инновационный синтез низших олефинов из диметилового эфира и метанола в условиях трехфазной системы (в *slurry*-реакторе).

Это, в свою очередь, создаст предпосылки для эффективной реализации перспективного процесса переработки тяжелой нефти в легкие углеводороды, что весьма актуально ввиду снижения добычи легкой нефти и необходимости разработки

отечественных технологий глубокой переработки тяжелой нефти и тяжелых нефтяных остатков. Создание отечественных технологий в данной области внесет важный вклад в решение проблемы импортозамещения и снизит экономические риски, которые возникли в последний год из-за противоречий в отношениях с рядом западных стран и в настоящее время создают угрозу национальной безопасности.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122031400248-5

Композитные катализаторы гидрирования СО, полученные на основе природных полимеров и солей металлов

Стремительное развитие наногетерогенного катализа способствовало разработке нового класса дисперсных контактов, в частности, металлсодержащих нанокомпозитов на основе полимерных матриц. Из-за своих уникальных свойств данные материалы обладают высоким потенциалом практического применения. Активное вовлечение наноразмерных катализаторов в нефтепереработку и нефтехимию в настоящий момент приобретает статус научного тренда.

Одним из удобных и хорошо воспроизводимых методов синтеза высокодисперсных контактов является метод совместного термолиза полимерного прекурсора и соли металла. Термолиз – сложный процесс, в результате которого под действием теплового излучения происходят глубокие химические изменения в полимере. Эти превращения сопровождаются выделением токсичных продуктов распада синтетических полимеров (CO , CO_2 , NO_x).

Однако предварительные эксперименты показали, что для получения катализаторов также может быть использована целлюлоза и лигнин – природные полимеры, содержащиеся в любых видах биомассы. В этом случае для приготовления композитов может быть использован нетрадиционный метод – гидротермальный синтез, позволяющий одновременно формировать из природных полимеров, таких как целлюлоза, крахмал, гемицеллюлоза, лигнин, растительная биомасса, углеродную составляющую катализатора и вводить в нее металлсодержащий компонент.

Такой подход на основе принципов «зеленой химии» позволит использовать CO_2 -нейтральное сырье (полученное из растительной биомассы). Кроме того, применение гидротермального синтеза для получения катализаторов, протекающее в мягких по сравнению с термолизом, условиях позволит сохранить фрагменты структуры исходного биополимера, что делает каталитические системы, приготовленные описанным методом, интересными объектами для научных исследований с фундаментальной точки зрения.

Впервые методом гидротермального синтеза будут получены композитные катализаторы на основе природных полимеров, содержащие наночастицы металлов, активных в процессе гидрирования СО. Впервые катализаторы данного рода будут подвергнуты комплексным физико-химическим исследова-

ниям с применением различных методов для оценки структуры и морфологии каталитических систем. Полученные сведения позволят сделать предположение о реакционной способности синтезированных композитных материалов.

Впервые будут систематически изучены закономерности формирования каталитических систем на основе растительной биомассы для реакции гидрирования СО, полученных методом гидротермальной карбонизации.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122032400124-9

Разработка каталитических систем на основе нанодисперсного гидроксипатита и железо-замещенного гидроксипатита для окисления серосодержащих соединений в нефтепродуктах

На сегодняшний день нефть является основным мировым источником энергии и обеспечивает треть ее мирового потребления. В нефтепереработке, а также при использовании продукции нефтехимической промышленности, критическим является фактор экологии. Ряд ведущих стран мира, в том числе Российская Федерация, переходят на экологический стандарт ЕВРО-5.

Проблема создания эффективного катализатора для очистки нефти от органических субстратов (бензо- и дибензотиофенов, олефинов) имеет высокое значение как в прикладном, так и в фундаментальном аспекте. На сегодняшний день в тонком органическом синтезе широкое применение нашли катализаторы, содержащие оксиды тугоплавких и благородных переходных металлов на носителе из упорядоченных мезопористых алюмосиликатов типа MCM-41.

К недостаткам применения катализаторов на основе оксидов таких переменных металлов относится высокая стоимость, а также низкая экологическая безопасность. В связи с этим важной задачей при создании новых катализаторов является переход к более экологически чистым и дешевым активным катализаторам.

Решением может быть разработка безопасного и доступного катализатора на основе гидроксипатита (ГА). ГА – фосфат кальция с формулой $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, нашедший широкое применение в биомедицине в качестве материала для костной пластики, в тоже время, перспективен для применений в качестве катализатора.

Благодаря наличию кислотных и щелочных центров, развинутой поверхности, способности к ионному обмену, термической стабильности и низкой растворимости в воде, а также способности к широкому спектру катионных и анионных замещений, ГА способен выступить альтернативой широко применяемым катализаторам на основе алюмосиликатов.

В тоже время, в литературе исследования ГА в качестве катализатора лимитированы порошками с невысокой удельной поверхностью.

Разработка технологии синтеза ГА порошков, способной

обеспечить удельную поверхность не ниже 180 м²/г, а также исследование свойств таких порошков является целью данного проекта. Также для увеличения каталитических свойств в проекте предполагается исследование влияния недорогого переходного металла (железа) на физико-химические и каталитические свойства разрабатываемых материалов.

Другим подходом к созданию новых катализаторов будет разработка технологии нанесения ГА и железо-замещенного ГА (Fe-ГА) на подложку из МСМ-41 и установление влияния параметров технологических процессов на формирования фазового состава, морфологии, дисперсности, наличию мезопористости и распределение пор по размерам в материалах.

Методами электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и двойного электрон-ядерного резонанса (ДЭЯР) будет исследована тонкая структура катализаторов и установлено наличие свободных радикалов на поверхности материалов, а также окружение железа с установлением его структурного состояния. Будет выявлена связь между свойствами поверхности материалов и их каталитической активностью и селективностью.

Руководитель проекта на базе лаборатории композиционных керамических материалов ИМЕТ РАН принимала активное участие в разработке новых подходов к синтезу нанодисперсного гидроксипатита, в том числе допированного катионами различной валентности, а также изучала его физико-химическими методами с привлечением методов ЭПР и ДЭЯР.

В результате были запатентованы и опубликованы в ведущих мировых и отечественных изданиях сведения о новых нанодисперсных материалах на основе фосфатов кальция для применения в биомедицине.

В настоящем проекте предлагается использовать эти знания в области синтеза гидроксипатита в качестве основы для создания новых катализаторов для удаления органических субстратов окислением в перексиде водорода, тем самым обеспечив диверсификацию областей применения нанодисперсного гидроксипатита в Российской Федерации.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122032900082-7

ПРОМОТИРОВАННЫЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ И АЛЮМОФОСФАТЫ С ЗАДАННОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ – ГЕТЕРОГЕННЫЕ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ НЕФТЕХИМИИ И ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

В настоящее время показаны широчайшие возможности применения цеолитсодержащих катализаторов для процессов нефтепереработки, нефтехимии и основного органического синтеза. Так, за последние 20 лет технологии производства низкосазывающих дизельных топлив, базовых синтетических масел и биодизеля интенсивно развиваются благодаря разработке и внедрению процессов гидроизомеризации н-парафинов C₁₆₊, входящих их в состав. Указанные процессы

позволяют селективно превращать н-парафины C₁₆₊ в изопарафины с выходом около 80 %.

При этом улучшаются низкотемпературные свойства топлив и масел, а также существенно увеличивается выход конечных продуктов по сравнению с процессами, основанными на извлечении н-парафинов. Процессы гидроизомеризации н-парафинов C₁₆₊ стали возможны в результате разработки Pt-содержащих катализаторов на основе среднепористых алюмосиликатных (ZSM-23) и силикоалюмофосфатных (SAPO-11) молекулярных сит с одномерной канальной структурой и средним размером пор ~0,5 нм.

Для создания новых каталитических систем, обеспечивающих выход изопарафинов более 80 %, необходимо еще уменьшить вклад побочных реакций гидрокрекинга. Еще одно из актуальных направлений исследований в области разработки и в особенности их применения следует отнести создание новых перспективных методов синтеза таких азотсодержащих соединений, как пиридины, хинолины, фенантролины, триоктиламин, производства которых в Российской Федерации отсутствуют.

Потребности в упомянутых выше азотгетероциклах (пиридины, хинолины, фенантролины) и высших алифатических аминах весьма значительны, и все эти классы ценных азотсодержащих оснований, имеющих многоцелевое назначение, полностью закупают за рубежом.

Бюджет: Р 38.61 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122040600002-3

РАЗВИТИЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ, ИЗОТОПНОЙ И ЭЛЕМЕНТНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Тема «Развитие масс-спектрометрических методов для медико-биологических применений: новые решения для молекулярной, изотопной и элементной масс-спектрометрии» посвящена актуальному направлению приборостроения – разработке новых масс-спектрометрических решений и приборных комплексов, а также отдельных элементов нового типа для быстроразвивающихся традиционных направлений науки и технологий – ядерно-топливного цикла, геологии, нефтепереработки и переработки различных типов сырья, контроля состава материалов и разработки новых материалов, и в не меньшей степени для новых, стремительно развивающихся направлений – медицинской биохимии, фармакологии, диагностической и лечебной медицины.

Бюджет: Р 78.52 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122061500004-3

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАССООБМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ

Нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы являются крупнейшими потребителями топливно-энергетических ресурсов. Рациональность их использования определяется эффективностью работы технологического оборудования завода, представленного массообменными технологическими объектами (МТО). При решении задач стабилизации энергосберегающих режимов функционирования МТО в современных системах управления технологическими процессами используются виртуальные анализаторы (ВА).

Эффективность ВА напрямую зависит от качества используемого массива данных и применяемых алгоритмов для их построения. В промышленных отраслях нефтепереработки и нефтехимии большую часть всех объектов составляют ректификационные и реакционно-ректификационные установки, которые являются ключевыми в достижении заданных экономических показателей. Использование виртуальных анализаторов для повышения эффективности управления с учетом особенностей объектов данного типа является перспективной задачей.

Предлагаемые подходы к разработке виртуальных анализаторов позволят повысить эффективность управления такими объектами в реальном времени с минимальными энергозатратами и потерями, что, в свою очередь, приводит к снижению количества нарушений технологического регламента.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122062400028-7

(РЕГИОН) ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОКОНВЕРСИИ ТЕРМОЛИЗНОГО МАСЛА (ПРОДУКТА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКОВ) В КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

В настоящее время в мире и в России накоплено огромное количество отходов различных пластиков. По данным Счётной палаты Российской Федерации, в 2019 году в России было образовано около 65 миллионов тонн твёрдых коммунальных отходов, где пластик, в частности упаковка, составил половину объёма коммунального мусора России.

Основной проблемой утилизации отходов пластиков является их неоднородный химический состав, например, такое

простое изделие, как бутылка для напитков, состоит из двух различных пластмасс: обычно, сама бутылка из полиэтилен-терефталата, а крышка и ручка – из полиэтилена низкого давления. В отходах также присутствует значительное количество галогенсодержащих пластмасс – фторопласты и ПВХ. Поскольку сортировка отходов пластмасс по отдельным сортам чрезвычайно трудоёмка, при переработке преимущество имеют технологии, позволяющие получать из смеси разных пластмасс один целевой продукт. К таким технологиям относится термоллиз – термическое разложение без контакта с воздухом. Основным продуктом термоллиза является термоллизное масло, представляющее собой смесь углеводородов с различными температурами кипения, загрязнённую токсичными соединениями галогенов, серы, азота и кислорода.

Однако по ряду своих основных свойств – фракционному составу, отношению Н/С, низкой коксуемости и низкой концентрации минеральных примесей термоллизные масла во многом превосходят такой ценный природный ресурс, как нефть. Кроме того, поскольку термоллизные масла могут производиться в непосредственной близости от городов, где расположены нефтеперерабатывающие заводы, то с точки зрения логистики термоллизные масла выглядят гораздо привлекательнее, чем традиционная нефть, которую ещё нужно доставить к местам переработки.

Таким образом, термоллизные масла представляются весьма привлекательным сырьём не для получения энергии, а для высокомаржинального производства либо готовых экологически чистых моторных топлив, либо высококачественного сырья для ряда топливных процессов классической нефтепереработки. Основной проблемой на пути широкого использования термоллизных масел в процессах получения экологически чистых моторных топлив является состав содержащихся в этих маслах гетероатомов, где наряду с типичными для традиционного нефтяного сырья соединениями серы и азота присутствуют в значительных концентрациях соединения кислорода и галогенов.

Поскольку представительных количеств сырья с таким составом гетероатомных соединений ранее не существовало, то не было ни специальных технологий, ни катализаторов для его переработки. Сейчас, наряду с прогнозируемым развитием процессов термоллиза отходов пластиков, создание гидрогенизационных технологий переработки термоллизных масел в качественные экологически чистые моторные топлива стало весьма актуальным. Не менее актуальной задачей является создание специализированных катализаторов для этих процессов.

В рамках предлагаемого проекта прежде всего предлагается с использованием известных катализаторов гидрогенизационных процессов создать научные основы для последующего развития технологии гидроконверсии сложных смесей разных классов гетероатомных, ненасыщенных и конденсированных ароматических соединений, предлагается выявить взаимовлияние конкретных типов соединений на превращение других, определить граничные условия процессов, обеспечивающих максимальные выходы и наилучшее качество отдельных целевых углеводородных фракций.

В области создания новых катализаторов предлагается сначала оценить влияние компонентов сырья и параметров процесса на селективность катализаторов и стабильность их каталитического действия, а далее, на основании имеющегося научного задела, перейти к созданию новых, специализированных катализаторов, обеспечивающих и протекание гидроконверсии в заданных условиях, и получение продуктов с заданными качественными и количественными характеристиками. Принципиальной научной новизной настоящего

проекта является изучение возможностей каталитической гидрогенизационной переработки углеводородного сырья широкого фракционного состава с концом кипения более 500 °С, имеющего высокую концентрацию ароматических и ненасыщенных углеводородов и содержащего одновременно соединения серы, азота, кислорода и галогенов. При этом продукты гидрогенизационной переработки характеризуются ультранизким содержанием гетероатомов (концентрация серы, азота и галогенов в бензиновых фракциях – ниже 1 ppm, в среднестиллятных фракциях – ниже 10 ppm) и облегченным по сравнению с исходным сырьём фракционным составом. Вторым элементом новизны является разработка не описанных нигде ранее специализированных катализаторов, позволяющих стабильно и селективно превращать сложные смеси углеводородов с гетероатомными соединениями в целевые фракции с ультранизким содержанием гетероатомов. При этом основными параметрами, определяющими стабильность и селективность катализаторов, будут дисперсность и морфология сульфидных частиц, а также текстура, кислотность, фазовый состав и параметры модифицирования носителя на основе оксида алюминия. Третьим элементом новизны будет оценка влияния послойной загрузки выполняющих различные функции катализаторов на параметры гидроконверсии термализованного масла, выходы и свойства получаемых продуктов.

Бюджет: Р 10.5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122071200019-9

**НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ,
В ТОМ ЧИСЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

В мире за последние десятилетия сформировался отчетливый тренд на переработку различных типов отходов и увеличению степени экологичности производств путем перехода к «замкнутому циклу» производства. В нефтяной промышленности это отражается в повышении глубины переработки нефти, снижения выбросов CO₂ и углеводородных газов, оксидов серы и азота, попытках рационально использовать отходы (нефешламы, АСПО, кислые гудроны) и нефтяные остатки (гудроны, мазуты).

Особенно этот тренд набирает силу вследствие увеличения доли тяжелых и остаточных нефтей в общем объеме добычи. Нефтяная отрасль является одним из основных загрязнителей окружающей среды (Никонов, Потапова, 2011; Самутин, Буторина, 2013; Капустин, 2013; Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, 2001 г.).

Помимо выбросов углекислого газа, окислов серы в процессе добычи и переработки нефти накапливаются такие от-

ходы как АСПО (асфальто-смоло-парафиновые отложения), мазуты, гудроны, кислые гудроны, нефешламы и т.д. Рациональная переработка данного вида сырья позволит не только увеличить глубину переработки нефти, но и повысить экологическую эффективность производств нефтяной промышленности (Капустин, 2013), путем перехода к замкнутому технологическому циклу производства.

Целью работы является разработка научно-технических основ и прикладных решений переработки углеводородного сырья для получения углеродных материалов, продуктов нефтепереработки и нефтехимии, в том числе с использованием высокоэнергетических воздействий и исследование свойств полученных материалов для их дальнейшего использования в различных отраслях промышленности.

В связи с ограниченностью запасов легкоизвлекаемых ресурсов в современном мире добыча нефти смещается в сторону битумных и тяжелых нефтей, что обуславливает необходимость развития процессов ее глубокой переработки. Основными продуктами этих процессов являются бензиновые, керосиновые, дизельные фракции, которые используются в производстве углеводородного топлива.

В связи с активным освоением арктических регионов в последнее время наметился также устойчивый рост потребностей в дизельных и реактивных топливах, способных работать при низких температурах до –50 °С, получить которые возможно только посредством применения присадок, а также различных процессов переработки нефти и газового конденсата. Исследование процессов переработки среднестиллятных фракций с участием водорода являются сложными и трудоемкими.

Поэтому в настоящее время для решения подобных задач все шире используются математические модели, разработанные с учетом физико-химических закономерностей превращения углеводородов на металлических катализаторах, позволяющие оценить выход и качество продукта при изменении состава сырья и технологических условий процесса.

При использовании таких моделей становится возможным прогнозирование состава и свойств продуктов нефтепереработки и нефтехимии, а также подбор оптимальных концентраций присадок для доведения свойств до требуемых значений.

При использовании высокоэнергетических воздействий, таких как плазменная обработка, лазерное излучение, электромагнитные поля СВЧ, электронное и гамма-облучение, может быть достигнута рациональная переработка углеродного сырья (в т.ч. нефтяного) для получения из них новых функциональных углеродных материалов.

Эффективность методов высокоэнергетического воздействия на углеродное сырье, в частности нефтяного, может быть повышена за счет исследования состава и структуры смол и асфальтенов (которые в нефтяных остатках и отходах могут составлять значительную часть, и наиболее трудно поддаются переработке), а также понимания направлений процессов их превращений в процессах переработки с высокоэнергетическим воздействием. В настоящее время у исследователей всего мира растет интерес к исследованию смолисто-асфальтеновых веществ (САВ) в качестве потенциального сырья для производства углеродных материалов.

Так, есть работы по изучению угольных асфальтенов (Andrews et al., 2011; Barraza et al., 2014; Du et al., 2017) для получения углеродных нанолитов (Wu et al., 2019), которые могут быть использованы как эффективные конденсаторы (Qu et al., 2016). Вероятно, это также верно и для нефтяных асфальтенов (Farooq et al., 2021; Xu et al., 2013; Andrews et al., 2011).

При этом могут быть получены полезные материалы для электроники на основе графена, синтезированного из асфальтенов, используя различные добавки, улучшающие емкостные характеристики (Xu et al., 2013; Wu et al., 2019). Оксид графена (а также восстановленный оксид графена) взаимодействует с асфальтенами (π-π взаимодействие, адсорбция), тем самым дестабилизируя водонефтяные эмульсии (Wang et al., 2016; Othman et al., 2018; Rogel et al., 2019). На этой основе могут быть в дальнейшем разработаны деэмульгаторы нефти и составы для увеличения нефтеотдачи пласта при ее добыче.

Однако работ по получению полезных материалов на основе асфальтенов немного (Jung and Bielawski, 2019; Петров, 2019), и они практически отсутствуют в случае нефтяных смол. По своей структуре и составу смолы близки к асфальтенам, но имеют меньший размер молекул, меньшую ароматичность и, как правило, меньшее содержание гетероатомов (Grinko et al., 2018).

Можно предположить, что вследствие этих особенностей из нефтяных смол (в частности, меньшего влияния гетероатомов) возможно будет получить более качественные материалы и композиты на основе графена с минимальным числом упорядоченных слоев.

Однако решение данной научной проблемы использования САВ в качестве сырья для получения углеродных материалов невозможно без всестороннего понимания их состава и структуры, а также ее превращений под влиянием высокоэнергетического воздействия (плазмы).

Поэтому задача по изучению состава и структуры САВ является актуальной, ее решение позволит выявить влияние природы САВ на свойства получаемых углеродных материалов, а также понять, какое влияние эта природа оказывает на свойства конечных продуктов – композитов для микроэлектроники или других полезных материалов (составы для деэмульсации нефти, полимерные покрытия, сорбенты, носители для катализаторов и т.д.).

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122071200034-2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АНИОНОВ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ИЗ НЕФТИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ (КФ-868)

Для выбора наиболее оптимальных направлений процессов нефтепереработки, расчета мощности нефтеперерабатывающих установок, а также для решения задач, связанных с геологией нефти и нефтедобычей, необходимо знание химического и фракционного состава нефти. Агрессивность органических кислот по отношению к различным металлам является причиной коррозии оборудования. В частности, это касается низкомолекулярных жирных кислот и нафтеновых кислот, обладающим большой коррозионной активностью. Весьма перспективным для определения органических ани-

онов является метод ионной хроматографии, позволяющий определять анионы в различных объектах при их совместном присутствии.

Бюджет: Р 0.01 млн

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

Заказчик: КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «КРАСНОЯРСКИЙ КРАЕВОЙ ФОНД ПОДДЕРЖКИ НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологических моторных топлив и масел

НИОКТР № 122080300116-6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕТЕРОГЕННОГО ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАКУУМНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ, НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ И ОСТАТОЧНЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

В настоящее время особенно остро стоит вопрос импортозамещения программного обеспечения в области проектирования, моделирования и оптимизации процессов подготовки и переработки нефти и газа. Практически все используемые на предприятиях нефтегазового сектора пакеты моделирующих систем представляют собой разработки США, Канады, Великобритании и других стран.

В сложившихся условиях санкционных рисков по использованию импортного программного обеспечения для моделирования технологических процессов крайне актуальной задачей является разработка и быстрая адаптация инженерных математических моделей всех базовых процессов нефтепереработки, которые в дальнейшем станут основой российских импортозамещающих программных продуктов. В этой связи актуальность решения обозначенной проблемы ранее обусловлена необходимостью, в первую очередь, импортозамещения программного обеспечения в области моделирования и оптимизации процессов переработки нефтяного сырья и, во-вторых, прогнозирования показателей работы катализаторов при вовлечении в переработку низкокачественных нефтяных фракций.

Актуальность решения проблемы также обусловлена тем, что до настоящего времени отсутствуют математические модели процесса, учитывающие химические превращения углеводородов и сернистых соединений на поверхности катализатора на базе механизмов Лэнгмюра-Хиншельвуда или Ридила-Или, кислотные характеристики и размер пор катализатора, а также состав существенно различающихся по групповым и фракционным характеристикам нефтяных фракций. Состав таких фракций, включая продукты висбрекинга, коксования и масляного производства, значительно отличается от состава вакуумного газойля, традиционно вовлекаемого в переработку на установках крекинга, в том числе наличием гетероатомных соединений, разной степенью цикличности ароматических и нафтеновых компонентов, высоким содержанием смол, асфальтенов, олефинов.

При этом в зависимости от нефтехимической или топливной направленности сырьем процесса могут быть как среднедистиллятные фракции, так и тяжелое остаточное сырье. При этом принципиально важными являются несколько факторов. Во-первых, определение состава и характеристик потенци-

ально вовлекаемого в переработку тяжелого остаточного сырья и учет его при создании реакционной схемы процесса с участием не только углеводородных и гетероатомных соединений, оказывающих влияние на выход и состав продуктов. Во-вторых, установление и учет при моделировании гетерогенного процесса кинетических и термодинамических параметров реакций на кислотных центрах катализатора с использованием методов квантово-химического моделирования и характеристик катализатора (кислотность, удельная поверхности, размер пор).

Научная значимость решения данной проблемы заключается в разработке методологических основ моделирования гетерогенного процесса совместной переработки вакуумных дистиллятов, низкокачественных и остаточных нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах с учетом гетероатомных соединений, принимая во внимание снижение числа кислотных центров и размера пор катализатора вследствие адсорбции кокса. Разработка новой модели на основе механизма Лэнгмюра-Хиншельвуда с учетом характеристик катализатора и закономерностей превращений компонентов смесового сырья позволит, во-первых, определить оптимальное количество вовлекаемых в процесс низкокачественных компонентов с учетом их состава.

Во-вторых, прогнозировать степень дезактивации катализатора вследствие адсорбции кокса на его поверхности и закупорки пор в зависимости от типа сырья.

В-третьих, повысить энергоэффективность технологии и выход целевых продуктов при прогнозировании содержания сернистых соединений в продуктах крекинга путем оптимизации теплового режима процесса в зависимости от состава смесового сырья и топливной или нефтехимической направленности процесса.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122080300185-2

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ КИСЛОРОД- И АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Реакции гидрирования являются ключевыми процессами для нефтепереработки, нефтехимического и органического синтеза. Возможность снижения энергоемкости и повышение селективности данных процессов посредством усовершенствования существующих каталитических систем и разработки новых гетерогенных катализаторов представляет не только важную практическую, но и фундаментальную задачу. Настоящий проект направлен на разработку новых наноматериалов, взаимодействие которых с водородом проявляется эффектом низкотемпературного спилловера H_2 , а, следовательно, его низкотемпературной активации. Основная задача исследования – это получение наноразмерных смешанных оксидных систем, одним из компонентов которых является легковос-

станавливающийся оксид церия (CeO_2-SiO_2 , CeO_2-TiO_2 , CeO_2-ZnO). Полученные наноразмерные смешанные оксиды будут использованы как носители наночастиц металлов (Pt, Cu). Ключевым моментом настоящего исследования является изучение взаимодействия полученных каталитических систем с водородом. Разработка такого рода материалов позволит создать новый тип катализаторов низкотемпературного гидрирования различных классов органических соединений (карбонильных, нитросоединений и нитрилов), что представляет собой мультидисциплинарную задачу получения функциональных наноматериалов – катализаторов для энергоэффективных процессов с участием водорода в органическом и нефтехимическом синтезе.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122080400018-2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ В ВЫСОКООКТАНОВЫЕ БЕНЗИНЫ И ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Конкретная задача, на решение которой направлен проект – создание импортозамещающей системы технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти, которая будет включать в себя математические модели всех базовых химических процессов получения высокооктановых компонентов бензинов экологического класса 5 (каталитический риформинг, изомеризация, каталитический крекинг, алкилирование изобутана олефинами) и компаундирования топлив.

Такая система будет учитывать неаддитивность смешения углеводородных потоков и вовлекаемых в компаундирование присадок и добавок с выдачей рекомендации по корректировке рецептуры приготовления бензина для оптимального расхода компонентов. Будут проведены численные и экспериментальные исследования процессов химического реагирования углеводородов в каталитических реакторах с получением компонентов высокооктановых бензинов и их компаундирования.

На основе полученных результатов будет создан банк прогностических математических моделей процессов получения компонентов высокооктановых бензинов (каталитический риформинг, изомеризация, каталитический крекинг, алкилирование изобутана олефинами) и компаундирования топлив.

Будут актуализированы математические модели процессов каталитического риформинга и изомеризации пентан-гексановой фракции углеводородов, что позволит провести численные исследования и разработать рекомендации по повышению детонационной стойкости риформата и изомеризата.

Будет усовершенствована математическая модель процесса каталитического крекинга путем описания превращений серосодержащих соединений с целью прогнозирования показателей качества бензинов крекинга по содержанию общей серы. Будут проведены экспериментальные и численные ис-

следования и установлены эффекты, возникающие при смешении углеводородных смесей, а именно синергетический эффект по показателю детонационной стойкости, проявляющийся в ди- и поликомпонентных смесях оксигенатов.

На основе полученных результатов будет выполнено математическое моделирование процесса компаундирования бензинов на основе учета влияния полярности и неаддитивности детонационных свойств компонентов бензиновой смеси, вызванных межмолекулярными взаимодействиями. Это повысит ресурсоэффективность производства, в случае сырья с низким октановым потенциалом – позволит избежать выхода некондиционных партий продукции; в случае сырья с высоким октановым потенциалом – позволит сэкономить ценные продукты.

Будут проведены экспериментальные и численные исследования, на основании которых разработаны расчетные методы по определению длительности индукционного периода, что позволит оптимизировать процесс приготовления моторных топлив, а также поспособствует прогнозированию оптимальных объемов рецептур смешения компонентов для получения бензинов требуемого качества по данному показателю.

Будут проведены исследования по оценке равномерности распределения детонационной стойкости по фракциям в случае смешения различных топливных композиций, на основании которых будет разработана методика расчета коэффициента распределения детонационной стойкости по фракциям, значение которого, близкое к 1, позволяет обеспечить стабильную работу двигателя автомобиля. Это позволит разработать новые составы многофункциональных компонентов к автобензинам на основе оксигенатов и алкилатов, повышающие эксплуатационные и экологические свойства моторных топлив.

Таким образом, в результате выполнения проекта будет решена многокритериальная задача повышения ресурсоэффективности процессов получения высокооктановых бензинов как на стадиях химического реагирования углеводородов в каталитических реакторах, так и на стадии смешения углеводородных смесей. С этой целью будут разработаны новые и усовершенствованы существующие математические модели, реализованные на единой платформе, представляющей собой импортозамещающую систему технологического моделирования процессов и аппаратов технологий переработки нефти.

Бюджет: Р 12 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122080800022-5

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ Mo, W и Ni в качестве компонентов МАССИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ

В настоящее время в России вовлекается в переработку самое разное труднопревращаемое углеводородное сырьё: от дистиллятов, полученных при переработке альтернативно-

го природного сырья (тяжёлой нефти и битумов), до жидких продуктов, получаемых при утилизации отходов пластиков. Параллельно с этим происходит постоянное ужесточение экологических стандартов на качество нефтепродуктов. Одним из параметров качества нефтепродуктов является содержание в них сернистых и азотистых соединений. Для снижения содержания серы и азота до требуемого уровня необходимо проводить гидроочистку нефтяных фракций. Для сохранения энергоэффективности процесса гидроочистки при утяжелении углеводородного состава сырья необходимо использовать более активные катализаторы, обеспечивающие получение продукта, соответствующего современным экологическим стандартам качества.

Кроме того, на российских нефтеперерабатывающих заводах для процессов гидроочистки используют импортные катализаторы. С учетом быстрого развития зарубежного рынка катализаторов процессов нефтепереработки, преодоление импортозависимости возможно путём разработки и внедрения в эксплуатацию конкурентноспособных отечественных катализаторов гидроочистки. Таким образом, разработка новых способов приготовления высокоактивных катализаторов гидроочистки является чрезвычайно актуальной в настоящее время. Ni(Co)-Mo(W) сульфидные системы, нанесенные на пористый алюмооксидный носитель, наиболее часто используются в качестве катализаторов гидропроцессов.

Существует множество способов увеличения активности данной системы, однако основной принцип сведен к поиску пути синтеза наибольшего количества активной сульфидной фазы. Зарубежные фирмы производители предлагают использовать массивные сульфидные катализаторы в качестве альтернативного варианта нанесенным катализаторам. В таком случае доля активного компонента в объеме катализатора многократно возрастает.

Использование таких систем возможно в индивидуальном порядке во всем реакторе, либо в качестве одного из слоев в реакторе, например, в качестве верхнего слоя перед основным слоем катализатора. В случае использования такого катализатора в качестве основного слоя в реакторе гидроочистки можно ожидать существенного снижения температуры процесса вследствие значительно более высокой активности массивного катализатора в сравнении с нанесенной системой.

С другой стороны, такой катализатор должен существенно увеличить количество поглощаемого водорода на тонну сырья. В случае использования такого массивного катализатора в качестве одного из слоев в реакторе, а в частности перед основным слоем катализатора, можно ожидать значительного улучшения состава сырья до его взаимодействия с основным слоем катализатора. В таком случае открываются перспективы вовлечения большего количества тяжелого углеводородного сырья, в том числе вторичных процессов нефтепереработки.

Стоит отметить, что в открытой научной и патентной литературе работ, посвящённых синтезу и исследованию массивных катализаторов гидропроцессов, практически нет. В настоящем проекте предлагается разработать подходы к синтезу материалов, состоящих из смешанных сложных оксидов переходных металлов Ni, Mo и W, которые являются предшественником активной сульфидной Ni-Mo-W фазы, а также выполнить исследование влияния структуры сложных оксидов Ni, Mo и W на особенности формирования смешанных сульфидов и их каталитическую активность в реакциях гидрирования, гидрообессеривания и гидродеазотирования модельной смеси и тяжёлого нефтяного сырья.

Ранее наша группа занималась разработкой каталитиче-

ских систем на основе сульфидов Co(Ni)-Mo(W), нанесенных на оксид алюминия.

Многочисленные работы были связаны с синтезами предшественников активной фазы, синтезом алюмооксидных и алюмосиликатных носителей, оптимизацией свойств носителей и оптимизацией параметров синтеза катализатора.

В данной работе будет использован накопленный многолетний опыт научного коллектива в смежной данной работе области. Результаты данной работы могут быть далее использованы предприятиями, занимающимися разработкой, наработкой и эксплуатацией катализаторов.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122090500073-9

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ

В связи с ужесточением требований к качеству моторных топлив и продуктов нефтехимии, стремительным истощением минерально-сырьевых запасов и переходом мировой экономики к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике возникает необходимость разработки и оптимизации гетерогенных катализаторов, а также промышленных процессов углубленной гидропереработки, направленных на вовлечение в переработку низкокачественного тяжелого углеводородного сырья; удаление ароматических соединений, в частности, бензола, и гетероароматических соединений серы, содержание которых в товарных топливах строго регламентировано; вовлечение в переработку с целью гидрооблагораживания сырья лигноцеллюлозного происхождения для удаления кислородсодержащих соединений и получения продуктов с приемлемыми эксплуатационными характеристиками.

Целью данного проекта является разработка подходов к синтезу и применению новых носителей на основе микро-мезопористых цеолитов (полученных при использовании галлуазита в качестве источника алюминия и модифицированных для оптимизации кислотных свойств, создания мезопор в их структуре путем деалюминирования) и композитных иерархических материалов (полученных путем направленного «роста» упорядоченного мезопористого каркаса оксида кремния на внешней поверхности или во внутренней полости алюмосиликатных нанотрубок) для конструирования катализаторов с повышенной активностью в гидрировании ароматических соединений (селективного гидрирования бензола), гидрооблагораживания бионефти лигноцеллюлозного происхождения и гидропереработки тяжелого углеводородного сырья.

С целью создания катализаторов гидродеоксигенации бионефти, устойчивых к действию воды, будет применен подход, основанный на закреплении активного компонента во внутренней полости алюмосиликатных нанотрубок галлуазита с гидрофобизированной внешней поверхностью. В

случае гидроочистки разработка материалов с иерархической структурой, содержащей транспортные каналы (алюмосиликатные трубки галлуазита) для эффективной диффузии крупных молекул к активным центрам катализаторов со сбалансированными кислотными свойствами, позволит вовлекать в переработку тяжелое нефтяное сырье с получением высококачественных компонентов товарных топлив, отвечающих современным экологическим стандартам, повысить эффективность и глубину переработки углеводородного сырья.

Разработка технологий и катализаторов гидрооблагораживания бионефти, полученной пиролизической переработкой лигноцеллюлозной биомассы, позволит решить вопросы экологической безопасности, диверсифицировать производство энергоносителей, снизить нагрузку на ископаемые топлива, что внесет вклад в решение вопросов ресурсосбережения и рационального природопользования.

Результаты выполнения данного проекта могут лечь в основу работ, направленных на создание отечественных технологий производства алюмосиликатных носителей и катализаторов для широкого круга процессов нефтехимии и нефтепереработки, поскольку предполагают оптимизацию как состава, структуры и свойств материалов, так и технологических параметров процессов в зависимости от характеристик сырья и требований к целевым продуктам.

Решение поставленных задач потенциально позволит повысить эффективность не только вновь создаваемых, но и существующих катализаторов на основе структурированных алюмосиликатов.

Предлагаемые в проекте материалы и подходы к их синтезу являются принципиально новыми, а каталитические свойства таких систем до настоящего времени не были изучены.

Более того, результаты работ в этом направлении могут послужить основой для развития мультидисциплинарных подходов по созданию функциональных материалов с прогнозируемыми свойствами для широкого спектра задач.

Бюджет: Р 12 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122112100020-6

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПЛАНЕТЫ»

Центр призван обеспечить проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области геологии, геохимии и разработки залежей нефти с использованием современных физико-химических методов и сквозных технологий, создание экологичных, энергоэффективных и экономичных технологий прогнозирования, разведки, разработки жидких углеводородов.

В результате выполнения работ в рамках данного проекта планируется создание комплекса методов и технологий, позволяющих обеспечить создание резервов извлекаемых запасов жидких углеводородов в новых регионах, в том чис-

ле на слабо исследованных территориях на суше и на шельфе (Восточная Сибирь, Арктический шельф, Сахалин, Охотское и Берингово моря).

Планируется создание и реализация новой парадигмы разработки месторождений на «последней» стадии, позволяющей достигнуть увеличения коэффициента извлечения нефти на гигантских и крупных месторождениях до 0.65–0.7, увеличение извлекаемых запасов в 1.5–2 раза, уменьшение себестоимости добычи на этих месторождениях до 1.5–1.8 раз, создание и развитие технологий «подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем.

Бюджет: Р 727.17 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ С ПРОИЗВОДСТВОМ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И МАСЕЛ

НИОКТР № 122112500061-5

Влияние присадок на эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива

В современном мире одной из основных проблем топливно-энергетического комплекса является производство моторных топлив, которые отвечают постоянно ужесточающимся экологическим требованиям и высоким стандартам эксплуатационных параметров при ежегодном снижении качества исходного нефтяного сырья.

В связи с этим актуальной задачей является подбор существующих и (или) разработка новых присадок к автомобильным бензинам и дизельным топливам и оценка их влияния на различные параметры данных нефтепродуктов.

Исследование направлено на подбор присадок и их оптимальных дозировок, наиболее эффективно улучшающих эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива, предоставленных заказчиком.

В рамках работы будут определены исходные параметры исследуемых моторных топлив более чем по 15 методам анализа в соответствии с ГОСТ, после чего аналогичным образом будут проанализированы смеси исходных топлив с присадками в различных соотношениях.

На основании полученных данных будут даны рекомендации по выбору присадок и их оптимальных дозировок, наиболее эффективно улучшающих эксплуатационные характеристики и физико-химические свойства автомобильного бензина и дизельного топлива, предоставленных заказчиком.

Бюджет: Р 0.2 млн

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

Заказчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИРТЫШНЕФТЕПРОДУКТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ С ПРОИЗВОДСТВОМ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И МАСЕЛ

НИОКТР № 122120500011-5

Молекулярный дизайн тетрагалогенидов 3D-металлов для получения высокоэффективных каталитических систем процессов изомеризации углеводородов с целью получения высокооктановых компонентов бензинов

Неизбежная конечность природных ресурсов заставляет человечество задуматься об увеличении глубины переработки нефти, а ужесточение экологических требований к автомобильным бензинам и потребность в увеличении доли высокооктановых неароматических компонентов при получении автомобильных бензинов заставляет обновлять технологии химической переработки природных энергоносителей.

Созданием и совершенствованием каталитических систем для низкотемпературной переработки углеводородов с целью энергоэффективного производства автомобильных бензинов, а также увеличением степени конверсии сырья и глубины переработки нефти, непрерывно занимаются мировые производители катализаторов UOP, Merichem Co, Haldor Torsoe, транснациональные компании BP, Royal Dutch Shell, Chevron Corporation, ConocoPhillips, Total S.A. и др.

В России основными лидерами производства качественного топлива являются Лукойл и Роснефть.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет состоит в многолетних отношениях с ООО «РН-Комсомольский НПЗ» по вопросу подготовки рабочих кадров высшей квалификации для решения производственных задач и постоянного развития технологий производства. Преподавательский состав кафедры «Химии и химических технологий» курирует профиль подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», следит за мировыми тенденциями в области нефтепереработки, направлениями работы АО «ВНИИУС» и ВНИИНП, а также вовлекает в НИР студентов.

На сегодняшний день наиболее актуальным химическим направлением стало создание гибридных материалов, а в области нефтепереработки – многокомпонентных каталитических систем. Координационные соединения входят во многие из них, однако ввиду уникальности свойств каждого катализатора молекулярный дизайн соединений с целью придания желаемых характеристик является нетривиальной задачей, на решение которой российским химикам нужны не только энтузиазм, но время и материальная возможность.

Работа требует углубления для изучения механизма катализа и направленного дизайна тетрагалогенидов 3D-металлов для получения высокоэффективных каталитических систем процессов изомеризации углеводородов с целью получения высокооктановых компонентов бензинов.

Бюджет: Р 0.28 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № 122121500037-2

**СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
МИРОВОГО УРОВНЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ
ЗАПАСОВ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ»**

Центр призван обеспечить проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области геологии, геохимии, бурения и разработки залежей нефти, с использованием современных физико-химических методов и сквозных технологий, создание экологичных, энергоэффективных и экономичных технологий прогнозирования, разведки, разработки жидких углеводородов. В результате выполнения работ в рамках данного проекта планируется создание комплекса методов и технологий, позволяющих обеспечить создание резервов извлекаемых запасов жидких углеводородов в новых регионах, в том числе на слабо исследованных территориях на суше и на шельфе (Восточная Сибирь, Арктических шельф, Сахалин, Охотское и Беренгово моря). Планируется создание и реализация новой парадигмы разработки месторождений на «последней» стадии, позволяющая достигнуть увеличения коэффициента извлечения нефти на гигантских и крупных месторождениях до 0,65–0,7, увеличение извлекаемых запасов в 1,5–2 раза, уменьшение себестоимости добычи на этих месторождениях до 1,5–1,8 раз. Создание и развитие технологий «подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем.

Бюджет: Р 156.75 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № АААА-А19-119082990055-7

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ
НАНОМАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ
КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПРОЦЕССОВ**

Данный проект посвящен разработке научных основ для применения новых материалов на основе алюмосиликатных нанотрубок и упорядоченных мезопористых оксидов кремния в качестве компонентов катализаторов современных гидрокаталитических процессов (гидроочистка нефтяных фракций и гидрирование бензола). В последнее время одной из наиболее важных тенденций, наблюдаемых в нефтедобывающей промышленности, является снижение темпов добычи сырой нефти в связи с истощением ее действующих месторождений.

Сокращение запасов, сопровождающееся ростом спроса на товарные нефтепродукты, привело к существенному росту доли высокосернистых нефтей, а также нефтяных фракций вторичного происхождения в общей структуре перерабатываемого сырья, что обуславливает необходимость увеличения глубины нефтепереработки и нагрузки на гидрокаталитические процессы нефтепереработки.

Вместе с тем в современном обществе наблюдается тен-

денция постоянного ужесточения экологических требований к моторным топливам. Так, начиная с середины 2016 года все производимые и реализуемые на территории России моторные топлива должны соответствовать 5 классу (содержание серы не более 10 ppm, содержание ароматических соединений в товарном бензине не более 35 % масс. при содержании бензола не более 1 % масс.) в соответствии с Техническим регламентом таможенного союза ТР ТС 013/2011, что ставит перед нефтеперерабатывающей промышленностью серьезные экономические и технологические задачи. Все это приводит к необходимости совершенствования существующих технологий (модернизация аппаратуры, оптимизация технологических условий) и разработке новых высокоэффективных каталитических систем, обеспечивающих получение нефтепродуктов, удовлетворяющих экологическим и техническим стандартам.

Наибольшее внимание при этом уделяется гидрокаталитическим процессам (гидрирование, гидродеароматизация, гидроочистка, гидрокрекинг и др.) – наиболее крупнотоннажным процессам нефтепереработки, направленным на производство высококачественных компонентов товарных топлив. Так, гидроочистка позволяет удалять из сырьевых нефтяных фракций нежелательные компоненты (главным образом, серосодержащие соединения) вплоть до «ультразвукных» значений. Селективное гидрирование бензола – призвано обеспечить снижение его содержания без существенных потерь октанового числа и снижения выхода получаемых компонентов товарных бензинов. Актуальность проекта определяется тем, что создание новых эффективных катализаторов процессов гидропереработки нефтяного сырья позволит получать товарные бензин и дизельное топливо, удовлетворяющие самым высоким современным экологическим требованиям.

Традиционными носителями катализаторов процессов гидропереработки нефтяного сырья выступают оксид алюминия и цеолиты. Последние широко используются в качестве компонентов гетерогенных катализаторов в нефтяной промышленности ввиду их высокой активности в реакциях, протекающих на кислотных центрах, а также благодаря молекулярно-ситовому эффекту. В случае гидроочистки нефтяного сырья с высоким содержанием «тяжелых» углеводородов (полинафены, поликонденсированные ароматические соединения, бензо-, дибензотиофены и их алкил-замещенные производные и др.), при использовании традиционных катализаторов могут возникать стерические и диффузионные ограничения, затрудняющие доступ громоздких молекул субстратов к активным центрам катализатора. С этой точки зрения перспективными носителями катализаторов являются мезопористые оксиды кремния (крупнопористые аналоги цеолитов).

Катализаторы на основе таких материалов характеризуются высокой удельной поверхностью и оптимальным размером пор для минимизации эффектов диффузии и массопереноса. Кроме того, текстурные характеристики мезопористых силикатов можно изменять в процессе синтеза путем выбора темплата, определяющего вместе с тем структуру пор и каналов.

Существенным недостатком таких материалов является их низкие механическая прочность и термическая стабильность.

Научная новизна проекта состоит в использовании алюмосиликатных нанотрубок галлузита, позволяющих улучшить указанные характеристики путем введения их в структуру мезопористых материалов. Галлузит представляет собой природные двухслойные нанотрубки с внутренним диаметром 15–20 нм и длиной порядка 0,5–1,0 мкм, состоящие из слоев оксидов алюминия и кремния. Наличие последнего в структу-

ре галлуазита также позволит увеличить кислотность материалов на его основе, что необходимо для протекания кислотно-катализируемых реакций изомеризации с последующим гидрированием. Вместе с тем материалы на основе галлуазитных нанотрубок являются перспективными компонентами катализаторов гидрирования бензола.

Ввиду их структурных особенностей (внешняя и внутренняя поверхность образованы тетраэдрами кремния и алюминия соответственно), обуславливающих различия в заряде внешней поверхности и внутренней полости, открываются широкие возможности для их направленной функционализации и селективного закрепления наночастиц металлов, что позволяет управлять избирательностью действия катализаторов, увеличить стабильность.

Кроме того, природные нанотрубки на порядок дешевле своих синтетических аналогов, что обуславливает перспективы их применения с экономической точки зрения.

Полученные фундаментальные знания могут лечь в основу новых технологий приготовления катализаторов гидропроцессов.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № АААА-А20-120070690066-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ВЕЩЕСТВ

Развитие нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности в современных условиях требует качественного изменения структуры производства, радикального улучшения использования природных ресурсов, топлива и энергии. Решение этой задачи невозможно без надежной информации о теплофизических свойствах нефтяного сырья и продуктов его переработки. Знание ее необходимо для научно обоснованного проектирования эффективных процессов и аппаратов нефтепереработки, нефтехимии и транспорта нефтепродуктов.

В настоящее время теория жидкого состояния не может достаточно точно предсказывать теплофизические свойства нефтепродуктов – многокомпонентных смесей, состав которых обычно идентифицируется только качественно. Сложный теплофизический эксперимент также не решает проблему определения свойств широкого круга разнообразных по характеристикам веществ, номенклатура которых лавинообразно расширяется.

Поэтому актуальным становится создание надежных методов расчета теплофизических свойств. Большинство существующих расчетных методик основано на материале, полученном для индивидуальных углеводородов и их смесей. Они требуют большого объема исходных данных и неприменимы к нефтепродуктам, сведения о которых, как правило, ограничиваются физико-химическими свойствами.

Специализированные методики ориентированы на низкокипящие и прямогонные продукты конкретного углеводород-

ного состава.

Необходима разработка методов расчета свойств продуктов глубокой переработки нефти, роль которых в технологических процессах постоянно возрастает. Предлагается получить методики расчета важнейших теплофизических свойств – плотности и вязкости жидких нефтепродуктов при различных параметрах состояния по ограниченному набору данных физико-химического анализа.

Бюджет: Р 1 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.7 Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел

НИОКТР № АААА-А20-120110290091-8

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ БИОНЕФТИ С ПОМОЩЬЮ РУТЕНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОСЛОЙНЫХ ЦЕОЛИТОВ

Лигнин-целлюлозная биомасса, представляющая собой древесные отходы не пищевых производств, является одним из перспективных видов биосырья, поскольку при ее переработке поддерживается нулевой баланс диоксида углерода в атмосфере и появляется возможность получать топливо с нулевым содержанием сернистых соединений.

Продуктом переработки биомассы по технологии быстрого пиролиза является так называемая бионефть, отличающаяся от других биотоплив удобством хранения и транспортировки, а также сложностью состава, что позволяет использовать ее для нефтепереработки.

Бионефть содержит сотни кислородсодержащих соединений – продуктов разложения целлюлозы и лигнина: спирты, кислоты, эфиры, альдегиды, кетоны, а также фенолы различного строения.

Сложный физико-химический состав и повышенное содержание воды обуславливают высокую полярность, кислотность и нестабильность бионефти. Для удаления кислорода и воды из состава бионефти, а также ее совместной переработки с углеводородными нефтепродуктами на традиционном нефтеперерабатывающем оборудовании необходима дополнительная стадия облагораживания бионефти.

Перспективным процессом обработки бионефти является каталитическое гидрирование (гидродезоксигенация), в ходе чего компоненты бионефти подвергаются ряду каталитических процессов, таких как гидрирование, декарбонилирование, декарбокислирование и дезоксигенация.

Традиционный катализатор гидрирования представляет собой двухфазную систему – как правило переходные или благородные металлы, нанесенные на пористый носитель.

На настоящий момент известны три типа катализаторов гидрооблагораживания: 1) сульфидные катализаторы гидроочистки средних дистиллятов NiMo/Al₂O₃ и CoMo/Al₂O₃; 2) катализаторы на основе переходных металлов (Ni, Mo, W, Fe, Cu и др.); 3) катализаторы на основе благородных металлов (Rh, Ru, Pt и Pd).

Наибольший интерес представляют катализаторы на осно-

ве благородных металлов, в частности, Ru-содержащие катализаторы, в силу своей высокой активности в гидрирование непредельных и кислородосодержащих соединений.

Важнейшим компонентом катализаторов гидрирования является носитель, текстурные и кислотные характеристики которого существенно влияют на распределение продуктов реакции и эффективность дезоксигенации.

Традиционный носитель катализаторов – $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в присутствии воды $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ превращается в бемит $\text{AlO}(\text{OH})$, что может вызывать блокировку и дезактивацию активных центров катализатора. В качестве альтернативы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ используют цеолиты, углеродные носители, а также оксиды SiO_2 , ZrO_2 , CeO_2 , TiO_2 и их смеси.

Перспективными компонентами катализаторов гидропроцессов являются микро-мезопористые алюмосиликаты.

Данные материалы имеют бимодальное распределение пор от 0,2 до 2 нм (характерное для цеолитов) и от 2 до 50 нм (характерное для мезопористых материалов) и обладают большой удельной поверхностью от 250 до 800 $\text{м}^2/\text{г}$.

Кислотность таких материалов легко регулируется на стадии синтеза, а наличие развитой упорядоченной мезопористой структуры позволит снять диффузионные ограничения и обеспечить лучший доступ молекулам сырья к активным центрам.

В качестве микро-мезопористых материалов предлагается использовать цеолиты с наногубчатой структурой, которые представляют собой наночастицы цеолитов с регулируемой шириной кристаллитов, за счет чего они обладают высокой удельной поверхностью и высокой доступностью активных центров.

Впервые такие системы получили в группе проф. Ryoo, в синтезе использовали поверхностно-активные вещества, которые состояли из двойных четвертичных аммониевых головных групп и длинного алкильного хвоста, для направленного образования нанолистов MFI толщиной всего 2 нм.

Данные материалы обладают высокой кристаллическостью и, как следствие, высокой регулируемой кислотностью. Синтез таких материалов, как правило, занимает длительное время, вплоть до 11 суток.

Длительная кристаллизация связана, прежде всего, с индукционным периодом, поэтому их использование на данном этапе достаточно затруднительно.

Нашей группой был разработан метод, основанный на промотировании, позволяющий получить высококристаллические нанослойные цеолиты в течение 48 ч. (The mechanism of promoter-induced zeolite nanosheet crystallization under hydrothermal and microwave irradiation conditions DOI: 10.1039/d0qi00012d).

В настоящем проекте предлагается разработать экспрессные методы получения таких микро-мезопористых материалов, а также применить эти материалы в качестве носителей катализаторов гидрооблагораживания кислородсодержащих соединений и реальной бионефти.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122040400107-7

СОЗДАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ДИЗАЙНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ И МОТОРНЫХ ТОПЛИВ, ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА, ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И АЛЬТЕРНАТИВНОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

Основным направлением исследований является создание методологий направленного синтеза гетерогенных катализаторов, позволяющих конструировать активные центры на атомно-молекулярном уровне (наноструктурирование).

Применение этих методологий в сочетании с методами микро- и макроструктурирования позволит получать высокоорганизованные катализаторы, обладающие высокой активностью и селективностью.

В ходе работы будут разработаны катализаторы нового поколения на основе би- и полиметаллических наночастиц с высокоупорядоченной структурой активных центров, наночастиц оксидов неблагородных металлов, перовскитов, катализаторов на основе сульфидов переходных металлов, а также целого ряда новых гибридных каталитически активных материалов на основе аморфных алюмосиликатов, цеолитов и металлоорганических каркасных структур.

Основными областями применения разрабатываемых катализаторов являются процессы глубокой переработки возобновляемого органического сырья, природного и попутных нефтяных газов, а также CO_2 в ценные химические продукты и топливо, процессы малотоннажной химии и природоохранные технологии, обеспечивающие снижение антропогенного воздействия на окружающую среду.

Бюджет: Р 384.43 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122040500068-0

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ И ГОРЕНИЯ, УГЛЕРОДНЫЕ И КОМПОЗИТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Быстро растущая потребность мировой экономики в энергии и новых материалах, а также наличие в земной коре огромных нетрадиционных ресурсов углеводородов делают разработку новых высокоэффективных технологий конверсии углеводородного сырья в химические продукты и моторное

топливо важней научно-технической задачей.

Актуальны разработка и исследование новых эффективных и недорогих катализаторов и каталитических систем для конверсии алканов, спиртов и олефинов для создания новых технологических процессов и получения новых материалов.

Актуально создание новых нанокompозитных материалов с заранее прогнозируемыми свойствами, эффективных в процессах полного или селективного окисления углеродного сырья, в том числе полупроводников, фотокатализаторов и сенсоров на различные газы.

Актуальной проблемой является разработка физико-химических и биологических методов очистки и детоксикации токсичных отходов, в т.ч. переработки углеводородов, УФ-облучением и озонированием с добавлением пероксида водорода при контроле биотестированием.

Бюджет: Р 179.18 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.Н. СЕМЕНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122042500060-8

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА МЕТОДОМ ГОРЕНИЯ РАСТВОРА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Работа основана на использовании новейшего метода получения катализатора – горение растворов.

Данный катализатор используется для переработки попутного нефтяного газа. Данная технология обладает уникальностью, поскольку относится к методам CO_x-free методу при котором не образуются оксиды углерода.

Последнее преимущество имеет большую важность в силу того, что существующие методы переработки легких углеводородов (например, паровая конверсия метана) не позволяют обойтись без выделения данных вредных веществ в атмосферу.

Помимо этого, результаты, полученные в рамках проекта, будут иметь большую значимость для экологии. В частности, в качестве углеводородов может применяться попутный нефтяной газ.

Переработка последнего крайне важна в силу того, что его факельное сжигание наносит колоссальный вред окружающей среде.

Полученный в результате этого водород может использоваться в качестве добавки в двигатели внутреннего сгорания транспорта Новосибирской области.

Второй продукт: углеродные нановолокна, может использоваться в дорожном строительстве, машиностроении, шинной промышленности, как дешевый армирующий агент, не имеющий аналогов.

Основная цель проекта заключается в разработке и усовершенствовании фундаментальных основ приготовления катализатора методом горения раствора, применительно к

технологии переработки легких углеводородных газов по реакции $C_nH_m \rightarrow 0,5mH_2 + nC$, сопровождающейся образованием углеродных наноматериалов и водорода, без существенных энергетических затрат, затрачиваемых на нагрев реакции до температур 450–600 °С.

Бюджет: Р 0.2 млн

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

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

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122062400006-5

(РЕГИОН) РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННОГО SnO_2 И КОМПОЗИТОВ SnO_2/TiO_2 ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Стремительный рост населения планеты привел к постоянному растущему спросу на энергию. Фото(электро)-каталитические (ФЭ) методы являются перспективными и экологически чистыми методами преобразования возобновляемой энергии солнечного света в энергию, используемую в различных целях, например, для синтеза или разложения органических соединений, получения водорода и др.

В качестве ФЭ катализаторов большое внимание привлекают оксиды металлов благодаря своей превосходной химической стабильности, подходящему расположению краев полос, низкой стоимости.

Основными недостатками используемых полупроводниковых оксидов является высокая скорость рекомбинации фотогенерированных зарядов и отсутствие поглощения света в видимой области.

Для повышения эффективности фотокатализаторов в данном проекте планируется разработка и исследование новых материалов на основе диоксида олова, легированного сурьмой и металлическим оловом, а также гетероструктур и твердых растворов SnO_2/TiO_2 .

Несмотря на ряд преимуществ SnO_2 (высокая подвижность носителей заряда, фотохимическая стабильность и др.) его использование в качестве (фото)электрокатализатора окисления органических веществ мало изучено.

Основной идеей проекта является использование электрохимических методов и подходов как для повышения эффективности фотокатализаторов в процессах окисления за счет варьирования электрохимического потенциала катализатора, так и для определения положения валентной зоны и зоны проводимости полученных материалов.

Мы полагаем, что использование новых материалов и предложенные подходы в фотокаталитических процессах в условиях электрохимического контроля потенциала позволяют значительно повысить эффективность реакций полного или

частичного окисления органических веществ в целях их удаления из природных вод, а также получения ценных химических продуктов.

Бюджет: Р 1.5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122082200081-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ

Настоящий проект направлен на решение проблем эффективного преобразования углеводородного сырья с высоким содержанием гетероатомов в компоненты моторных топлив, а также в ценные продукты нефтехимии.

Предлагаемый в работе подход заключается в разработке новых высокоэффективных катализаторов на основе пористых ароматических каркасов как для процессов снижения содержания гетероатомов в сырье с одновременным выделением продуктов окисления, так и для отдельных последующих процессов получения ценных нефтехимических продуктов.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122090200042-8

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОТОПЛИВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОМАССЫ

Целью проекта является разработка катализаторов, содержащих наночастицы переходных и благородных металлов и носители на основе мезопористого оксида циркония и алюмосиликатов, для получения компонентов биотоплив из продуктов переработки лигноцеллюлозной биомассы.

Их каталитические свойства будут исследованы и оптимизированы в реакциях гидродеоксигенации типичных структурных фрагментов, содержащихся в продуктах переработки биомассы, с целью разработки катализаторов для процессов

получения компонентов товарных топлив и сырья для нефтехимии из лигноцеллюлозной биомассы.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122091300044-8

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРА ПРОЦЕССА НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Современная нефтепереработка невозможна без использования катализаторов. Применение методов математического моделирования для прогнозирования каталитической активности позволяет существенно ускорить разработку новых эффективных каталитических систем, и как следствие снизить трудозатраты на их синтез. Целью работы является разработка программного продукта для прогнозирования активности катализаторов процесса изомеризации с применением метода Монте-Карло. Результаты могут быть использованы при синтезе катализаторов изомеризации.

Бюджет: Р 0.33 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122092200002-6

КАТАЛИЗАТОРЫ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СВЯЗЫВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ДРУГИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВЫСОКОМАРЖИНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030». Цель работы – разработка и адаптация группы катализаторов для переработки болотного газа (биогаза) в высокомаржинальный продукт, с целью снижения выбросов парниковых газов.

Проект посвящен разработке методик синтеза высокотемпературных катализаторов конверсии болотного газа ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) не содержащих металлов платиновой группы, устойчивых к зауглероживанию, термоударам, активных в комбинированной конверсии метана.

А также разработке способа проведения процесса переработки болотного газа с получением синтез-газа с соотношением $\text{H}_2:\text{CO} = 2:1$ (оптимальным для синтеза метанола).

1) Будут разработаны методики синтеза высокотемпературных катализаторов комбинированной конверсии метана, не содержащих металлов платиновой группы, устойчивых: к зауглероживанию, термоударам, активных в комбинированной конверсии метана.

2) Будут разработаны основы комбинированной конверсии метана с получением синтез-газа с заданным соотношением $H_2:CO$ (для оксосинтеза, синтеза метанола, синтеза диметилового эфира).

3) Результаты адаптации промышленных катализаторов синтеза метанола и синтезированных систем к условиям работы на синтез-газе с низким содержанием водорода ($H_2:CO = 2:1$) и высоким содержанием CO_2 .

4) Оценка производительности катализаторов при давлениях 30–50 атм, в сравнении с применяемым в промышленности – 70 атм.

5) Будет подготовлен проект пояснительной записки для проектирования укрупненной установки переработки метана.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122102800024-8

РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ, НА ОСНОВЕ МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Привлекательной технологией для получения углеводородных топлив из биомассы растительного происхождения является быстрый пиролиз. Быстрый пиролиз – высокотемпературный процесс, в котором субстрат (например, опилки) быстро (менее 0.5 с) нагревается в отсутствие воздуха, испаряется и конденсируется в виде темно-коричневой жидкости, называемой бионефтью.

Бионефть содержит в своем составе воду (до 50 %), деполимеризованный лигнин, спирты, альдегиды и карбоновые кислоты. Продукты первичной переработки биомассы невозможно использовать напрямую в качестве компонентов топлив вследствие высокого содержания воды, кислородсодержащих соединений, повышенной кислотности.

Для устранения указанных недостатков в настоящее время применяются различные облагораживающие подходы. Наиболее перспективной и исследованной технологией повышения качества бионефти является процесс гидрооблагораживания (гидродезоксигенации, ГДО).

Существенным преимуществом каталитического гидрооблагораживания является низкий уровень коксообразования, и, как следствие, меньшие потери углерода и более долгий срок службы катализаторов.

При гидродезоксигенации кислород удаляется, прежде всего, с образованием воды, что дает значительно лучшие выходы жидких углеводородов. Процесс глубокого гидрооблагораживания является неотъемлемой стадией при производстве современных высококачественных дизельных топлив, авиационного керосина и ракетных топлив.

Гидрирование высокоароматических отходов, представляющих собой, главным образом, концентраты бициклических и трициклических ароматических углеводородов, является привлекательным процессом, поскольку получаемые в процессе глубокого гидрирования нафтеносодержащие углеводороды являются желаемыми компонентами высокоплотных авиационных керосинов, кроме этого, существенно повышается глущина переработки нефти.

Кроме того, гидрирование смесового сырья бионефти и высокоароматических фракций возможно проводить на установках гидроочистки современных НПЗ. В чистом виде бионефть является крайне нестабильной сложной физико-химической смесью, что существенно усложняет ее переработку.

Именно на решение проблемы создания новых эффективных каталитических систем для глубокого гидрооблагораживания высокоароматических отходов и бионефти, как отдельно, так и в смеси направлен предлагаемый проект.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122111000068-2

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ СМОЛ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ, ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ОБЛАГОРАЖИВАНИИ В НЕКАТАЛИТИЧЕСКОМ И КАТАЛИТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССАХ АКВАТЕРМОЛИЗА

В рамках реализации данного проекта путем объединения экспериментальных данных и данных моделирования будут получены данные по каталитическому и некаталитическому механизму превращения смол, выделенных из тяжелой нефти, установлена общая методология целенаправленного выбора каталитических систем для процессов акватермолиза тяжелой нефти, которые могут снизить вязкость тяжелых фракций и повысить подвижность тяжелой сырой нефти и способствовать получению более ценных продуктов конверсии высокомолекулярных фракций, таких как смолы.

Комплексное исследование с использованием методов одновременного экспериментального тестирования и кинетического моделирования не только поможет лучше понять каталитический механизм нефтерастворимых катализаторов, но и будет способствовать созданию методологии целенаправленного подбора каталитических систем для процесса акватермолиза.

Использование смол, выделенных из тяжелой нефти, и четкого каталитического механизма предоставит нам исчерпывающую информацию и надежные данные для численного

моделирования каталитического и некаталитического процесса акватермолиза, которые будут полезны для предсказания компонентного состава.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122111000069-9

РАЗРАБОТКА КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА АКВАТЕРМОЛИЗА

В данном проекте анализ экспериментальных результатов и кинетическое моделирование позволят получить четкое представление о механизме превращения асфальтенов в процессе акватермолиза, лучше понять каталитический эффект нефтерастворимых катализаторов и общую методологию для соответствующей разработки моделей акватермолиза, что может быть использовано в практических задачах по повышению эффективности добычи тяжелых углеводородов.

Научную новизну можно свести к следующим аспектам:

(1) Осаждение, фракционирование и анализ свойств и состава асфальтенов – это основной подход, который предоставит исчерпывающие и надежные данные для лучшего понимания механизма превращения асфальтенов в процессе акватермолиза.

(2) Кинетический анализ изменений состава и структуры асфальтенов с катализаторами и без них позволит уточнить каталитические эффекты в процессе акватермолиза. Кроме того, каталитические испытания помогут значительно повысить эффективность процесса акватермолиза и его широкое применение в различных методах повышения нефтеотдачи.

(3) Разработка соответствующей кинетической модели, основанной на алгоритме оптимизации и статистическом анализе, предоставит исчерпывающие и надежные данные для численного моделирования процесса каталитического акватермолиза, которые будут полезны для прогнозов эффективности разработки месторождений тяжелой нефти.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122120700054-0

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ

В настоящее время водородная энергетика, основанная на использовании электрохимических процессов, протекающих в топливных ячейках, все чаще рассматривается в качестве основного способа решения глобальных энергетических проблем.

Указанный подход к производству энергии является экологически чистым, технологически безопасным и высокоэффективным, однако получение водородного топлива до сих пор осуществляется на основе высокотемпературной паровой конверсии невозобновляемых легких углеводородов, что приводит к повышению выбросов оксидов углерода в окружающую среду.

Одним из наиболее перспективных процессов, призванных решить существующую проблему получения водорода из возобновляемых источников является воднофазный риформинг (aqua-phase reforming, APR), заключающийся в каталитическом преобразовании водных растворов углеводов и спиртов – основных продуктов переработки биомассы животного, растительного и бытового происхождения – в водород и простейшие алканы.

Таким образом решается проблема не только получения водорода, но и выработки углеводородов, которые, в свою очередь, могут быть использованы для получения водорода путем паровой конверсии или в других областях человеческой жизнедеятельности, но уже в рамках так называемого нулевого углеродного цикла.

Кроме того, процесс воднофазного риформинга не требует использования высоких температур и давлений, как в случае паровой конверсии метана, поэтому его аппаратное оформление существенно облегчается, в том числе и в экономическом смысле.

К настоящему моменту разработаны катализаторы на основе благородных металлов (Pt, Pd и др.) и оксидных носителей (Al_2O_3 , TiO_2 и др.), способных эффективно и высокоселективно ускорять процесс воднофазного риформинга, однако их активному и повсеместному применению препятствуют две основные проблемы – высокая стоимость и необходимость их частой регенерации по причине закоксовывания. В данном проекте предлагается разработка катализаторов на основе перовскитоподобных сложных оксидов редкоземельных и d-элементов состава ABO_3 (где A = Y, La, Ce; B = Fe, Co, Ni), которые могут решить описанные выше проблемы, в частности данные вещества являются более предпочтительными с экологической точки зрения.

Они проявляют высокую стабильность, а также могут быть регенерированы под действием внешних магнитных полей без необходимости полной остановки процесса риформинга и выгрузки катализатора.

При этом их меньшая каталитическая активность по сравнению с катализаторами на основе благородных металлов компенсируется гибридным действием – поверхность таких катализаторов содержит не только значительное число кислотных центров для адсорбции промежуточных продуктов

риформинга, но и атомы d-элементов (Fe, Co, Ni), на которых происходит разрыв связи C-C, а большая продолжительность работы без необходимости регенерации выравнивает меньшие значения конверсии.

Однако катализаторы на основе указанных систем ABO_3 в настоящее время остаются практически неизученными, несмотря на наличие отдельных работ, в которых показана их сравнительно высокая активность и селективность в указанном процессе.

Остается открытым широкий спектр вопросов от изучения процессов формирования подобных систем, определения их состава и строения до исследования конкретных параметров каталитической активности в процессе воднофазного риформинга.

Поэтому в данном проекте предполагается проведение систематического исследования процессов формирования и особенностей каталитического поведения систем на основе перовскитоподобных оксидов в процессе воднофазного риформинга глицерина, а также выработка физико-химических основ получения указанных функциональных материалов.

Практическим результатом работы станет получение каталитических систем на базе перовскитоподобных оксидов ABO_3 (где A = Y, La, Ce; B = Fe, Co, Ni), проявляющих высокую активность и селективностью по водороду, что позволит рассмотреть вопрос об их реальном использовании в качестве альтернативы катализаторам на основе благородных металлов.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № 122122000112-8

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В КОМПОНЕНТЫ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОДУКТЫ

Целью работы является создание фундаментальных основ технологии производства наноструктурированных катализаторов нового поколения на основе природных и синтетических алюмосиликатов или их композитов для каталитических процессов переработки возобновляемого и традиционного углеродсодержащего сырья в компоненты моторных топлив и ценные продукты нефтехимии.

Исследования будут направлены на решение проблемы отсутствия отечественных активных и стабильных катализаторов гидрооблагораживания компонентов бионефти, гидроизомеризации линейных алканов средне-дистиллятных фракций и гидроизомеризации фракции C_8 (ксилолы, этилбензол).

Проект включает в себя создание, оптимизацию и развитие подходов к синтезу наноструктурированных катализаторов на основе природных или синтетических алюмосиликатов, или их композитов, для гидропроцессов переработки

альтернативного и ископаемого углеродсодержащего сырья в компоненты моторных топлив и сырье для нефтехимии.

Бюджет: Р 53.1 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 1.9 Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии

НИОКТР № АААА-А20-120102290040-1

ТРИ-РИФОРМИНГ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ: ДИЗАЙН КАТАЛИЗАТОРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Проект посвящен направленному дизайну катализаторов три-риформинга углеводородных топлив и разработке физико-химических основ энергоэффективного способа получения синтез-газа из жидких (бензин) и газообразных (природный газ, СУГ) углеводородных топлив для питания топливных элементов.

Новизна работы заключается в исследовании возможности создания циклической системы «риформер-ТЭ», в которой конверсия C_{2-10} -углеводородных топлив происходит в процессе три-риформинга. Предлагаемый подход позволит использовать анодные газы ТЭ в качестве окислителя для углеводородных топлив, снизить количество используемой воды в системе, а также «обойти» проблему разогрева фронтальной зоны катализатора при парциальном окислении углеводородов C_3-C_{10} .

Такая организация процесса предоставляет возможность регулировать баланс между экзо- и эндотермическими реакциями за счет изменения соотношений $O_2:H_2O:CO_2$ в реакционной смеси и, тем самым, добиться высокой энергетической эффективности, утилизируя анодные газы и тепло, выделяемые ТЭ.

Таким образом, для проведения процесса три-риформинга необходимо создание селективного, высокопроизводительного и устойчивого к образованию угля на поверхности катализатора.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Отрасль: газовая

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты

НИОКТР № 122022200202-7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ПО ЭМИССИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (NO_x И CO_x)

Проект связан с разработкой новейшей технологии и методов предиктивной аналитики технического состояния узлов газоперекачивающего агрегата по эмиссии вредных веществ (NO_x и CO_x) для внедрения на объектах ПАО «Газпром» и включает в себя: экспериментальные исследования зависимостей выбросов загрязняющих веществ от эксплуатационных параметров работы газоперекачивающего агрегата (с использованием газоанализатора Полар «Универсал»); разработку функциональной зависимости эмиссии NO_x и CO_x на газоперекачивающий агрегат с приводом АЛ-31СТ; построение эталонных характеристик эмиссии NO_x и CO_x на всех рабочих режимах работы; разработку методики расчета эмиссии NO_x и CO_x от эксплуатационных параметров работы газоперекачивающего агрегата в режиме реального времени для мониторинга отклонения от нормативов допустимых выбросов; разработку функциональных требований для реализации алгоритмов расчета выбросов загрязняющих веществ на газоперекачивающий агрегат с приводом АЛ-31СТ; методику расчета эмиссии NO_x и CO_x от эксплуатационных параметров работы газоперекачивающего агрегата в режиме реального времени для мониторинга отклонения от нормативов допустимых выбросов; реализацию алгоритмов расчета в информационных системах газотранспортного предприятия; разработка методов предиктивной аналитики технического состояния узлов газоперекачивающего агрегата по эмиссии вредных веществ (NO_x и CO_x).

Бюджет: Р 2.5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты

НИОКТР № 122090200058-9

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И КИСЛОРОДА МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В настоящее время остро стоит вопрос сохранения и улучшения экологической обстановки окружающей среды. ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» эксплуатирует 133 газоперекачивающих агрегата (ГПА), в процессе работы которых выбрасываются значительные объёмы дымовых газов, состоящие, в основном, из углекислого газа (CO_2), азота (N_2) и водяного пара (H_2O). Углекислый газ является наиболее важным по влиянию на климат парниковым газом, который вызывает глобальный парниковый эффект. Ежегодные выбросы углекислого газа от ГПА, эксплуатируемых ООО «Газпром

трансгаз Екатеринбург» составляют около 750 тысяч тонн. Получение органических соединений, таких как метанол или диметиловый эфир при утилизации углекислоты, позволяет получить дополнительную выгоду. Диметиловый эфир (ДМЭ) можно использовать в качестве моторного топлива, в технологическом транспорте и энергетических установках ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» или как самостоятельный коммерческий продукт, востребованный как растворитель и пропеллент, а также как сырьё для химической промышленности. При использовании ДМЭ в качестве топлива выбросы вредных веществ существенно ниже, чем при использовании дизельного топлива: CO – в 5...6 раз, CH_x – в 3...3,5 раз, CO_2 – в 2...2,5 раза, NO_x – в 3...4 раза. Метанол может быть использован, как ингибитор гидратообразования при транспорте газа и, так же, как и ДМЭ, в качестве моторного топлива или сырья для химической промышленности (самостоятельная товарная продукция). Высокоочищенный кислород, образующийся при электролизе дымовых газов (диоксида углерода и водяного пара), может быть подан на вход приводной турбины ГПА, что приведет к повышению эффективности сгорания топливного газа, соответствующему снижению, как его потребления, так и снижению содержания в выбросах угарного газа (CO), углеводородов (CH_x) и оксидов азота (NO_x). Кроме того, получаемый по данной технологии кислород, вследствие его высокой чистоты может быть использован как самостоятельный дорогостоящий коммерческий продукт. Таким образом, можно говорить о синергетическом эффекте предлагаемой технологии.

Бюджет: Р 29.51 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

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

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты

НИОКТР № 122092800011-2

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПОДВЕСА РОТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСЕВОГО ГИБРИДНОГО АКТИВНОГО МАГНИТНОГО ПОДШИПНИКА (АМП)

Целью проекта является создание одноступенного магнитного подвеса ротора лопаточной машины с использованием системы активных магнитных подшипников, для подтверждения результатов расчёта разрабатываемых численных моделей классических и гибридных активных магнитных подшипников. Заявленная разработка нацелена на решение проблем модернизации и импортозамещения в сфере промышленности и энергетики. Гибридные магнитные подшипники представляют собой комбинацию из активных магнитных подшипников (осевых и радиальных) и постоянных магнитов, обеспечивающих необходимое магнитное смещение. Для обеспечения возможности контроля классической системы электромагнитного подвеса ротора с использованием АМП необходимо подать дополнительный ток на электромагниты (ток смещения), который позволит обеспечить магнитное смещение, необходимое для линеаризации магнитной силы. В предложенной схеме с использованием гибридных магнитных подшипников необходимое магнитное смещение будет обеспечиваться постоянными магнитами. Таким образом маг-

нитное смещение будет реализовываться при минимальном потреблении электроэнергии. По сравнению с классической системой АМП предложенная схема позволит при постоянстве размеров снизить потребляемую мощность (экономия энергии от 71 до 92 % на номинальном и от 34 до 42 % на максимальном рабочем режиме), что также положительно скажется на массе блоков питания системы и позволит сократить стоимость всей системы на 15–18 %. Магнитный подвес ротора с использованием гибридных активных магнитных подшипников позволит заменить существующие классические АМП, применяемые в вакуумной, криогенной и насосной технике, сократив расходы на электроэнергию, без изменения геометрических параметров корпусов существующих агрегатов. Данный проект направлен как на решение проблемы импортозамещения, так и на модернизацию имеющихся газоперекачивающих агрегатов. Электромагнитные подвесы широко применяются в установке перекачки и сжижения природного газа на объектах ПАО «Газпром» и ПАО «Новатэк». Согласно комплексной программе реконструкции технического перевооружения объектов переработки газа и жидких углеводородов до 2025 года планируется замена 100–120 ГПА (газоперекачивающий агрегат) в год. При этом более 50 % ГПА оснащаются электромагнитными подвесами. Помимо этого, электромагнитный подвес почти не имеет альтернативы при необходимости обеспечения работы машин в области сверхчистых технологий или агрессивных средах. Предложенная схема будет использована в двигателях, турбомашинах и агрегатах, изготавливаемых в России, что обеспечит повышение их эффективности и конкурентоспособности, а также может найти широкое применение в энергоустановках, турбодетандерах и газоперекачивающих компрессорах. Помимо этого, концепция «электрического двигателя», рассматриваемая Объединённой двигателестроительной корпорацией (ОДК), включает в себя опытные работы по разработке и испытаниям энергоэффективных, облегчённых магнитных опор. Применение активных магнитных подвесов роторов установок особенно целесообразно при минусовых температурах окружающей среды в холодно умеренном климате (большая часть территории России), в арктических широтах и условиях крайнего севера (северный морской путь), в связи со значительным упрощением требований к их эксплуатации и обслуживанию по сравнению с опорами скольжения и качения, использующие масляную систему. Так же магнитный подвес ротора почти не имеет альтернативы при необходимости обеспечения работы машин в области агрессивных сред, сверхчистых технологий или космических установок.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: ИННОВАЦИОННЫЙ ФОНД САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты

НИОКТР № 122112800007-0

Анализ эксплуатационных данных газотурбинного газоперекачивающего агрегата с применением методов машинного обучения

На сегодняшний день газотурбинные установки (ГТУ) получили широкое распространение в качестве привода центробежных нагнетателей природного газа в составе газопе-

рекачивающих агрегатов (ГПА) на дожимных и линейных компрессорных станциях магистральных газопроводов. Целью исследования является разработка алгоритма обработки термодинамических параметров работы ГПА с применением методов машинного обучения при определении коэффициентов технического состояния приводных газотурбинных установок. Актуальность и научная значимость исследования определена современными тенденциями в развитии интеллектуальных систем предиктивной аналитики состояния оборудования. В научном исследовании решается проблема обработки параметров работы ГПА в условиях эксплуатации с идентификацией установившихся режимов работы оборудования, анализируется деградационный ряд параметров, характеризующий техническое состояние газотурбинной установки, разрабатывается алгоритм выявления аномалий в деградационном ряде, исследуются различные модели машинного обучения для определения коэффициентов технического состояния ГТУ. Используя язык программирования Python 3, создан программный код, с помощью которого проводится исследование реальных эксплуатационных данных ГПА и разрабатываются рекомендации для инженерной практики. Результаты работы смогут использоваться при реализации перехода к ремонту ГТУ по фактическому состоянию, для повышения надежности и эффективности эксплуатации ГПА, снижения рисков возникновения аварийных ситуаций.

Бюджет: Р 0.3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.1 Эффективные газоперекачивающие агрегаты

НИОКТР № 122120900005-0

Разработка комплексной интегрированной технологии аддитивного производства деталей авиационно-космической техники из отечественных металлических порошков

Работа выполняется в рамках реализации Программы развития передовой инженерной школы Самарского университета. Аддитивные технологии позволяют существенно сократить длительность технологической подготовки производства новых, достаточно сложных по форме изделий, использовать принципиально новые конструкторско-технологические решения, снизить в конечном счете трудоемкость и себестоимость изготовления отечественной продукции, а также сократить машинное и оперативное время изготовления детали.

Создаваемые в рамках данного проекта прогрессивные конструкторско-технологические решения создания изделий будут востребованы на предприятиях аэрокосмической и авиационной отрасли, нефтегазовом комплексе, атомной энергетике, робототехнике и станкостроении. Результаты проекта найдут широкое применение при изготовлении направляющих лопаток турбин, применяемых в составе различных газотурбинных установок (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатов (ГПА) морского и наземного базирования различных поколений ГТД.

Цель проекта: разработка комплексной интегрированной технологии аддитивного производства деталей авиацион-

но-космической техники на базе применения прогрессивных конструкторско-технологических решений, обеспечивающих заданные функциональные свойства, точность и множественные параметры качества деталей.

Основные задачи проекта:

- разработка методики моделирования сложных геометрических структур, состояния микроструктур (макро, мезо) синтезированных слоев материала (отечественного металлического порошка), обеспечивая связанность параметров «геометрия (форма)-материал-свойства-процесс-структура»;
- разработка технического задания на программные средства для новых проектных решений для изделий аэрокосмической техники, которые можно изготовить с помощью аддитивных технологий;
- категоризация и классификация геометрической сложности, функционального назначения изделий аэрокосмической техники по параметрам: материал, свойства, срок использования и т.п.;
- разработка технологии изготовления заготовок из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104 методом СЛС;
- разработка программ и методик исследовательских испытаний технологии изготовления деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104;
- проведение оптимизации технологических параметров селективного лазерного сплавления отечественных металлических порошков с использованием серого реляционного анализа.

Ожидаемые результаты: - концептуальные методы проектирования, в том числе автоматизированные (на отечественном ПО) и обратного инжиниринга изделий аэрокосмической техники, получаемых с помощью аддитивных технологий (методика проектирования изделий аэрокосмической техники и технологических процессов их аддитивного производства) для повышения качества и преодоления ограничений аддитивного производства; - техническое задание на ПО для конструкторско-технологической подготовки аддитивного производства; - классификатор изделий аэрокосмической техники, изготавливаемых аддитивными технологиями; - комплект предварительной технологической документации на технологию изготовления заготовок деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями: СЛС отечественного металлического порошка конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104; - программы и методики исследований испытаний технологии изготовления деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями (СЛС) из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104; - результаты испытаний технологических процессов изготовления заготовок деталей аэрокосмической техники, получаемых аддитивными технологиями (СЛС) из отечественных металлических порошков конструкционной стали 38Х2МЮА и жаропрочного сплава ЧС-104.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного

НИОКТР № 122051600118-7

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНИТНЫХ ЭФФЕКТОВ ФУЛЛЕРЕНОВ В МОЛЕКУЛЯРНОМ КРИСТАЛЛЕ ФУЛЛЕРИТА

Проект выполняется в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030».

Цель работы заключается в изучении неисследованного ранее гиромагнетокалорического эффекта молекулярных кристаллов фуллерита, возникающего при вращении и переориентации роторов молекулярного (фуллеренов) кристалла в магнитном поле и их взаимодействия с молекулами проходящего через кристалл газа.

Задачи исследований – провести математическое и компьютерное моделирование молекулярной динамики вращательного движения эндоэдрального интеркалированного ферромагнетиком фуллерена исследование его гироинерциальных, гиромагнетокалорических и гироэлектродинамических свойств, а также процесс молекулярно-кинетического обмена импульсами молекулярных роторов и набегающих молекул.

Молекулярный кристалл фуллерита представляет из себя структуру кубической сингонии с очень крупными порами, через которые способны пройти атомы и молекулы газа, в узлах которой находятся крупные молекулы фуллеренов (например, С60 с атомным весом 720 а.е.м.).

Поэтому гиромагнетокалорический эффект фуллеренов должен быть интенсивнее классического магнетокалорического эффекта, порождаемого изменением энтропии доменной структуры ферромагнетика.

Проходящий под давлением природный газ через такой кристалл может значительно охлаждаться и стать альтернативой технологиям производства СПГ. Планируется разработка научно-технических основ по созданию новой технологии охлаждения природного газа на базе гиромагнетокалорического эффекта.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного

НИОКТР № 122053000005-0

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИРОМАГНЕТОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В УГЛЕРОДНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЦЕЛЯХ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО МЕТОДА ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)

Цель проекта – исследовать оригинальный аналог магнитного холодильного цикла, в котором круговому процессу подвергается температура и новый термодинамический па-

раметр – обобщенный орбитальный момент частиц системы, т.е. ориентация частиц по полю и раскручивание или торможение частиц в магнитном поле.

Примером такой системы является, молекулярный кристалл фуллерита, состоящий из углеродных сферических молекул фуллеренов C60/C70.

Планируется построение математического описания и прямое численное моделирование вращений узлов кристалла фуллерита. Затем, с использованием полученных результатов, планируется решение задач молекулярной статистики по восстановлению макроскопических параметров системы. Будут созданы научно-технические основы новой технологии магнитного охлаждения на базе вращения/ориентации (гироманетокалорический эффект) узлов углеродных молекулярных кристаллов интеркалированных ферромагнетиком, которая может быть использована для создания бытовых холодильников нового типа, промышленных холодильных установок, а также циклов производства сжиженного природного газа (СПГ).

Бюджет: Р 1 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

для центробежных компрессоров (ЦК) нового поколения, с межопорным расположением рабочих колёс и получение экспериментальных характеристик, необходимых для проектирования проточной части с применением полученных данных в создание низкотемпературных центробежных корпусов сжатия, участвующих в технологии СПГ.

Освоение производства компрессоров отпарного газа позволит:

- создать собственной типовой ряд компрессоров отпарного газа и закрыть потребность отрасли (производства СПГ) по данному виду оборудованию.
- структурировать индустрию производства, хранения СПГ, с учетом существующих технических и технологических потенциалов;
- адаптировать развития индустрии СПГ Российской Федерации под существующие реалии;
- сделать вывод о предпочтительности интенсивного пути развития технологий.

Бюджет: Р 495 млн

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАНСКИЙ ЗАВОД КОМПРЕССОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 2.2 Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного

НИОКТР № 122081700056-8

**РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОМПРЕССОРОВ
ОТПАРНОГО ГАЗА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ
СПОСОБНОСТИ СПГ-ТЕРМИНАЛОВ В РАМКАХ
ПОДПРОГРАММЫ «СОДЕЙСТВИЕ ПРОВЕДЕНИЮ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТНЫХ
РАЗРАБОТОК В ГРАЖДАНСКИХ ОТРАСЛЯХ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ» ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ»**

Целью работ является изучение технологических процессов, в которых задействовано компрессорное оборудование, проработка конструктивного исполнения и технических требований, предъявляемые к компрессорному оборудованию, изготовление и экспериментальное исследование ступеней

Отрасль: угольная

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.1 Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве

НИОКТР № 122112900002-4

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

Актуальной проблемой для научно-технического решения в рамках комплексной программы, является увеличение объемов добычи угля, сопровождаемое переходом к отработке угольных пластов, залегающих на более глубоких горизонтах с высокой газоносностью.

Для обеспечения безопасного извлечения угля в этих условиях необходимо совершенствование методов и средств мониторинга шахтного метана.

Задачей комплексной программы, направленной на решение научно-технических и социально-экономических задач угледобывающего субъекта Российской Федерации, является: организация в установленном порядке мониторинга выбросов парниковых газов и оценка их сокращения в результате реализации планируемых технических и технологических мероприятий на долгосрочную перспективу.

Ожидается, что при выполнении проекта будет:

- создана структура цифровой платформы мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов, обеспечивающая эффективную обработку запросов на анализ исходных данных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий в интерактивном режиме;
- разработаны алгоритмы восстановления значений временных рядов объемов добычи угля подземным и открытым способами, метанообильности угольных шахт, объемов обогащения и транспортировки угля;
- получена и апробирована методика расчета чувствительности фугитивных выбросов к переменным модели (объемы добычи угля, газообильность угольных пластов, объемы переработки угля и его транспортировки).

Бюджет: Р 20 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана

НИОКТР № 122011400319-4

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК УСЛОВИЕ УКРЕПЛЕНИЯ

На сегодняшний день угольная промышленность России обладает значительными разведанными запасами угля, возможностями для их эффективного извлечения и дальнейшего использования с целью стабильного обеспечения внутринациональных потребностей в угольной продукции и развития экспор-

та. По итогам структурных преобразований в топливно-энергетическом комплексе Российской Федерации, отрасль одной из первых была успешно адаптирована к условиям рынка. Но есть ряд масштабных вызовов, которые оказывают существенное влияние на развитие угольной промышленности России, а именно: нестабильность конъюнктуры угольных рынков в мире, растущая конкуренция на мировых угольных рынках, потенциальная возможность снижения объемов потребления угля в мире по экологическим и климатическим соображениям, переходом отдельных стран на низкоуглеродные стратегии развития, рост доли возобновляемых источников энергии и природного газа в энергобалансах развитых и развивающихся стран и др. Данный научный проект направлен на поиск путей повышения конкурентоспособности угольной отрасли и поиск комплексного решения для повышения экономической эффективности угольной промышленности как условие укрепления энергетической безопасности России. В работе также будет предложено решение по снижению экологической нагрузки при утилизации попутного метана и дано обоснование с точки зрения обеспечения энергетической безопасности России целесообразности применения метода заблаговременной дегазации угольных пластов.

Бюджет: Р 1.1 млн

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

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

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана

НИОКТР № 122011800511-8

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТРЕЩИНАТО-ПОРИСТЫХ УГЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВСЕСТОРОННЕГО СЖАТИЯ И РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН РАСКЛИНИВАЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ

Предварительная дегазация является составной частью подземной разработки газоносных угольных пластов. Степень и темпы извлечения метана существенно влияют на эффективность и безопасность очистных работ. Значительная часть ресурсов угольного метана находится в пластах с низкой проницаемостью, и чтобы достичь экономических дебитов, необходима стимуляция газовых скважин. Эффективным методом стимуляции дегазационных скважин является гидроразрыв угольного пласта. Долгосрочное увеличение производительности дегазационной скважины можно обеспечить только за счет использования расширяющихся материалов (проппантов), вводимых в трещину гидроразрыва. Применение традиционных проппантов (кварцевый песок, керамические сферы), как правило, требует дополнительных дорогостоящих мероприятий (использование высоковязких жидкостей разрыва, высокие темпы закачки). Это ведет к отказу от метода гидроразрыва в пользу бурения плотной сетки протяженных дегазационных скважин. Приемлемым решением, направленным на снижение объемов бурения скважин, является использование легких проппантов с плотностью близкой к дешевым жидкостям разрыва на водной основе. В рамках проекта планируется разработать научные и методические основы интенсификации извлечения метана из газоносных угольных пластов методом гидроразрыва с использованием легких проппантов, плотность которых близка к жидкостям

гидроразрыва на водной основе. При этом будут учтены характерные особенности строения угольных пластов (блочного-трещиноватое строение угольных пластов, сорбционные свойства, квиваж) и сорбционные процессы в природных газоносных углях. Прикладная значимость предусмотренных исследований состоит в повышении технико-экономических показателей шахтного гидроразрыва при дегазации угольных пластов. Решаемая научная проблема состоит в определении особенностей изменения проницаемости трещиновато-пористой сорбирующей среды в условиях горного давления при создании дренажных трещин гидроразрыва и их раскрытии легкими расклинивающими материалами. Запланированные исследования включают лабораторные и численные эксперименты по определению анизотропии проницаемости трещиновато-пористых углей, проводимости дренажных трещин гидроразрыва в углях в зависимости от свойств углей, свойств и геометрических параметров упаковки проппантов в трещине, условий напряжений, влияния ориентации и раскрытия дренажной трещины ГРП на проницаемость пород и др. В результате выполнения проекта будут получены новые научные результаты. Будет разработана модель анизотропной проницаемости угольного пласта, содержащего дренажную трещину гидроразрыва с легким наполнителем. Модель учитывает напряженное состояние и структурные особенности трещиновато-пористой сорбирующей среды, физические свойства проппанта, его распределение в трещине. Также будет разработан способ формирования укрупненных частиц легкого проппанта с повышенным сцеплением между частицами в трещине гидроразрыва. Применение такого способа предотвращает вынос проппанта в дегазационную скважину и повышает проводимость дренажной трещины. Основные результаты исследований войдут в методические рекомендации по интенсификации предварительной дегазации углей методом шахтного гидроразрыва с использованием легких проппантов.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана

НИОКТР № 122062700053-6

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

С ухудшением горногеологических условий с углублением горных работ, а также в зонах горногеологических нарушений, для поддержания безопасных условий отработки и выполнения плановых показателей производительности очистных забоев возрастает роль дегазации угольных пластов. При таких глубинах традиционные методы дегазации имеют низкую эффективность в силу низкой проницаемости пластов и ряда других причин.

Для обеспечения безопасных по газовому фактору условий разработки угольных пластов на шахте им. С.М. Кирова объемы воздуха на проветривание и дегазацию, а соответственно, и затраты на эти процессы ежегодно увеличиваются. Так за последние пять лет объем подаваемого в шахту воздуха на про-

ветривание выработок только по пласту Болдыревский вырос на 35 %, расход воздуха на дегазацию за этот же период вырос на 57 %. Объем бурения дегазационных скважин различного назначения по шахте им. С.М. Кирова достигает ежегодно 250–260 км, только пластовые дегазационные скважины бурятся через каждые 20–24 м с обеих сторон выемочного столба. Совершенствование методов и выработка эффективных параметров дегазации является крайне актуальной задачей.

Бюджет: Р 3.2 млн

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

Заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СУЭК-КУЗБАСС»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.3 Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана

НИОКТР № 122071900006-2

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

Актуальность. Процессы добычи угля сопровождаются высвобождением газа, который содержится в угольном пласте и окружающих породах. Содержание метана в угольном газе колеблется от 1 до 98 %. Ежегодно шахты Кузбасса выбрасывают в атмосферу ~1 млрд м³ метана.

Угольный метан может быть использован для получения электрической и тепловой энергии, моторного топлива и химических продуктов, однако в настоящее время лишь незначительная его часть (менее 3 %) применяется для местного газоснабжения. Выбросы метана в атмосферу приводят к усилению парникового эффекта и разрушению озонового слоя Земли.

Как парниковый газ метан имеет высокую степень воздействия на изменение климата. Его прямой радиационный эффект в 26 раз выше по сравнению с углекислым газом. Кроме загрязняющего воздействия на окружающую среду, выделение метана в горные выработки является одним из сдерживающих факторов увеличения добычи угля.

Огромные запасы метана угольных пластов Кузнецкого бассейна (~13 трлн м³), высокий потенциал воздействия на глобальное потепление, а также коммерческая ценность метана обуславливают актуальность разработок инновационных технологий по его попутному извлечению и рациональному использованию.

Сокращение выбросов метана в атмосферу и его утилизация снизит антропогенное воздействие на климат, повысит энергоэффективность использования топливно-энергетических ресурсов и позволит создать новое современное направление в угольной отрасли.

Перспективным направлением глубокой переработки угольного метана является его конверсия в полезные химические продукты, что находится в соответствии с национальной стратегией снижения выбросов парниковых газов и декарбонизации экономики.

Целью проекта является разработка научных основ и технологий комплексной переработки угольного метана Кузбасса в полезные химические продукты, учитывая концентрацион-

ные особенности их состава. В основе процесса переработки угольного метана предлагается каталитический три-риформинг метана – процесс, сочетающий паровой риформинг метана, сухой риформинг метана и парциальное окисление метана. Его можно рассматривать как метод снижения выбросов CO_2 , а также как процесс производства синтез-газа из метано-воздушной смеси переменного состава. Для учета концентрационных особенностей угольного метана при его конверсии в полезные продукты будет проведен термодинамический анализ процесса три-риформинга метана ($\text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) и его составляющих реакций – паровой риформинг ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$), сухой риформинг ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$), парциальное окисление ($\text{CH}_4 + \text{O}_2$), авто-термический риформинг ($\text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$), парогликоксидный риформинг ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) метана, что позволит установить области безопасной конверсии угольного метана и оптимизировать условия его химической переработки. Впервые будет выявлен равновесный состав продуктов конверсии различных видов угольного метана в процессе три-риформинга в зависимости от их концентрационных особенностей. Для комплексной переработки угольного метана методом каталитического три-риформинга в рамках проекта будут созданы новые высокоактивные и стабильные к дезактивации каталитические системы. В сотрудничестве с угольной компанией будет создана малогабаритная пилотная установка для испытаний процесса на реальных составах дегазационного метана. Реализация проекта заложит основу для новой технологии комплексной переработки угольного метана в полезные химические продукты с учетом концентрационных особенностей их состава. Цель: разработка технологии комплексной переработки дегазационного угольного метана (СММ) – $\text{C} > 25\text{--}60\%$ в полезные химические продукты.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № 122031500066-4

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

Проект направлен на снижение рисков загрязнения территории при добыче и переработке углей на основе использования комплекса программного обеспечения, направленного на создание математической модели каждого отдельно взятого месторождения ископаемых углей.

Бюджет: Р 0.13 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № 122040600014-6

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

Цель исследований – получение новых знаний об условиях образования месторождений, химическом строении органического вещества и его преобразовании при термохимической переработке, создание научных основ для практической реализации технологий глубокой и комплексной переработки углей, горючих сланцев. Тимано-Североуральско-Баренцево-морский геолого-экономический макрорегион характеризуется значительным ресурсным потенциалом бурых и каменных углей различных марок, горючих сланцев и природных битумов. Вместе с нефтегазовыми ресурсами они составляют надежную сырьевую базу топливной промышленности и энергетики, а также представляют основу для развития новых отраслей промышленности в европейской части России. В течение последних 10 лет углехимические исследования в регионе проводятся только в Институте геологии. Основное внимание уделяется изучению состава и структуры органического вещества, а также различным вариантам термохимической переработки углей и получению обеззоленных углей. Последнее направление представляет особый интерес для освоения слабо востребованных месторождений углей низкой и средней степени метаморфизма или качественных, но высокозольных углей, расположенных в удаленных северных и арктических регионах. Изучение состава органического вещества на ранжированных уровнях его организации – от изотопного до структурно-группового и углепетрографического, даёт возможность ответить на фундаментальные вопросы об условиях накопления органического вещества в древние геологические эпохи, а значит важно для развития теоретических представлений об этих процессах.

Бюджет: Р 74.62 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № 122051100005-5

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

Проект направлен на снижение рисков радиационного загрязнения территории при добыче ископаемых углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов на основе оценки радиационно-экологического состояния окру-

жающей среды в районе характерных угольных месторождений и последующего обоснования ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий их освоения. Проблема радиационного загрязнения, создаваемого угледобывающими предприятиями и угольными ТЭС, связана с тем, что уголь, как природный сорбент, обладает способностью накапливать естественные радиоактивные элементы уранового и ториевого ряда, а также изотоп ^{40}K . Существующая техногенная экологическая нагрузка в районе проведения планируемых исследований, обусловлена наличием ураноносных угольных провинций и развитием естественной геохимической аномалии. Одним из путей решения данной проблемы является разработка технологических основ добычи и создание системы экологического мониторинга для всех стадий освоения месторождений ископаемых углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов, направленной на рациональное использование минеральных ресурсов с одновременным обеспечением качества угольной продукции и соблюдением требований радиационной безопасности на прилегающих территориях. Анализ опубликованных результатов исследований в данном направлении, позволил сделать выводы о недостаточной изученности радиационно-экологических проблем, связанных с добычей, транспортировкой и сжиганием углей, а также об отсутствии экологически ориентированных технологий добычи и переработки углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов, позволяющих минимизировать радиационное загрязнение прилегающих территорий. Научная новизна исследований заключается в: - выявлении площадного и объемного размещения углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов на разрабатываемых и перспективных месторождениях; - оценке влияния промышленной отработки месторождений на окружающую среду по радиационно-гигиеническим факторам; - разработке основ экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий освоения месторождений углей с повышенным содержанием естественных радионуклидов; - обосновании схем и режимов проведения радиологического мониторинга в санитарно-защитной зоне угледобывающих предприятий, а также на прилегающих территориях. Коллектив более 25 лет ведет исследования в области радиоактивности углей, методов их отработки, управления их радиационно-экологическими параметрами.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № 122053100142-1

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ПИРОЛИЗА УГЛЕЙ

Проект направлен на исследование лазерного инициирования процессов горения и пиролиза твердых топлив сложного состава – углей Кузнецкого угольного бассейна (Кузбасс). Исследование процессов горения топлив, содержащих твердую пористую структуру и широкий набор конденсированных летучих компонентов является важным направлением для теории и практики сжигания твердых топлив в энергетике и смежных областях. Ископаемые угли относятся к классу то-

пливных веществ, которые условно состоят из двух основных компонентов: твердого углеродного вещества и летучих органических соединений. При подводе энергии (в том числе лазерного излучения) происходит частичное выделение летучих органических соединений в газовую фазу и их воспламенение с последующим зажиганием нелетучего остатка. В силу особенностей строения угольной матрицы физико-химические процессы, протекающие в углях при воздействии мощных лазерных импульсов, будут отличаться от ранее изученных процессов, протекающих в однокомпонентных материалах: дисперсные металлы, графит и т.п. В качестве объекта исследования будут выбраны ископаемые угли Кузбасса разной степени метаморфизма марок: бурый (Б) Тисульского месторождения, длинно-пламенный газовый (ДГ) Соколовского месторождения, газовый (Г) Ленинское месторождение, жирный (Ж) Никитинское месторождение, коксовый (К) Киселевско-Прокопьевского месторождения и антрацит (А) Бунгурского месторождения. Образцы углей будут предоставлены Банком углей ФИЦ УУХ СО РАН. Выбор объектов обусловлен их уникальными свойствами и областью применения в быту и промышленности. Достоинством использования лазерного излучения для инициирования быстротекущих процессов горения и пиролиза углей является возможность контролировать подводимую энергию и длительность ее воздействия. В качестве источника быстрого подвода энергии будут применяться импульсный неодимовый лазер с излучением второй гармоники на длине волны 532 нм при длительности импульса лазерного излучения 14 нс (режим модуляции добротности), лазеры с диодной накачкой на 808 и 450 нм, которые могут использоваться как в непрерывном режиме излучения, так и в импульсном с длительностью от 1 мс. Применение разных видов лазерного излучения для воздействия на угольное вещество позволит установить влияние длины волны и длительности излучения на инициирование процессов горения и пиролиза. Предполагается, что в результате воздействия лазерного излучения на угольное вещество в нем инициируются быстротекущие процессы, приводящие к воспламенению угольных частиц, которые можно исследовать в режиме реального времени с помощью регистрирующей аппаратуры с высоким временным разрешением. Процессы начальных стадий лазерного инициирования горения углеводородных топлив и ископаемых углей в зависимости от их химического состава в настоящее время изучены недостаточно. В связи с этим фундаментальные исследования в этом направлении актуальны как для теоретических построений, так и для нахождения оптимальных условий зажигания пылеугольного топлива. В настоящей работе будут выполнены экспериментальные исследования лазерного инициирования горения и пиролиза уникального набора ряда метаморфизма имеющегося в Кузбассе углей. Таким образом, целью проекта является формирование основных фундаментальных представлений о механизмах преобразования энергии различных видов лазерного излучения в ископаемых углях и обозначение перспектив практического применения полученных фундаментальных результатов. В рамках проекта предполагается: 1. Изучить физико-химические характеристики, состав и структуру углей в выбранном ряду метаморфизма от бурого до антрацита. 2. Впервые осуществить экспериментальное определение критических условий лазерного инициирования (энергия, мощность, длительность излучения) зажигания углей в ряду метаморфизма излучением различных длин волн наносекундной длительности (532 нм) и непрерывного действия (450, 808 нм), с возможностью выделения импульсов длительностью от 1 мс. 3. Впервые исследовать временные характеристики процесса горения и спектры свечения углей под действием лазерного излучения с применением методов оптической

спектроскопии с высоким временным разрешением, установить временные интервалы горения летучих веществ и нелетучего остатка, и определить температуру горения нелетучего остатка методом оптической пирометрии. 4. Впервые изучить процессы лазерного пиролиза исследуемых марок углей в инертной атмосфере, установить состав продуктов пиролиза и выхода каждого продукта в зависимости от плотности энергии лазерного излучения. 5. Впервые установить взаимосвязи между характеристиками углей (химический состав, структура и т.д.) и критическими условиями лазерного иницирования процесса горения. 5. Разработать экспериментально обоснованную модель лазерного иницирования горения и пиролиза угля. Научная новизна исследований заключается в том, что для иницирования процессов горения и пиролиза уникального набора углей Кузбасса впервые используется излучение второй гармоники лазерного излучения (532 нм) наносекундной длительности (14 нс), а также применение для иницирования этих процессов непрерывного (с возможностью выделения импульсов длительностью от 1 мс) лазерного излучения на длинах волн 450 и 808 нм. Таким образом охватывается широкий диапазон временных (наносекунды, миллисекунды, секунды) и оптических (450, 532, 808 нм) характеристик лазерного излучения. Практическая значимость заключается в перспективе использования полученных фундаментальных результатов для разработки технологии лазерного иницирования термохимических процессов переработки углей, в том числе для подсветки пылеугольного топлива лазерным излучением в котельных установках и создания новых эффективных камер сгорания.

Бюджет: Р 6 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № 122080200054-2

МЕХАНОХИМИЧЕСКОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УГЛЕЙ И ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редкоземельные элементы (РЗЭ) применяются для изготовления люминофоров, катализаторов, светодиодов, магнитов, аккумуляторов, микрочипов и являются незаменимыми для большинства современных технологичных устройств. Сложившийся на сегодня мировой дефицит редкоземельных элементов объясняется не только возрастающим спросом с одновременным истощением запасов руд, но и большими трудностями извлечения целевых веществ. Разработка способов концентрирования и извлечения РЗЭ из рассеянных источников является актуальной темой исследований, которой посвящаются тысячи научных статей ежегодно. В последние две декады активно ведется работа по рассмотрению новых источников РЗЭ, и уголь все чаще рассматривается как перспективный источник РЗЭ. Это открывает новые вызовы для исследования специфичных способов концентрирования и извлечения РЗЭ из углей. Особенностью бурого угля как источника редкоземельных элементов, является высокое содержание фракции органического вещества, включая гуми-

новые кислоты, которые вовлечены в аккумуляцию редкоземельных элементов [1] (здесь и далее приведены ссылки на список литературы, представленный в пункте 4.5). Фракция гуминовых кислот не содержит силикатов и является 100 % растворимой в щелочных растворах, в связи с чем РЗЭ, связанные с гуминовыми кислотами, извлекаются значительно легче, чем РЗЭ, связанные с минеральной частью угля. Научной проблемой, на решение которой направлен проект, является отсутствие систематических знаний о процессах перераспределения редкоземельных элементов между органической и минеральной фракций угля, необходимых для разработки способов концентрирования и извлечения редкоземельных элементов из углей и отходов угольной промышленности. Механохимическая активация бурых углей показала перспективность для решения разнообразных задач. В частности, автором проекта показана возможность концентрирования редкоземельных элементов в органической части бурого угля Азейского месторождения (Иркутская область, Россия) при помощи одношаговой механохимической обработки бурого угля, не требующей использования растворителей и химических реагентов [2]. В проекте будут исследованы процессы механохимического концентрирования редкоземельных элементов гуминовыми кислотами или другими растворимыми полифенолами, которые будут дополнительно внесены извне в уголь при механохимической обработке. Предполагается, что внесение добавок полифенолов позволит перевести большую часть РЗЭ в органическую фракцию, которую потом можно будет выделить простой щелочной экстракцией.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № АААА-А20-120012090066-5

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СТРУКТУРНО-МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА УГЛЕЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И РАЗВИТИЯ УГЛЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Высокоэффективные системы мониторинга структурно-молекулярных превращений органического вещества углей необходимы для совершенствования всех без исключения технологий их глубокой переработки. Это будет способствовать, в свою очередь, развитию углехимической промышленности Российской Федерации и, прежде всего, углехимического комплекса Кемеровской области. Проект направлен на разработку научных основ универсальных систем молекулярного анализа органического вещества углей как углеводородогенерирующих пород. Принципиальное отличие от существующих систем состоит в использовании метода компьютерного синтеза структурных элементов органического вещества, описания его структурно-молекулярных превращений, в сочетании с экспериментальным методом его пиролиза в условиях термогидролиза. Термогидролитическая обработка позволяет,

в отличие от других пиролизических методов, производить относительно селективную деструкцию высокомолекулярных структурных элементов органического вещества пород. Относительно низкомолекулярные органические компоненты, образующиеся с высоким выходом в итоге такой деструкции, являются, как правило, соединениями-биомаркерами, так как сохраняют структурные особенности молекулярного строения материнской биомассы ископаемого органического вещества. Так как они надежно идентифицируются современными хроматографическими и спектральными методами, то появляется возможность мониторинга реакционной способности углеводородогенерирующих пород, и получения принципиально новой информации о взаимосвязи генезиса, состава и структуры органической массы этих пород с их свойствами. Эта информация особенно важна при разработке и совершенствовании технологий глубокой переработки углей и горючих сланцев в жидкие вещества для производства моторных топлив и других продуктов основного органического синтеза.

Бюджет: Р 3.6 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № АААА-А20-120012790003-3

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА И ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДАННОГО КЛАССА КАНЦЕРОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РЕГИОНЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ

Разработка научных основ и практических методов извлечения полиароматических углеводородов из каменных углей Кузбасса и изучение распределения представителей данного класса канцерогенных соединений в регионе является актуальным направлением, необходимым для прогнозирования канцерогенной опасности при добыче, транспортировке и переработки угля, в том числе для оценки возможной степени глобальной экологической опасности для региона. В последнее время принимаются положительные решения природоохранного законодательства и внесение изменений в существующий перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р) и, соответственно, возникает потребность расширения и модернизации аналитических методов экологического контроля природных объектов Кузбасса. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) относятся к стойким экотоксикантам и входят в состав органической массы углей. В работе впервые будет рассматриваться ряд природных каменных углей Кузбасского угольного бассейна различной степени метаморфизма от бурого до антрацита с определением в них качественного и

количественного состава ПАУ. При реализации проекта будут использоваться как классические методики анализа углей для определения технических характеристик, так и современные физико-химические методы исследования (сканирующая электронная микроскопия, ЯМР-спектроскопия, хроматография, хромато-масс-спектрометрия) с использованием аналитического оборудования, которое обеспечивает высокий уровень информации и достоверность получаемых результатов. Полученные результаты качественного и количественного содержания ПАУ в углях могут быть использованы в качестве научной основы для создания рекомендаций производственного экологического контроля на промышленных предприятиях, осуществляющих добычу, транспортировку и переработку углей Кузбасса.

Бюджет: Р 3.6 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № АААА-А20-120012790008-8

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КУЗБАССЕ

Разработка и добыча угля на угольных месторождениях сопровождается образованием значительного количества отходов, объемы которых обусловлены масштабами добычи, обогащения углей и технологией отработки их запасов. Образованные при углеобогащении отходы могут оказывать существенное и длительное негативное воздействие на все компоненты окружающей природной среды. Проект направлен на оценку потенциала отходов, образующихся в результате обогащения угля.

Предварительный анализ свойств отходов и технологических схем углеобогащения позволяет сделать предположение о возможности размещения отходов на нарушенных территориях, а также переработки и использования их для рекультивации.

Основой данного исследования выступают рекультивированные участки с использованием шахтных пород и отходов углеобогащения. Для выполнения задач и достижения поставленной цели проекта, исследования планируется выполнять в естественных условиях, на контрастных рекультивированных участках, примерно одного возраста (3–6 лет), с отсыпкой плодородного слоя почвы (ПСП) и потенциально-плодородных пород (ППП) на поверхности отходов с формированием искусственных почв (технозёмов).

На данных объектах будут проведены почвенно-экологические исследования с целью оценки состояния растений и почв. Сопряженный анализ физических, физико-химических свойств состояния молодых почв и фитоценозов позволит оценить потенциал и перспективы использования отходов углеобогащения в качестве ресурсов рекультивации. На основании полевых, мониторинговых исследований и с учетом результатов лабораторных, аналитических работ будет полу-

чена актуальная информация для оценки потенциала отходов углеобогащения и разработки экологически безопасного размещения и применения отходов углеобогащения в целях рекультивации нарушенных земель.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.4 Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью

НИОКТР № АААА-А20-120072490006-1

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ И ЭЛЕКТРОТЕПЛОГО ПРОБОЯ В ТВЕРДЫХ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВАХ

Одним из перспективных методов переработки твердых ископаемых топлив является пиролизная конверсия в горючие газы и смолу. Наиболее экологически и экономически эффективным выглядит конверсия непосредственно под землей.

Для этого необходимо нагреть подземный пласт топлива до температуры пиролиза. Одновременно это решает проблему утилизации шлака, выбросов метана, зольной и угольной пыли и сернистых соединений, которые характерны для традиционных способов разработки месторождений твердых топлив.

Нашей группой предлагается использовать нагрев подземного пласта путем пропускания тока по каналу пробоя, образованного с помощью действия частичных разрядов. Обычно в диэлектриках частичные разряды возникают в газообразных порах под действием приложенного внешнего высокого напряжения.

Частичные разряды в горючих сланцах и углях возникают при аномально низких напряженностях поля. При определенной величине приложенного поля частичные разряды становятся критическими и происходит тринг – рост древовидных низкоомных структур.

Для формирования требований к оборудованию для пробоя межэлектродного участка необходимо определить условия, при которых происходят критические частичные разряды, приводящие к трингу, а также зависимость динамики тринга от приложенного напряжения.

Это позволит определить минимальное напряжение, которое необходимо для пробоя заданного межэлектродного расстояния, а также прогнозировать время наступления пробоя при известном напряжении воздействия.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.5 Интеллектуальные технологии управления процессами добычи угля в реальном времени, цифровые образы объектов угледобычи

НИОКТР № 122121400077-9

РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГОРНТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Современный этап освоения месторождений твердых полезных ископаемых сопровождается масштабной цифровой трансформацией горнотехнических систем. В режиме реального времени или близком к нему осуществляется сбор информации о состоянии горнотехнических конструкций (устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов, подземных горных выработок), сотнях параметров работы горных машин и аппаратов, режимах и параметрах технологических процессов. Генерирование многообразных, различных по типу, структуре и частоте формирования данных в горнотехнической системе определяется ее физической сутью – под этим термином понимают совокупность конструкций, оборудования и технологических процессов горного производства во взаимодействии с вмещающим их участком недр. Ретроспективный анализ объемов данных, генерируемых горнотехнической системой, показал, что, если еще 15 лет назад объем информации оценивался сотнями мегабайт в год, к 2021 году он увеличился на 2 порядка. Сегодня на современных производствах только с одного карьерного самосвала регистрируется более 40 параметров о работе узлов и агрегатов; буровые станки оснащены десятками датчиков; системы на основе искусственного интеллекта выбирают маршруты и режимы работы техники, анализируя ускорения и режимы вождения самосвалов; растет объем данных, генерируемых при управлении процессами экскавации и транспортирования горной массы. Расчеты показывают, что данные, генерируемые объектами одного крупного карьера, имеют объем 100 Тб/год и более. Это приводит к необходимости хранения и обработки поистине гигантских массивов данных, не имеющих аналогов в прошлом. Сбор и обработка этих данных должны выполняться исключительно оперативно. Объем, разнообразие и скорость генерирования данных однозначно определяют получаемую информацию о горнотехнической системе как Большие Данные (в международной терминологии – Big Data). Несмотря на явный прогресс, фундаментальные концепции, возможности и риски для горнодобывающей отрасли при управлении Большими Данными все еще не ясны. Это обусловлено отсутствием комплексных исследований по ключевым аспектам Больших Данных в горнодобывающей промышленности. Для преодоления этого разрыва требуется интеграция знаний из области Бод и горных наук. Проведение фундаментальных исследований, направленных на установление принципов и закономерностей сбора, агрегирования, анализа и оценки Больших Данных будет способствовать: - повышению эффективности производственных процессов за счет оперативного принятия решений, контроля и оптимизации процессов в режиме реального времени; - оптимизации затрат энергии каждой технологической операции (бурение, взрывание, экскавация, транспортировка, логистика); - переходу к возобновляемым источникам энергии, характеризующимся крайне нестабильной генерацией и новыми принципами распределения в энергосетях; - сокращению нетехнологических простоев оборудования за счет объективного анализа коэффициента использования оборудования и коэффициента технической готовности горной техники, а также мониторинга требуемых

режимов работы; - управлению рисками на базе повышения уровня промышленной безопасности производства; - улучшению оперативного управления техническим обслуживанием и ремонтом на базе прогноза потребности в запасных частях, оптимизации закупок с предотвращением аварийности; - пониманию глубинных причин и снижению рисков негативного воздействия на окружающую среду; - анализу различных сценариев функционирования и развития горнотехнических систем, в зависимости от конъюнктуры цен на полезные ископаемые и социальные аспекты жизни конкретного региона; - анализу гипотетически возможных сценариев развития аварий и предупреждению их в ходе освоения месторождений, прогнозированию рисков и предупреждению техногенных катастроф. Главной проблемой отсутствия реализации подхода эффективного анализа Больших Данных при эксплуатации современных горнотехнических систем является установленный факт, что информация в виде исходных сигналов датчиков не обрабатывается и не хранится на горных предприятиях (максимум до 3–6 месяцев), если не зафиксировано никаких отклонений, так как не существует принципов обработки и хранения данных в пригодном для последующего анализа виде. Идея проекта состоит в том, что принятие эффективных решений при разработке месторождений твердых полезных ископаемых может быть реализовано только на базе создания и внедрения обоснованных технологий получения, хранения и анализа Больших Данных - всесторонней информации об осваиваемом участке недр, оборудовании и параметрах технологических процессов в их взаимосвязи, при недопущении на базе своевременных аналитических прогнозов гипотетически возможных аварий и техногенных катастроф. Объекты исследований: горнотехнические системы месторождений твердых полезных ископаемых. Исходные данные для реализации проекта будут получены по трем группам месторождений твердых полезных ископаемых: угольных разрезов Кузбасса, железорудных месторождений КМА и золоторудных Сибири, с которыми у исполнителей проекта имеются многолетние партнерские отношения. Для недопущения раскрытия конфиденциальной информации наименования компаний и месторождений публиковаться без согласия недропользователей не будут. Научная новизна проекта состоит в том, что впервые в мире будет обоснован научно-методический подход к сбору, обработке, хранению и анализу Больших Данных горнотехнических систем, который обеспечит поддержку принятия эффективных решений при освоении месторождений твердых полезных ископаемых и предотвращения аварий и техногенных катастроф. Разработанные теоретические основы анализа больших данных и полученные с их помощью результаты позволят горнодобывающим компаниям использовать научно-обоснованный подход при проектировании и внедрении цифровых технологий с учетом требований к хранению, агрегации и анализу данных, позволяющих находить закономерности при эксплуатации горнотехнических систем для управления всем технологическим циклом ведения горных работ. Применение технологий анализа больших данных и поиска закономерностей в их интерпретации для эффективной эксплуатации горнотехнических систем позволит создать новое научно-технологическое направление, актуальность которого со временем будет возрастать по мере цифровизации процессов управления в горнодобывающей промышленности.

Бюджет: Р 6,8 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.5 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ДОБЫЧИ УГЛЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ, ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗЫ ОБЪЕКТОВ УГЛЕДОБЫЧИ

НИОКТР № 122122900020-7

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

При ведении горных работ большое количество элементов технологии взаимодействует во времени и ограниченном пространстве. Для получения максимальной производительности необходимо решать ряд задач по согласованию параметров оборудования, времени выполнения операций и др.

Методы имитационного моделирования и эволюционной оптимизации позволяют создавать компьютерные модели реальных систем и на их основе с достаточной точностью и высокой скоростью решать указанные задачи. Создание Лаборатории цифровизации процессов проектирования горнотехнических систем позволит разрабатывать специализированные программные продукты и проводить исследования по выработке рекомендаций для обеспечения рациональных способов внедрения автоматизации основных процессов угледобычи.

Это позволит повысить безопасность и производительность добычи угля при сохранении приемлемой себестоимости продукции. В ходе работы будут разработаны системы и цифровые модели технологий открытой и подземной разработки угольных месторождений, в том числе в сложных горногеологических условиях.

Разработанные продукты, отличающиеся применением в расчетах математических методов оптимизации, а также численного и имитационного моделирования, будут служить средством поддержки принятия решений при проектировании горнотехнических систем.

Создание лаборатории с коллективом молодых специалистов в области подземных горных работ, методах численного и имитационного моделирования будет способствовать решению задачи цифровой трансформации угольной промышленности России.

Прикладное значение исследований предполагается в разработке программных комплексов, готовых к использованию в проектных организациях, а также на угледобывающих предприятиях.

Разработанные с помощью современных информационных технологий программные продукты будут осуществлять организационно-параметрический синтез вариантов внедрения средств автоматизации и роботизации в открытые и подземные горные работы и предлагать рациональные и эффективные варианты для подготовки проектов и паспортов на разработку угольных месторождений в том числе в сложных горногеологических условиях.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ КУЗБАССА

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.6 Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля

НИОКТР № 122080500148-5

ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕПЛОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЗАХОРОНЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Настоящий проект посвящен изучению способа генерации водорода из ископаемого сырья. На сегодняшний день существует несколько способов получения водорода, однако наиболее экологичные способы отличаются высокой стоимостью и энергозатратами, а остальные способы приводят к большому количеству выбросов парниковых газов.

Основной целью данного проекта является изучение процесса генерации водорода из метана в условиях залегания углеводородных пластов и за счет реализации метода внутрипластового горения (ВПГ) углеводородов, с возможностью параллельного захоронения парниковых газов.

Предлагаемая технология подразумевает закачку катализатора и повышение температуры пласта за счет закачки пара и воздуха с последующим осуществлением процесса ВПГ. В результате закачки пара происходит формирование активного катализатора, который активирует процессы конверсии метана в водород (паровая конверсия, крекинг).

Фундаментальные исследования, которые предлагаются в рамках данного проекта, позволят получить новые знания о принципах и параметрах реализации процесса синтеза промышленных количеств водорода в условиях углеводородных месторождений, а также о химических реакциях генерации водорода из метана за счет построения кинетической модели реакций.

В рамках проекта будут решены такие задачи, как разработка кинетической модели реакций преобразования метана в водород в процессе ВПГ, влияние катализаторов на ускорение процесса генерации водорода, экспериментально и численно смоделированы внутрипластовые процессы с установлением ключевых параметров генерации водорода, а также изучена возможность параллельного захоронения парниковых газов.

В качестве основного способа экспериментального моделирования внутрипластовых процессов предлагается применять методику создания высоких давлений и температур, в присутствии ядерной модели реального месторождения, в различных реакторах автоклава типа.

По результатам интерпретации данных лабораторных экспериментов будет получена кинетическая модель преобразования метана в водород в процессе внутрипластового горения, механизмы реакций, а также другие входные параметры, необходимые для последующего численного моделирования.

В результате адаптации данных эксперимента в компьютерной модели будут получены параметры процесса для проведения моделирования в масштабе реального месторождения углеводородов, в ходе которого будет определена энергоэффективность применяемого метода разогрева пласта.

На финальном этапе исследований планируется экспериментально изучить вопросы сохранения водорода и сепарации газовой смеси в пласте, и процессы захоронения парниковых газов, в частности CO₂.

Полученные в ходе настоящего исследования данные позволят сделать прогноз эффективности применения метода

ВПГ для генерации водорода.

Полученные результаты могут стать значимым вкладом в развитие технологии низкоуглеродного производства водорода из ископаемого сырья в России.

Результаты выполнения заявленного комплекса задач (экспериментальные исследования, численное моделирование, прогнозные оценки) будут иметь практический потенциал для снижения количества выбросов парниковых газов в атмосферу и расходы на их утилизацию в рамках стратегии Российской Федерации по переходу к углероднейтральной экономике.

Настоящий проект раскрывает передовую для российской науки и индустрии тему, а также является уникальным, не имея аналогов в России.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.6 Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля

НИОКТР № АААА-А20-120061890039-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПИРОЛИЗЕ, ГАЗИФИКАЦИИ И ЗАЖИГАНИИ УГЛЕЙ КУЗБАССА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на исследование воздействия лазерного излучения для инициирования термохимических процессов, протекающих при пиролизе, газификации и зажигании углей Кузбасса.

Исследование процессов пиролиза, газификации и зажигания угля является важным направлением для совершенствования технологий глубокой переработки угля Кузбасса.

В проекте будут исследоваться начальные стадии термохимических процессов в углях Кузбасса, протекающие в течение времени от начала воздействия лазерного излучения до зажигания образца на микроуровне в реальном масштабе времени (от микросекунд до сотен миллисекунд!).

В качестве объекта исследования будут выбраны ископаемые угли Кузбасса разной степени метаморфизма марок: длиннопламенный (Д) Талдинского месторождения, отощенный спекающийся (ОС) Томусинского месторождения, слабо спекающийся (СС) Бачатского месторождения, тощий (Т) и антрацит (А) Бунгурского месторождения. В качестве источника быстрого подвода энергии будет применяться импульсный лазер с излучением на длине волны 1064 нм при длительности импульса лазерного излучения 120 мкс (режим свободной генерации).

В результате предполагается, что при воздействии лазерного излучения на угольное вещество в нем инициируются быстротекущие термохимические процессы, приводящие к образованию и выделению летучих органических соединений в газовую фазу и их воспламенение с последующим зажиганием нелетучего каркаса.

Научная значимость заключается в развитии знаний и модельных представлений о горении сложных многокомпонентных систем на примере ископаемых углей Кузбасса в условиях быстрого подвода лазерной энергии.

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.

Бюджет: Р 1.8 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу

НИОКТР № 122021900016-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ ГЕОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

В Российской Федерации накопленный на полигонах объем золошлаковых отходов составил 1,8 млрд т, дополнительно ежегодно образуется 20–25 млн т ЗШО.

При этом золошлаки являются ценным сырьем для индустрии стройматериалов. Уникальным технологическим методом, позволяющим получать долговечные негорючие строительные материалы различного назначения, является т.н. «геополимерная» технология или технология щелочной активации.

Наиболее перспективным в настоящее время является разработка высокопористых геополимеров.

Основной целью исследования является изучение возможности и особенностей получения пористых щелочеактивированных геополимерных материалов на основе золошлаковых отходов ТЭС.

Научная значимость заключается в формировании базовых принципов разработки и управления свойствами эффективных вспененных геополимеров на основе экономически доступного сырья, а именно отходов сжигания твердых топлив ТЭС, что позволит получить эффективные теплоизоляционные материалы и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет рециклинга промышленных отходов с функцией тепловой изоляции. Реализация проекта позволит в будущем удешевить технологию производства пористых теплоизоляционных силикатных материалов за счет снижения энергоемкости термической обработки и снижения стоимости за счет использования в качестве основного сырья промышленных отходов, сохраняя при этом требуемые показатели свойств.

Бюджет: Р 0.82 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу

НИОКТР № 122022100136-6

РАЗРАБОТАТЬ ИННОВАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И СЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Сельскохозяйственное производство является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в объеме 60 млн т у.т. в год, в т.ч. электроэнергии около 65 млрд кВт·ч. Анализируя состояние энергообеспечения АПК следует отметить, что по основным показателям мы уступаем передовым странам: энергоемкость сельхозпроизводства в 2...2,5 раза больше, надежность и качество энергоснабжения ниже (число и продолжительность отключений на порядок больше), потери энергии почти в 2 раза больше, коэффициент полезного использования топлива КПИ – в пределах 40 %, а за рубежом 50 % и выше. Доля энергозатрат в себестоимости основных видов продукции также достигает значительных величин порядка 25...28 %. Разработка новых энергоэффективных электрических системообразующих децентрализованных технических средств теплообеспечения объектов АПК, в том числе с применением аккумуляции и утилизации теплоты, тепловых трубок, комбинированных и термоэлектрических установок, позволит снизить энергозатраты до 30 % по сравнению с традиционным тепловым оборудованием. Сельские электрические сети характеризуются большой протяженностью и разветвленностью, низкой надёжностью, недостаточной оснащённостью средствами мониторинга и управления конфигурацией. Общая протяженность линий 0,4 кВ – около 900 тыс. км, при этом потери электроэнергии в них часто превышают 15...20 %. Концепция построения интеллектуальных сельских электрических сетей 0,4 кВ с применением средств секционирования и резервирования, в том числе мультиконтактных коммутационных систем, цифровых трансформаторных подстанций и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), новых средств обеспечения наблюдаемости и управляемости сетей, повышения их защищённости и надёжности позволяет сократить потери электроэнергии в сельских электрических сетях, повысить надёжность электроснабжения сельских потребителей. Основной тенденцией развития энергообеспечения в настоящее время является строительство объектов малой (распределённой) генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Разработка и создание теплофотоэлектрических (ТФЭ) модулей является одним из важнейших направлений развития солнечной энергетики в мире. Это обусловлено повышением эффективности преобразования СЭ путем получения электрической и тепловой энергии в одном устройстве. Новым направлением является разработка и исследование мобильных транспортных средств с электроприводом в сочетании с газотурбинным электрогенератором. Инновационные кинематические схемы трансмиссий позволяют значительно улучшить условия труда, повысить безопасность, надёжность и экономическую эффективность. Важным является исследование режима параллельной работы разрабатываемых генерирующих (в т.ч. ВИЭ) и электронно-преобразующих силовых установок как с централизованной сетью, так и в составе микросети. Несмотря на многолетнее применение биогазовых установок зачастую

они имеют низкую эффективность работы, что не позволяет в необходимой степени управлять их работой. Это приводит к неоправданному завышению строительных объемов, увеличению эксплуатационных затрат и соответственно стоимости 1 м³ получаемого биогаза. Это выдвигает задачи по разработке наиболее эффективных технологических схем биогазовых установок, состава их оборудования, созданию новых конструкций и расчета их параметров, повышения надежности их работы, снижения стоимости и сроков строительства. Одним из вариантов экологически безопасного решения возникающих проблем является разработка и внедрение в интенсивное производство сельскохозяйственной продукции электротехнологий с использованием цифровых систем управления. Для этого необходимо разрабатывать соответствующее оборудование, определять параметры и режимы его работы. Производительность СВЧ-конвективных установок, используемых для сушки, обеззараживания и предпосевной обработки зерна, качество обработки зерна и семян зависят от равномерности воздействия на них микроволнового поля в установке. Эта равномерность может быть обеспечена конструкцией СВЧ-конвективной зоны, мощностью используемых магнетронов и схемой движения зерна в зоне его обработки. Электрогидравлический эффект применяется в различных областях промышленности и сельского хозяйства. Однако в использовании этой технологии для обеззараживания и приготовления питающих растворов для огородов и защищенного грунта имеется целый комплекс неисследованных моментов: параметры и режимы работы установок для обеззараживания растворов; параметры и режимы работы для приготовления растворов с использованием почв, торфа, растительных смесей. Поэтому изготовление и испытание электрогидравлической установки, реализующей данные задачи, является актуальным и представляет практический интерес. Одним из перспективных веществ в качестве аккумулятора теплоты является вода. Она обладает весьма высоким значением удельной теплоты фазовых переходов вода-лед. Удельная теплота плавления льда составляет 335 кДж/кг. Это свойство воды обуславливает перспективу широкого ее применения в качестве аккумулятора «холода» и теплоты для последующего практического использования. Таким образом, задачами исследований являются: - обоснование режимов работы, параметров, разработка и проведение исследований экспериментальных образцов децентрализованного энергосберегающего электротеплового оборудования, цифровых способов и средств обеспечения наблюдаемости и управляемости, гибкости конфигурации сельских электрических сетей, методы повышения эксплуатационной надежности электрооборудования; - проведение компьютерного моделирования и разработка технологических процессов, оборудования с использованием электрофизических воздействий на сельскохозяйственные объекты и теплоносителя системы энергообеспечения, определение их параметров и режимов работы, проведение исследований лабораторных образцов технических средств; - изготовление и проведение исследований экспериментального мобильного транспортного средства с электроприводом и резервным газотурбинным генератором; - проведение испытаний и исследований микрогазотурбинных электрогенераторов с электронно-преобразующими устройствами и генераторами на возобновляемых источниках энергии, работающими с моделью микросети, а также параллельно с централизованной сетью; - определение параметров, режимов работы, изготовление экспериментальных образцов, обработка результатов испытаний систем для биоконверсии органического вещества отходов АПК, водообеспечения, энергообеспечения сельских потребителей с использованием возобновляемых и альтернативных источников

энергии, с разработкой цифровых систем управления, в том числе с модульным комплексом энерго- и водообеспечения на основе ВИЭ; - разработка общих подходов оценки совместимости требований к фотоэлектрическому оборудованию и конструкциям зданий сельской инфраструктуры, в которые оно может быть интегрировано. Предполагаемые результаты: параметры, режимы работы, функционально-технологические схемы и результаты исследования экспериментальных образцов энергосберегающего электротеплового оборудования, цифровых способов и средств обеспечения наблюдаемости и управляемости, гибкости конфигурации сельских электрических сетей, в т.ч. содержащие ВИЭ и средства распределенной генерации, методы повышения эксплуатационной надежности электрооборудования. Результаты компьютерного моделирования технологических процессов и оборудования, экспериментальные лабораторные установки и оборудование с использованием электрофизических воздействий на сельскохозяйственные объекты и теплоноситель систем энергообеспечения. Результаты определения их параметров и режимов работы. Параметры, режимы работы экспериментальных образцов. Результаты научных исследований топливных и на базе ВИЭ электрогенераторов с преобразующими устройствами в микросети. Результаты испытаний экспериментального образца мобильного транспортного средства с электроприводом. Результаты испытаний систем для биоконверсии органического вещества отходов АПК, систем водообеспечения и энергообеспечения сельских потребителей с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии с цифровыми системами управления, в том числе с модульным комплексом энерго- и водообеспечения на основе ВИЭ. Общие подходы оценки совместимости требований к фотоэлектрическому оборудованию и конструкциям зданий сельской инфраструктуры, в которые оно может быть интегрировано. Возможная практическая значимость: разработка и внедрение инновационных методов, электротехнологий, электрооборудования и децентрализованных систем энергообеспечения, в том числе с возобновляемыми и альтернативными источниками энергии для сельскохозяйственного производства и сельской инфраструктуры обеспечит снижение энергоемкости производства сельхозпродукции до 30 %, а следовательно, и ее себестоимости, позволит биологическим объектам реализовать свой генетический потенциал, что приведет к росту продуктивности сельхозпроизводства.

Бюджет: Р 209.17 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу

НИОКТР № 122080300093-0

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ СВЧ-ПИРОЛИЗА ИЗ БИО-УГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Негативное воздействие энергетики на окружающую среду и изменение климата планеты приводит к выводу о не-

обходимости 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 обогащенного 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» пиролизической 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 пиролизического 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».

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 3.7 Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу

НИОКТР № 122090200035-0

Углеродно-нейтральные технологии рециклинга крупнотоннажных отходов топливной энергетики с получением функциональных геополлимерных материалов

В современном мире энергетика является жизнеобеспечивающей отраслью, в составе которой на долю угольной генерации приходится около 40 % вырабатываемой электрической энергии и до 60 % тепловой. При этом получение энергии на тепловых электрических станциях сжиганием ископаемых твердых топлив – угля, сланцев, торфа – неминуемо сопровождается производством золошлаковых отходов. Если рассматривать в целом проблему образования отходов угольной отрасли, то наряду с золошлаковыми отходами накопление крупнотоннажных отходов происходит также на стадиях добычи и подготовки твердого топлива – угледобычи и углеобогащения. Проблема отказа от угольной генерации традиционно вызывает немало споров в мировом сообществе, но, к настоящему времени, реальной экологической и экономической альтернативе угольной генерации не существует. «Текущая глобальная ситуация и в Китае, и в Индии, и в Европе, и в Великобритании говорит о том, что в принципе уголь не потеряет своих позиций на рынке. Важно понимать, особенно в Азии, у нас все еще есть станции, которые работают на угле. Естественно, и для генерации угля будет еще место в будущем на глобальном уровне», – подтверждает менеджер Глобального рынка угля, рынок электроэнергии, Азия, S&P Global Platts Мэттью Бойле. Таким образом, проблемы угольной генерации сосредоточены не в дилемме «быть или не быть», а в разработке и широком внедрении технологий, позволяющих сделать ее максимально «чистой», «зеленой». «Зеленые» технологии «черной» энергетики заключаются в организации работы топливных ТЭЦ на принципах высокой эффективности и низкой эмиссии в сочетании с внедрением экологических технологий комплексного и безотходного рециклинга отходов на всех стадиях угольной цепи – добычи, обогащения, сжигания. В Российской Федерации к 2021 году накопленный на полигонах объем золошлаковых отходов в сочетании с отходами угледобычи и углеобогащения составил 1,85 млрд т. Учитывая прогнозируемый рост угольной генерации на 25–30 % в сравнении с существующим уровнем, можно ожидать дополнительно образование 20–25 млн т отходов ежегодно, что составит к 2030 году 2,0 млрд т. В глобальной перспективе эта проблема стоит не менее остро. Ежегодно в мире образуется свыше 6 млрд т отходов добычи, обогащения, сжигания угольного топлива. При этом основной вклад в общий объем генерации этих отходов по данным Всемирной угольной ассоциации (World Coal Association, WCA) вносят

страны-лидеры по добыче угля – Китай, США, Индия, Австралия, Россия, Южная Африка. Наличие полигонов с отходами вызывает загрязнение воздуха, рек и водоемов, грунтовых вод, разрушение ландшафтов, что оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду и требует незамедлительного решения данной глобальной экологической проблемы. Вместе с тем золошлаковые отходы, а также отходы угледобычи и углеобогащения содержат в своем составе оксиды кремния, алюминия, щелочные и щелочноземельных металлов, могут являться ценным минеральным сырьем и быть пригодными для утилизации в дорожном и гражданском строительстве, производстве силикатных материалов. В 2021 году Министерством энергетики Российской Федерации разработан и представлен на утверждение в Правительство Российской Федерации «Комплексный план по повышению объемов утилизации продуктов сжигания твердого топлива», включающий юридические аспекты применения золошлаковых отходов, такие как разработку новых государственных стандартов, допускающих применение золы в качестве добавки к портландцементу, рекультиванта, меры экономического стимулирования утилизации шлаков и ряд пилотных проектов в регионах с наибольшим уровнем образования золы. Исходя из вышеизложенного, однозначно следует, что наступило время направленного выбора технологий рециклинга отходов твердотопливной энергетики, наиболее соответствующих современным экологическим вызовам – комплексных, замкнутого цикла, крупнотоннажных, максимально углеродно-нейтральных. Существующие к настоящему времени технологии обладают следующими несовершенствами: во-первых, предназначены для рециклинга только одного вида отходов – либо угледобычи, либо углеобогащения, либо углесжигания; во-вторых, в большинстве предназначены для отбора каких-либо отдельных полезных элементов, без утилизации образующегося крупнотоннажного отхода; в-третьих, предполагают дополнительную температурную обработку отходов для получения нового продукта с соответствующим необходимым количеством сжигания топлива; в-четвертых, наиболее простые технологии, такие как добавка высокодисперсной золы к портландцементу или в качестве рекультиванта не решают проблемы утилизации всего накопленного массива отходов, а только его отдельных составляющих, и при этом не создают новых материалов. Вместе с тем растущие темпы жилищного и промышленного строительства вызывают потребности в новых экологических материалах, по своим свойствам

(прочности, долговечности, теплопроводности, биологической совместимости и другим) соответствующим или превосходящим существующие обжиговые материалы, но полученным по углеродно-нейтральным безобжиговым технологиям. Такими материалами могут стать функциональные геополимерные материалы для зеленого и «энергоэффективного» строительства, полученные в ходе реализации проекта по разработанной углеродно-нейтральной технологии рециклинга крупнотоннажных отходов топливной энергетики. Благодаря своим преимуществам – высокой степени долговечности использования и высокой эффективности – технология синтеза экологически чистых геополимеров стала одним из ключевых и трендовых направлений исследований по использованию отходов производства. Новый класс геополимеров – вспененных (пористых) теплоэффективных геополимеров – может стать заменой традиционным строительным теплоизоляционным материалам – теплоэффективному керамическому кирпичу, пеностеклу, керамзиту и др. Обладая аналогичными показателями по химической инертности, плотности, теплопроводности, долговечности, прочности разрабатываемые геополимерные материалы будут углеродно-нейтральными, для их синтеза не будут необходимы затраты топлива для достижения в печном пространстве температур 1450–1550 °С для осуществления реакций структурообразования. Таким образом, опираясь на вышеизложенное, предлагаемый проект, целью которого разработка научно-технологических основ рециклинга крупнотоннажных отходов топливной энергетики, включая отходы добычи, обогащения и сжигания твердых топлив, а также получения на их основе углеродно-нейтральных функциональных геополимерных материалов для «зеленого» и энергоэффективного строительства, направлен на решение актуальной и значимой проблемы.

Бюджет: Р 90 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Отрасль: электроэнергетика (кроме атомной энергетики)

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122012700122-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУКЦИЙ ПО ВЫПЛАВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ» В РАМКАХ СЧ «СПЛАВ-МОРЕ»

В настоящей работе проводятся исследования по оптимальной технологии выплавки шихтовых заготовок из современных жаропрочных никелевых сплавов, предназначенных для работы в последних ступенях компрессоров, в турбинах авиационных и ракетных двигателей, а также в газотурбинных установках. Для достижения высоких и стабильных свойств изделий из жаропрочных сплавов важно обеспечить требуемое качество шихтовых заготовок в процессе их получения.

Бюджет: Р 12.9 млн

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

Заказчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ТЕХНОЛОГИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122020300178-0

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ УСТАНОВОК ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДООЧИСТКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ОТХОДОВ В ВИДЕ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА, РАЗРАБОТКА ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА МОДУЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ОТ 1 ДО 500 м. КУБ./ЧАС ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛО-, ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И КОММУНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Целью проекта является разработка автоматизированной модульной многоуровневой системы водоподготовки производительностью до 500 м куб./час для современных и перспективных энергоустановок производственного и коммунального назначения, обеспечивающей снижение капитальных и эксплуатационных затрат на водоподготовку, повышение ее энергоэффективности и экологичности. Организация высокотехнологичного производства данных систем с высокой долей комплектующих российского производства (обеспечение импортозамещения в данном секторе экономики). Проект направлен на решение проблем создания технических и технологических решений глубокого обессоливания природных вод на основе энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных модульных установок для создания конкурентоспособных турбин и парогазовых установок на их

основе производственного и коммунального назначения: 1) Проблема преодоления ресурсных ограничений предполагает оптимизацию технологической схемы, оборудования для водоподготовки, снижение его материалоемкости, энергоемкости. 2) Проблема преодоления экологических ограничений предполагает снижение объема используемых реагентов, использования более эффективного оборудования. 3) Проблема преодоления технологических ограничений предполагает снижение зависимости российских энергетических компаний от высокотехнологичного импортного оборудования для водоподготовки и замена его технологическими аналогами российского производства. Научные и научно-технические результаты проекта определены постановкой актуальных задач и заключаются в применении перспективных подходов и технологий. Предлагаемые технологические решения обеспечат достижение ряда технологических, экономических и экологических эффектов: – сокращение потребления реагентов на отдельных стадиях водоподготовки на 25–30 %; – снижение потребления удельных энергозатрат на водоподготовку до 50 %; – сокращение себестоимости получения глубокообессоленной воды на 15–40 %; – уменьшение содержания минеральных солей в сбрасываемых сточных водах на 90 %; – сокращения капитальных затрат на стадию глубокого дообессоливания воды – на 75 %. Достижение указанных эффектов будет обусловлено внедрением следующих разрабатываемых инновационных технических решений: – интенсификация процесса отстаивания с использованием утяжелителей; – замена ионообменного блока умягчения (либо обессоливания) на ресурсосберегающую систему низконапорного обратного осмоса (нанопрофильтрации); – регенерация высокоминерализованных стоков (отработанных элюатов), их многократное использование для регенерации Na-катионитовых смол; – замена технологии электродеионизации или фильтрами со смолой смешанного действия системой модифицированного ионного обмена анионитно-катионитного обессоливания, применяемого на стадии глубокого обессоливания воды предназначенной для подпитки котлотурбинного оборудования.

Бюджет: Р 245 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ГРИГОРЬЕВИЧА И НИКОЛАЯ ГРИГОРЬЕВИЧА СТОЛЕТОВЫХ»

Заказчик: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БАРОМЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122041500024-3

МЕХАНИКА ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЕЩЕСТВО В ПРИЛОЖЕНИЯХ К ТЕХНОЛОГИЯМ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Целью исследования является развитие междисциплинарных направлений науки и техники с целью получения прорывных технологий для создания новых функциональных материалов, конструкций, устройств и агрегатов, востребованных в современном машиностроении.

Создание новых технологий получения функциональных материалов и конструкций при высокоинтенсивном воздей-

ствии на прекурсоры термическими (плазма, лазерное излучение) и динамическими (высокоскоростной удар, детонация) методами. Развитие методов диагностики и математического моделирования гетерогенных (многофазных) потоков и материалов с целью создания новых материалов и технологий для перспективных транспортных средств.

Предполагаемые результаты исследований:

1. Будут разработаны научные основы создания принципиально новых высокопрочных функционально-градиентных гетерогенных материалов на основе аддитивных лазерных, плазменных, детонационных и ХГН технологий, включающих обработку исходных материалов (порошков), методы испытаний материалов, методы диагностики и управления сопутствующими процессами.

2. Будут исследованы закономерности процесса обледенения элементов конструкции летательных аппаратов, разработаны научные основы управления обледенением, созданы специальные материалы и покрытия, развиты методы диагностики потенциально опасных с точки зрения обледенения потоков.

3. Будут разработаны научные основы улучшения энергетической и экологической эффективности перспективных газотурбинных установок и двигателей внутреннего сгорания путем оптимизации процессов горения, в том числе при воздействии электрическим полем.

4. Будут разработаны методы для численного моделирования сопутствующих физических и химических процессов.

Бюджет: Р 33.78 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122042000140-2

СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТВЁРДОГО БИОТОПЛИВА В ПАРОГАЗОВОМ ЦИКЛЕ

Проект направлен на исследование способов применения твердого биотоплива в установках бинарного цикла. Результаты исследования позволят создавать использующие твердое биотопливо парогазовые установки, не имеющие аналогов в мире, повысить эффективность использования биотоплива до уровня современных установок бинарного цикла, работающих на природном газе. Многообразие видов биотоплива и широкий диапазон их свойств определяют необходимость создания нескольких типовых решений для систем подготовки топлива к использованию в бинарном цикле ПГУ с КУ. Меньшая по сравнению с углем зольность большинства видов биотоплива предполагает возможность его использования на прямую или с использованием устройств для очистки продуктов сгорания от золы перед газовой турбиной. Исследование и разработка ПГУ, позволяющей использовать твёрдое биотопливо, является актуальной задачей, решение которой создаст условия для повышения доли биотоплива в топливном балансе России и повышения энергетической безопасности

регионов, удаленных от развитой топливной инфраструктуры, но имеющих значительные запасы биотоплива.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122042600093-5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Развитие ключевых составляющих цифрового двойника сложного инженерного объекта (СИО): мощной энергетической газотурбинной установки (ГТУ), предназначенной для выработки электрической энергии в диапазоне от 200 до 500 МВт.

Бюджет: Р 9 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122082200009-6

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Широкое распространение газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей в основных отраслях промышленности и на транспорте приводит к необходимости поддержания высокого уровня их технического состояния, непрерывно деградирующего вследствие различных эксплуатационных условий. Наиболее часто встречаемой причиной отказов оборудования и его досрочного вывода из эксплуатации является эрозийный износ (до 45 % всех случаев по статистическим данным NASA (2013)). Попадание частиц пыли при работе или ее накопление во внутренних полостях неработающего двигателя приводит к серьезному ухудшению технического состояния лопаточного аппарата осевого компрессора (ОК) при гораздо более меньшем количестве летных часов, что может проявляться в изменении аэродинамики проточной части (возникновение срывных и помпажных явлений, снижение КПД и др.), нарушении прочности лопаточного аппарата (повышение уровня вибрации, механическое разрушение лопаток) и снижении топливной эффективности всего двигателя. Все это приводит к возрастанию стоимости обслуживания и ремонта двигателей или невозможности их дальнейшей эксплуата-

ции. В рамках настоящего проекта предлагается разработка специальной прогностической модели, позволяющей по отклонению рабочих характеристик газотурбинного двигателя (нережимное изменение частот вращения, снижение степени сжатия и мощности, повышение температуры за компрессором или перед турбиной и др.) оценить техническое состояние лопаточного аппарата осевого компрессора. Подобный подход обеспечит возможность оценки текущего состояния двигателя без вывода его из эксплуатации, определит необходимость и приблизительный объем ремонтных работ при текущем состоянии, что в перспективе позволит перейти к реализации стратегии ремонта по техническому состоянию и переходу к использованию цифровых двойников в промышленности. В научном проекте планируется проведение численных исследований эрозии лопаточного аппарата осевого компрессора с учетом различной глубины износа с целью оценки деградации рабочих характеристик осевого компрессора ГТУ и основных параметров, которые измеряются в реальной эксплуатации. Результаты выполненных численных расчетов будут являться набором входных признаков, а соответствующие им данные о геометрии дефектных лопаток и степени деградации интегральных характеристик – целевыми функциями при создании прогностической модели на базе методов машинного обучения. Конечным результатом проекта является модель прогноза степени эрозии лопаточного аппарата ОК по текущим параметрам в эксплуатации с возможностью оценки изменения степени газодинамической устойчивости, эффективности и напорности установки. В предлагаемой модели сразу вкладывается возможность дальнейшего использования реальных эксплуатационных данных с целью дообучения. Актуальность предлагаемого проекта связана с необходимостью развития передовых отечественных технологий в области производства, эксплуатации и обслуживания газотурбинного оборудования, что является необходимым условием для обеспечения технологической независимости нашей страны, а также с повышением уровня и конкурентоспособности отечественных технологий на мировом рынке и интересом в области импортозамещения. Научная новизна состоит в установлении взаимосвязей между степенью и характером износа лопаточного аппарата и эксплуатационными параметрами ГТУ, которые лягут в основу разрабатываемой модели.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122101300014-7

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ЭНЕРГБЛОКА ТЭС (НА ПРИМЕРЕ ТЭЦ МЭИ)

На сегодняшний день системы химического контроля и управления водно-химическим режимом используются в качестве информационных. В таких системах заложен огромный потенциал как с точки зрения обработки информации так и управления этой информацией с целью упреждения возникающих возмущений водно-химического режима. Не-

достаточное использование методов прогнозирования и диагностики в системах химического контроля качества воды и пара ведет к частым нарушениям водно-химических режимов и, как следствие, к увеличению повреждаемости поверхностей нагрева котлов. Поэтому в проекте были предложены отдельные алгоритмы прогнозирования качества воды и пара, а также количества отложений и продуктов коррозии как на основе материального баланса, так и с использованием искусственных нейронных сетей. Еще одной проблемой, которая была решена в рамках проекта, является обеспечение представительности и достаточного расхода пробы перегретого пара при отборе. Решение этой проблемы предлагается за счет разработки и моделирования изокINETического зонда для отбора проб перегретого пара. Данный вопрос встает особенно остро на парогазовых установках, в точках отбора проб перегретого пара низкого давления, по причине недостатка расхода пробы конденсата пара. Кроме перечисленных задач, уделено отдельное внимание вопросу оперативной оценки водно-химического режима с помощью интегрального показателя ведения водно-химического режима и косвенного расчета нормируемых показателей качества воды и пара на основе данных автоматического химического контроля.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122102800052-1

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ОБЛИКА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ПЕРСПЕКТИВНОМ ВИДЕ ТОПЛИВА

Высокая конкуренция и ужесточение законодательных норм по эмиссии вредных веществ газотурбинными двигателями и энергетическими установками требуют непрерывного совершенствования методик проектирования и доводки их узлов.

Также распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р утвержден план мероприятий («дорожная карта») по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту.

В России задача по развитию водородной энергетики закреплена в ключевом отраслевом документе стратегического планирования – актуализированной Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года. Исходя из этого актуальными являются задачи повышения экологичности существующих установок, работающих на метане, а также исследование возможности замещения метана водородом или метановодородными смесями.

Целевым продуктом инновационного проекта являются новые цифровые модели и конструктивные решения малоэ-

миссионной камеры сгорания (МЭКС) двигателя НК-14СТ, позволяющие использовать в качестве топлива природный газ с различной долей водорода.

Дополнительно предоставляются рекомендации к управлению топливными коллекторами при сжигании метановодородных смесей.

Полученные результаты позволят существенно снизить уровень выбросов вредных веществ газотурбинными энергетическими установками и в дальнейшем осуществить переход к водородному топливу, что является одним из важных требований для развития «зеленой» энергетики.

Бюджет: Р 12 млн

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

Заказчик: ИННОВАЦИОННЫЙ ФОНД САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122120500062-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПЕРЕМЕШАНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В КАМЕРАХ СО СЛОЖНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

Целью проекта является выполнение фундаментальных и прикладных исследований, а также, конструкторских работ, направленных на совершенствование технологий сжигания газообразного топлива в пористых средах, а также в камерах сгорания, имеющих сложную пространственную геометрию, таких как, камеры сгорания газотурбинных установок, циклонно-вихревые предтопки и др. Реализация проекта позволит разработать научные основы для модернизации целого спектра промышленных энергетических установок, использующих газообразное топливо, таких как, ГТУ, котельные установки с циклонно-вихревыми предтопками и др. В результате выполнения проекта удастся снизить вероятность наступления рисков, связанных с технологической и энергетической безопасностью предприятий в условиях импортозамещения. Деятельность исследовательской программы сосредоточена в наборе основных рабочих программ (WP). Все рабочие программы охватывают фундаментальные и прикладные исследования по актуальным проблемам, связанными с прямыми численными расчетами, разработкой моделей и проведению экспериментов в области горения в микроканалах и пористых средах, в закрученных потоках и камерах сгорания, имеющих сложную геометрию, методами и технологиями прямого преобразования тепла от горения в электричество (термо- и фотовольтаика). Строгая математическая постановка задач, теоретический анализ предельных случаев, ясная физическая постановка задач и полученные экспериментальные данные будут использоваться для проверки моделей перед разработкой сложных инженерных расчетов.

Бюджет: Р 51.88 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122121200027-6

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК С РЕГУЛИРУЕМЫМ СОПЛОВЫМ АППАРАТОМ ТУРБИНЫ ПУТЕМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ

В мировой и отечественной практике газотурбостроения нашли распространение установки с регулируемым сопловым аппаратом (РСА) турбины. С учетом обязательного наличия топливно-регулирующей системы и применения поворотных направляющих лопаток осевого компрессора (ОК) соответственно для качественного и количественного регулирования формируется уникальная трехфакторная система управления газотурбинной установкой (ГТУ). Выбор оптимальной программы управления такой системой позволяет значительно повысить экономичность работы ГТУ в широком диапазоне эксплуатационных режимов. Изменение программы управления ГТУ влечет за собой необходимость дополнительных исследований, связанных с устойчивостью работы осевого компрессора и прочностью его лопаточного аппарата, и климатическими ограничениями, которые определяются регионом эксплуатации газотурбинных установок с РСА турбины. Отдельные исследования направлены на оценку возможности реализации оптимальной программы управления для ГТУ простого открытого цикла и с регенерацией теплоты уходящих газов. Даны рекомендации по выбору программы регулирования для установок указанного типа.

Бюджет: Р 0.3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122122600033-0

СОЗДАНИЕ И АПРОБАЦИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И ИСПЫТАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Создание энергетических установок является сложной научно-технической задачей. Учитывая специфическую область применения, очевидно, что процесс проектирования и производства таких изделий должен быть локализован в России. Покупка готовой энергоустановки или лицензии на ее производство за границей в современных условиях маловероятны. Учитывая сложившуюся ситуацию в машиностроительной отрасли: необходимость поддержания и развития производства энергетических установок различной мощности, относительно малое предложение на энергоустановки для распределенной энергетики, большие накладные расходы предприятий, необходимость вложения больших средств в НИОКР делает разработку и производство мобильных энергоустановок для крупных российских предприятий нерентабельным. При этом создание конкурентных энергоустановок невозможно без научно-технического задела и фундаментальных исследований

в данной области.

При создании в кратчайшие сроки конкурентоспособной продукции необходимо сместить вектор усилий (времени, инвестиций, контроля) на начальные этапы проектирования (конструкторско-технологическую подготовку производства) с повышением гибкости и качества разработки изделия, снижением стоимости и сроков опытного производства, экспериментальной отработки и испытаний, доводки изделий до требуемых характеристик.

Достижение поставленных целей реализуется путем создания взаимосвязанного комплекса математического моделирования, инженерных расчетов, виртуальных и натурных испытаний с возможностью прогнозирования технико-экономических характеристик высокотехнологичных изделий, таких как энергоустановки малой мощности.

Цель исследования - создание и отработка методик проектирования, производства и испытания энергетических установок на базе ГТД различной размерности на основе единого пространства - киберфизического полигона.

Ключевой особенностью данного испытательного полигона является возможность исследования влияния различных факторов и конструктивных решений, а также вида топлива на показатели эффективности установки.

Задачи проекта:

1. Создание цифровых двойников верхнего уровня и технологий проектирования энергетических установок с использованием импортнезависимого программного обеспечения. Определение параметров и характеристик узлов для достижение заданного КПД установок в диапазоне мощности до 25 МВт.

2. Выполнение концептуального проектирования виртуального и натурального испытательных полигонов для валидации и верификации цифровых двойников процессов в энергетических установках и их узлах, а также отработка технологий измерений.

3. Формирование концепции проекта системы горения с низкой эмиссией вредных веществ, в том числе для перспективных видов топлив, на основе обзора литературы и патентного анализа. Проведены исследования возможности повышения экологичности энергоустановок за счет оптимизации системы подготовки топливовоздушной смеси и применения перспективных видов топлив, содержащих водород.

4. Разработка автоматизированной системы измерений натурального стенда, разработка методики обработки и анализа результатов испытаний энергетических установок (параметров рабочего процесса отдельных узлов, механической мощности, электрической мощности и других характеристик).

5. Исследование возможности использования перспективных видов топлив для энергетических установок (топлива из биосырья, синтетические топлива, водород и другие).

6. Создание киберфизического виртуального стенда и технического проекта натурального стенда для исследования рабочих характеристик энергетических установок различной мощности.

7. Исследование перспективных циклов энергетических установок (парогазовые, регенеративные, гибридные и другие).

8. Исследование способов повышения технологичности энергоустановок за счет применения аддитивных технологий и «интеллектуального» производства при создании элементов горячей части.

9. Формирование рабочей-конструкторской документации

на модернизированные узлы газотурбинной установки заданной мощности. Изготовление опытных образцов и проведение испытаний отдельных модернизированных узлов.

Бюджет: Р 53.08 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № АААА-А19-119032290041-2

АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ И СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Математические оптимизационные модели; результаты натурального и численного эксперимента, а также термодинамического и эксергетического анализа; рекомендации для проектирования и эксплуатации энергоэффективных и безопасных: низкотемпературных установок, пластинчато-ребристых и трубчато-пластинчатых поверхностей теплообмена, систем «парогазовая установка – абсорбционная холодильная машина», теплоутилизаторов и теплоаккумуляторов, систем кондиционирования воздуха.

Бюджет: Р 0.92 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.1 Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № АААА-А20-120091590070-2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПГУ В УСЛОВИЯХ ПЕРВИЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ

В соответствии со все более ужесточающимися требованиями повышения качества частотного регулирования в ЕЭС России обязательно вовлечение энергоблоков всех типов (за исключением энергоблоков АЭС с реакторами типа РБМК и БН) в первичное регулирование частоты тока в энергосистеме. Высокая экономичность, в том числе на частичных нагрузках, и хорошие маневренные характеристики делают парогазовые установки незаменимыми для участия в устранении дисбалансов мощностей и регулировании частоты тока. Предлагается использование дополнительного обводного парораспределения на входящих в состав ПГУ паровых турбинах, что позволит им участвовать в первичном регулировании частоты тока в энергосистеме с наибольшим КПД, значительно или полно-

стью снижая требуемый регулировочный диапазон газовых турбин ПГУ. Использование обводного парораспределения позволит спроектировать новую или модернизировать действующую паровую турбину таким образом, чтобы она максимально эффективно функционировала на требуемом уровне нагрузки.

Таким образом способ обводного парораспределения позволит принимать производителям турбин наиболее эффективные конструкторские решения с учетом требований заказчика относительно планируемых режимов работы. Ожидаемые по окончании проекта научные результаты: - результаты оценки отрицательного эффекта при работе на пониженных режимах газотурбинных установок и паровых турбин ПГУ с существующими системами парораспределения с прикрытыми регулирующими клапанами для обеспечения возможности повышения мощности при снижении частоты по требованиям Системного оператора; - разработанный способ работы ПГУ в условиях первичного регулирования частоты тока в энергосистеме, реализуемый путем установки дополнительного обводного парораспределения на паровой турбине; - показатели термодинамической эффективности применения разработанного способа на примере существующих энергоблоков различной мощности для разных вариантов распределения регулировочного диапазона между паровыми и газовыми турбинами; - результаты исследования влияния обводного парораспределения на ресурс паровых турбин и газотурбинных установок, входящих в состав исследуемых ПГУ, благодаря снижению диапазона их участия в первичном регулировании частоты при участии в нем паровой турбины; - результаты оценки экономического эффекта от дополнения традиционных видов парораспределения обводным с целью участия энергоблоков ПГУ в первичном регулировании частоты тока в ЕЭС на основе использования паровых турбин для энергоблоков различной мощности и разных режимов работы, в зависимости от требований Системного оператора; - результаты поиска наиболее эффективных технических решений и условий использования обводного парораспределения на паровых турбинах ПГУ; - сравнительный анализ разработанного способа с известными методами участия ПГУ в первичном регулировании частоты.

Бюджет: Р 1.2 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122020900247-7

ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ ХЕМОСОРБЕНТ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ

Углекислый газ является одним из основных парниковых газов, способствующих глобальному потеплению, ведущему к изменению климата. Основными антропогенными источниками CO₂ являются электростанции, особенно те, которые вырабатывают энергию за счет сжигания ископаемого топлива. Прогнозируется, что в следующие несколько десятилетий

концентрация диоксида углерода в атмосфере будет продолжать расти, поскольку ископаемое топливо по-прежнему будет доминирующим источником энергии.

Промышленную очистку газовых потоков от углекислого газа обычно осуществляют абсорбционным методом с использованием водных растворов аминов. В качестве альтернативных способов рассматривают адсорбцию при переменном давлении и кальциевый цикл (Calcium looping). Кальциевый цикл основан на способности оксида кальция обратимо поглощать CO₂ в температурном диапазоне 650–950 °C.

Достоинствами данной технологии являются:

- доступность и высокая сорбционная емкость оксида кальция;
- отсутствует необходимость в предварительном охлаждении газовой смеси, как этого требуют два других способа;
- температура карбонизации оксида кальция соответствует температуре выходящих дымовых газов ТЭЦ – главных антропогенных источников CO₂;
- высокая скорость реакции карбонизации оксида кальция позволяет создавать компактные конструкции реактора;
- меньшая энергоемкость и меньшая нагрузка на окружающую среду по сравнению с очисткой аминами.

Однако у оксида кальция есть один серьезный недостаток – он подвержен спеканию, в результате чего его сорбционная емкость уменьшается с увеличением числа циклов карбонизации-декарбонизации. В этой связи становится актуальной разработка высокоэффективных хемосорбентов на основе СаО пролонгированного действия, которые могут найти промышленное применение, в частности для очистки выхлопных газов ТЭЦ.

Одним из возможных путей решения данной задачи является создание композитных наноструктурированных хемосорбентов, в которых реализуется максимальный доступ CO₂ к оксиду кальция, а наночастицы функциональной добавки препятствуют его спеканию. В настоящее время такие композитные хемосорбенты получают осаждением, золь-гель методом, пламенным пиролизом, высокоэнергетическим помолотом, темплатным способом и др. Однако данные методы являются лабораторными и малоприменимы для получения хемосорбентов в промышленных масштабах. Альтернативой им может служить технология электроформования (электроспиннинг), позволяющая получать различные функциональные нановолокна. Отличительными чертами электропрядения от других способов получения нановолокон (волочение, темплатный синтез, фазовое разделение, молекулярная сборка и др.) являются простота реализации, относительная дешевизна, универсальность и вариативность процесса, широкий спектр возможного входного сырья и разнообразие получаемой продукции, воспроизводимость, контроль размеров и морфологии получаемых нановолокон.

Ожидается, что полученный впервые электроформованный композитный хемосорбент углекислого газа на основе оксида кальция будет обладать регулярной макропористой структурой, размером зерен СаО менее 50 нм и сорбционной емкостью не менее 12 ммоль/г. При этом средний диаметр филаментов не будет превышать 200 нм.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Р. ДЕРЖАВИНА»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122021900015-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ CO₂ В СИНТЕТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И ВЫСШИЕ СПИРТЫ

Проект направлен на разработку технологии каталитической конверсии CO₂ в синтетические углеводороды и высшие спирты. В проекте будет разработан комплекс подходов и методов по разработке каталитической конверсии CO₂ в синтетические углеводороды и высшие спирты, что позволит определить новые фундаментальные и прикладные закономерности, позволяющие создать экономически привлекательную технологию получения ценных химических продуктов из углекислого газа с использованием отечественных катализаторов.

Бюджет: Р 0.82 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122040400128-2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

В последнее десятилетие экологические вызовы стали оказывать все большее влияние на мировую энергетическую политику. Политика декарбонизации, как способ противодействия глобальным изменениям климата является важнейшим драйвером глобального энергоперехода. В качестве локомотива выступают возобновляемые источники энергии и водородные технологии. В настоящее время одним из основных способов получения водорода является паровая конверсия метана, в результате которой при получении водорода выделяется эквивалентное количество выбросов CO₂, промышленная переработка которого ограничена и включает в себя многостадийные химические процессы. Промышленное использование CO₂ по отношению к выбросам ничтожно: это производство карбамида (~70 млн т CO₂ в год), неорганических карбонатов и пигментов (~30 Мт CO₂ в год), метанола (~6 Мт CO₂ в год), салициловой кислоты (~20 килотонн CO₂ в год) и пропиленкарбоната (несколько килотонн CO₂ в год) и включает многостадийные химические процессы. Фотосинтезирующие микроорганизмы (бактерии, водоросли) и растения преобразовывают огромное количество, около 100 Гт, углерода в биомассу ежегодно. И этот эффективный и самовоспроизводящийся ресурс в настоящее время не используется для утилизации углекислого газа в промышленных масштабах. В данном проекте предлагаем способ культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов для утилизации углекислого газа. Преимуществом данного проекта также является его экологичность, так как утилизация CO₂ идет за счет процессов

жизнедеятельности фотосинтезирующих микроорганизмов, без дополнительных экологически вредных химических реагентов. Фотосинтезирующие микроорганизмы можно рассматривать как самовоспроизводящиеся машины, которые преобразуют солнечный свет и CO₂ в продукты с добавочной стоимостью (биоудобрения, корма для сельскохозяйственных животных и аквакультур, фармацевтические препараты, пигменты, биологически активные вещества и т.д.). Фотоавтотрофные организмы, способны превращать десятки и сотни гига-тонн углерода в биомассу в год, однако в настоящий момент в России не существует масштабного биотехнологического процесса утилизации углекислого газа с использованием биомассы и не проводятся практические исследования по созданию технологии утилизации CO₂ с использованием биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов. За рубежом это лишь точечные исследования, дошедшие до этапа создания пилотных установок и отличающихся видом исследованных микроорганизмов и конструкциями фотобиореакторов. При утилизации углекислого газа с помощью микроорганизмов в качестве продукта происходит значительный рост биомассы, которая, как показывает опыт, может напрямую использоваться в виде кормов для сельскохозяйственных животных и удобрений, а также позволяет получать большой ассортимент и других продуктов, обладающих добавочной стоимостью (жиры, диетические белки, пищевые добавки, специфические химические продукты, витамины и т.д.). Таким образом, использование фотосинтезирующих микроорганизмов представляет собой перспективный и экологически чистый способ утилизации CO₂, который в качестве продукта позволяет, например, получать дешевые и столь необходимые для сельского хозяйства удобрения и другие продукты с добавочной стоимостью.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122080300094-7

РАЗРАБОТКА И МНОГОУРОВНЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО МИКРОВОЛОКНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА С ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА ЕГО ОСНОВЕ

Проект направлен на разработку и многоуровневую (от нано- до макроуровня) оптимизацию структурированного микроволокнистого катализатора с повышенной теплопроводностью и теоретических основ процесса конверсии газового конденсата (далее – ГК) на его основе. ГК (смесь жидких углеводородов фракции C5+) является традиционным побочным продуктом для газо- и нефтедобывающих компаний в процессе добычи углеводородов, который представляет ценность для производства бензинов, реактивных и дизельных топлив, а также может быть использован для комплексной нефтехимической переработки с получением высокооктановых компонентов, растворителей, ароматических углеводородов, спиртов, различных ингибиторов, а также синтетических во-

локон и пластмасс. Однако транспорт ГК от удаленных месторождений с относительно небольшими объемами добычи к местам переработки нерентабелен из-за высоких капитальных затрат на создание инфраструктуры для подготовки и транспортировки ГК. Это приводит к недостаточному уровню переработки, экологическим проблемам (загрязнение окружающей среды углеводородами, выбросы парниковых газов – CO₂, метан) и снижению объема производства ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью [1]. Такие месторождения по экономическим соображениям не могут быть связаны между собой транспортными трубопроводами, поэтому работой с ГК до недавнего времени занимались по остаточному принципу, и в качестве серьезного ресурса нефтегазовыми компаниями не рассматривался, а встречающийся в залежах с высоким газовым фактором ГК просто сжигается вместе с попутным нефтяным газом (далее – ПНГ), или в отсутствие систем раздельного сбора и транспорта продуктов скважин на установках подготовки смешивался с товарной нефтью. Перспективным вариантом решения этой проблемы является гидрогенолиз компонентов ГК до легких парафинов, в первую очередь метана, который может далее транспортироваться вместе с основным потоком добываемого природного газа (далее – ПГ). Водород для гидрогенолиза при этом может получаться за счет паровой или окислительной конверсии самого ГК. Традиционно в этой сфере используют технологии на основе гранулированных или блочных керамических каталитических систем. Однако такие каталитические системы характеризуются существенным диффузионным торможением каталитических реакций, и низкой теплопроводностью. Последний фактор обуславливает высокую сложность управления тепловыми режимами протекания целевых реакций в силу их высоких тепловых эффектов, приводящей к необходимости использования дорогих и сложных в управлении реакторов и теплообменной обвязки. В итоге, такие технологии имеют низкую или отрицательную рентабельность. Существенный прогресс в этой области может быть достигнут за счет применения катализаторов на основе стекловолоконистых носителей [2–4]. Главным достоинством таких каталитических систем является возможность формирования структурированных картриджей, обладающих уникально высоким соотношением интенсивности массообмена к удельному гидравлическому сопротивлению [5, 6]. Такие катализаторы оригинальны, не имеют зарубежных аналогов и обладают высоким потенциалом как в области импортозамещения в стратегически важных сферах, так и в сфере развития высокотехнологичного экспорта. На сегодня, высоко актуальной научной и практической задачей является преодоление технологического барьера, связанного с разработкой новых каталитических технологий с низкими капитальными затратами для эффективной и глубокой переработки ГК на основе структурированных микроволокнистых катализаторов, в том числе стекловолоконистых катализаторов (далее – СВК) с повышенной теплопроводностью. Высокая теплопроводность каталитических картриджей на основе микроволокнистого катализатора, достигаемая за счет целенаправленного использования металлических структурирующих элементов, позволит существенно упростить процедуру управления тепловыми режимами процессов паровой/окислительной конверсии ГК и его гидрогенолиза, а также существенно упростить и удешевить каталитические реакторы и их теплообменную обвязку, и таким образом снизить их капитальную стоимость до экономически приемлемого уровня. Основным методом синтеза разрабатываемых структурированных микроволокнистых катализаторов является метод вакуумного нанесения и высокодисперсного напыления раствора прекурсора активного компонента катализатора. В качестве

активных компонентов катализаторов будут рассматриваться различные композиции на основе переходных металлов, в первую очередь – никеля (для стадии паровой конверсии и метанирования ГК), а также на основе благородных металлов, в частности, платины (для стадии паровой/кислородной конверсии). Метод позволит нанести частицы активного компонента на поверхность стекловолоконистого материала без вторичного носителя в вакуумной камере, исключая появление примесей, и получить тонкие пленки толщиной ~30 нм с высокой адгезией и однородностью по составу. Метод дает возможность относительно просто варьировать состав пленки активного компонента на поверхности носителя и достаточно точно контролировать толщину, что исключает перерасход материала. При этом также реализуется возможность синтеза активного компонента в виде мелкодисперсных поверхностных частиц, отличающихся высокой удельной каталитической активностью [7–11]. Важным достоинством этого метода также является его безотходность и возможность использования в качестве носителя недорогих и доступных силикатных стеклотканей [12]. В рамках данного проекта предполагается решить три основных задачи: 1. Разработать и оптимизировать принципиально новые конструкции каталитических картриджей, химических реакторов на их основе, в том числе с использованием методов гидродинамического и теплофизического моделирования тепловых и реакционных процессов с помощью программного комплекса мультифизического моделирования ANSYS FLUENT; 2. Провести верификацию результатов гидродинамического и теплофизического моделирования структурированного стекловолоконистого катализатора, конструкции каталитических картриджей и реакторов на их основе, оптимизированных на нано- и микроуровне; 3. Разработать теоретические основы нового процесса конверсии ГК в транспортируемые компоненты ПГ, конструкции каталитических картриджей и реакторов на их основе, оптимизированных на микро- и мезоуровне. В итоге выполнения работ будет получен комплекс научной и технической информации – от фундаментальных знаний в сфере катализа, поверхностной химии и теоретических основ химической технологии до практических рекомендаций по производству катализатора и разработке промышленных технологий конверсии ГК в транспортируемые компоненты ПГ. В работе будут широко задействованы методы и подходы из разных областей наук: катализа, физической химии, механики сплошных и дисперсных сред, гидродинамики, тепло- и массообмена, теплофизики, математического моделирования, инженерных наук, что обеспечивает очевидно мультидисциплинарный характер исследования. Концептуальная новизна подхода базируется на идее многоуровневого структурирования каталитических систем, в которой оптимизация на каждом масштабном уровне (от нанометров до метров) с учетом межмасштабного взаимодействия между этими уровнями, обеспечивает достижение максимально возможного эффекта. Литература: 1. Выбросы метана в нефтегазовой отрасли. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Энергетический бюллетень. Июль 2020. 28 с. 2. Glass-fiber catalysts: Novel oxidation catalysts, catalytic technologies for environmental protection / B.S. Balzhinimaev, E.A. Paukshtis, S.V. Vanag, A.P. Suknev, A.N. Zagoruiko // *Catalysis Today*, 2010, v. 151, pp. 195–199; 3. Структурированный стеклотканый катализатор ИК-12-C111 для глубокого окисления органических соединений. Катализ в промышленности / С.А. Лопатин, П.Г. Цырульников, Ю.С. Котолевич, П.Е. Микенин, Д.А. Писарев, А.Н. Загоруйко // 2015, № 3, с. 67–72; 4. Каталитический процесс дожигания отходящих газов с использованием платинового стекловолоконистого катализатора ИК-12-C102 / А.Н. Загоруйко, С.А. Лопатин, Б.С. Бальжинимаев, Н.Р. Гильмутдинов, Г.Г. Сибгатуллин, В.П.

Погребцов, И.Ф. Назмиева // Катализ в промышленности, 2010, № 2, с. 28–32; 5. Pressure drop and mass transfer in the structured cartridges with fiber-glass catalyst / S. Lopatin, P. Mikenin, D. Pisarev, D. Baranov, S. Zazhigalov, A. Zagoruiko // Chemical Engineering Journal, 2015, v. 282, pp. 58–65; 6. Novel structured catalytic systems - cartridges on the base of fibrous catalysts / A.N.Zagoruiko, S.A.Lopatin, P.E.Mikenin, D.A.Pisarev, S.V.Zazhigalov, D.V.Baranov // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2017, v.122, pp. 460–472; 7. Elyshev A., Larina T., Cherepanova S., Mikenin P., Lopatin S., Zazhigalov S., Pisarev D., Baranov D., Zagoruiko A. Physical and chemical properties of CuCr2O4-based glass fiber catalyst synthesized by surface thermo-synthesis method. In proc. of II Scientific Technological Symposium «Catalytic Hydroprocessing In Oil Refining», Belgrade, Serbia, April 17–23, 2016, pp.113–114; 8. Elyshev A., Larina T., Cherepanova S., Mikenin P., Lopatin S., Zazhigalov S., Pisarev D., Baranov D., Zagoruiko A. Physical and chemical properties of FeOx-based glass fiber catalyst synthesized by surface thermo-synthesis method. In proc. of II Scientific Technological Symposium «Catalytic Hydroprocessing In Oil Refining», Belgrade, Serbia, April 17–23, 2016, pp. 115–116; 9. A.B. Елышев, Д.В. Баранов, С.А. Лопатин, Д.А. Писарев, С.В. Зажигалов, П.Е. Микенин, А.Н. Загоруйко. Состояние активных оксидных компонентов в стекловолоконистых катализаторах со вторичным носителем. В сб. материалов 2-й международной Российско-Казахстанской научно-практической школы-конференции «Химические технологии функциональных материалов», Алматы, Казахстан, 26–27 мая 2016 г., стр. 123–125; 10. S. Zazhigalov, A. Elyshev, S. Lopatin, T. Larina, S. Cherepanova, P. Mikenin, D. Pisarev, D. Baranov, A. Zagoruiko. Copper-chromite glass fiber catalyst and its performance in the test reaction of deep oxidation of toluene in air. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, 2017, 120(1), pp.247–260; 11. P. Mikenin, S.Zazhigalov, A.Elyshev, S.Lopatin, T.Larina, S. Cherepanova, D.Pisarev, D.Baranov, A.Zagoruiko. Iron oxide catalyst at the modified glass fiber support for selective oxidation of H₂S. Catalysis Communications, 2016, v.87, pp. 36–40. 12. Receiving thin films of active component on surface of glass-fiber catalysts by method of reactive magnetron sputtering / Elyshev A.V., Yu Udovichenko S., Bobylev A.N., Matigorov A.V., Zagoruiko A.N. // Journal of Physics: Conference Series. 2019. С. 012013

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122080300121-0

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, ВОДЫ И
АКТИВНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В
РАМКАХ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ГЕНЕРАЦИЕЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

Сокращение выбросов парниковых газов и утилизация углекислого газа являются востребованным направлением исследований в России и мире. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии при содействии Министерства энергетики Российской Федерации в феврале

2022 года был создан технический комитет № 239 по стандартизации «Улавливание, транспортирование и хранение углекислого газа». Основной целью технического комитета станет формирование фонда документов национальной системы стандартизации в области технологий, направленных на сокращение выбросов диоксида углерода. Рациональное решение проблемы снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду подразумевает также эффективное использование углекислого газа в качестве сырья для получения полезных продуктов и экологически чистых энергоносителей (водорода, углеводородов). В частности, перспективным является направление, связанное с производством и использованием экологически чистых энергоносителей путем конверсии диоксида углерода в ценные продукты или синтеза углеводородов на его основе. Проблема массового промышленного внедрения такого рода технологий получения полезных химических веществ заключается в сложности разработки различных модификаций катализаторов, которые смогут обеспечивать как высокую степень конверсии углекислого газа, так и высокую селективность по нужным продуктам реакции при длительном сроке эксплуатации. Кроме того, есть существенная проблема, связанная с наличием стабильного и дешёвого источника водорода для химических процессов. Проект предполагает объединить поиск решений затронутых проблем в рамках обоснования технологического процесса утилизации CO₂ с одновременным получением полезных энергоносителей (водорода и углеводородов) по результатам ранее проведенных специализированных экспериментальных исследований. В ходе проекта планируется провести обширную технико-экономическую оценку разрабатываемой экспериментальной технологии, позволяющей генерировать водород и углеводороды при взаимодействии металлических и металлосодержащих активных поверхностей с водой и растворенным углекислым газом для подтверждения эффективности и экономической привлекательности предлагаемого технологического процесса утилизации углекислого газа. На основе сравнительного исследования мирового опыта методологии финансово-экономического анализа и оценки подобных инвестиционных проектов предполагается получить итоговую стоимость тех или иных этапов технологического процесса разрабатываемого метода утилизации CO₂ с попутной генерацией экологически чистых энергоносителей, а также провести технико-экономический анализ преимуществ разрабатываемого метода по сравнению с известными аналогами физико-химической утилизации CO₂. Получение технико-экономического анализа всех составляющих технологического процесса разрабатываемого метода включает оценку производственных затрат на получение углекислого газа из промышленного источника, оценку производственных затрат и финансовых расходов на каждой стадии реализации потенциальной технологии, итоговую оценку расчёта материального баланса и финансовых затрат на приобретение исходных реагентов и конечной прибыли от получения полезных энергоносителей. Результаты проекта могут также иметь важное значение для достоверной оценки, моделирования и проектирования технологий, направленных на утилизацию и подземное хранение углекислого газа, а также сопутствующих технологий повышения нефтеотдачи с применением CO₂.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122080800017-1

ГИДРИРОВАНИЕ CO₂ В ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ НА НОВЫХ ИНДИЙ-СОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМАХ

В настоящее время одной из серьезных проблем является большое количество выбросов CO₂ в атмосферу. Основными источниками данных выбросов являются электростанции, работающие на угле, автомобили, промышленные фабрики и заводы, животноводческие фермы, количество которых растет год от года, и другие. Интерес научного сообщества к этой проблеме выражается в возросшем количестве работ, посвященных утилизации CO₂. Известно, что в настоящее время CO₂ является весьма дорогим отходом на различных производствах (особенно в странах, где применяются налоги на выбросы углекислого газа), поэтому количество работ, посвященных каталитической конверсии CO₂ растет с каждым годом. Конечными продуктами конверсии CO₂ может быть широкий круг соединений, такие как низшие олефины, метанол, диметилловый эфир и прочие. Несмотря на активный рост исследований по этой тематике их все еще недостаточно, чтобы решить проблему утилизации всего объема выбрасываемого в атмосферу углекислого газа. В свете этих причин и необходимы поиски новых процессов и разработка более эффективных катализаторов каталитической конверсии CO₂. Также развитие методов каталитической конверсии CO₂ в ценные химические соединения вызывает существенный интерес не только из-за экологических причин, но и благодаря вовлечению в производство нетрадиционных источников углеводородов с высоким содержанием CO₂, таких как биогаз, шельфовый газ или природный газ с высоким содержанием CO₂ (например, с Астраханского месторождения). Огромный рыночный спрос на низшие олефины (НО) дает прекрасную возможность исследователям для поиска катализаторов селективного гидрирования CO₂ в эти продукты. Современная химическая промышленность в значительной степени зависит от нефти (паровой крекинг нефти) для производства легких олефинов. Истощение нефтяных запасов или отход от переработки нефти повлечет за собой разрыв между спросом и предложением низших олефинов, что потребует новых стратегий синтеза низших олефинов из альтернативных источников углерода. В этом плане одностадийный процесс превращения CO₂ в НО является перспективным процессом, позволяющий решить вышесказанные проблемы. Таким образом, разработка новых методов каталитической конверсии диоксида углерода в низшие олефины, такие как этилен, пропилен или бутен, является актуальной задачей для современного мира. Целью данного проекта является разработка катализаторов для каталитической конверсии CO₂ в низшие олефины на бифункциональных катализаторах, содержащих оксид индия и цеолитные системы. Научная новизна данного проекта заключается в разработке методик нанесения активного металлического компонента на цеолитные носители. В настоящее время основная масса работ в литературе посвящена механически смешанным системам катализаторов высокотемпературного синтеза метанола и катализаторов для процесса «метанол-в-олефины». В данном проекте будут применяться методики приготовления катализаторов, разработанные в Институте катализа СО РАН, для приготовления бифункциональных систем. При успешном выполнении данного проекта данные катализаторы могут быть использованы для увеличения рентабельности промышленных производств

и снижения выбросов CO₂ в атмосферу. Выполнение задач проекта позволит определить наиболее активный образец из различных металлических катализаторов, нанесенных на цеолитные носители для проведения реакции селективного гидрирования CO₂ в низшие олефины. В конечном итоге будет предложен катализатор процесса гидрирования CO₂ в низшие олефины, и будут разработаны предложения по оптимальным режимам проведения данного процесса для различных потенциальных применений процесса.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122080900033-0

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

В последние десятилетия проблема выбросов парниковых газов, прежде всего CO₂, приобретает все большую актуальность в связи с очевидным потеплением климата и вызываемыми этим процессом негативными явлениями в общепланетном масштабе. Снижение «углеродного следа» позволит нашей экономике, в частности, предприятиям энергетического, металлургического и нефтегазового сектора, достаточно уверенно чувствовать себя в современных международных экологических реалиях. Очень перспективными являются каталитические методы переработки CO₂ в ценные химические продукты. В рамках настоящего проекта планируется проведение исследований по разработке катализаторов для следующих процессов: 1) Гидрирование CO₂ с получением синтез-газа или жидких углеводородов. 2) Углекислотная конверсия метана (сухой риформинг) с получением синтез-газа. 3) Циклоприсоединение CO₂ и эпоксидов/спиртов/аминов с получением циклических/линейных карбонатов. В настоящее время практически все крупные компании энергетического и нефтегазового сектора проявляют активный интерес к технологиям утилизации CO₂. В частности, с компанией СИБУР согласован план НИОКР по этой теме с участием аспирантов ТПУ – работников СИБУР. Весьма перспективными представляются технологии переработки биомассы в биотопливо и другие ценные химические вещества с нулевым углеродным балансом. При этом выбросы CO₂ от сжигания биотоплива и биорганосинтеза равны (и даже ниже) поглощению CO₂ растениями для процесса фотосинтеза. Т.е. нулевой углеродный баланс поддерживается при любом объеме производства. Среди существующих технологий наиболее перспективными представляются каталитические методы переработки биомассы и отходов ее производства в ценные химические вещества. Вышеизложенное обуславливает актуальность настоящего проекта, который представляет собой комплексное междисциплинарное исследование, посвященное как фундаментальным аспектам дизайна и генезиса активной поверхности каталитических систем, так и их практическому применению в таких экологически и экономически важных процессах «безуглеродной экономики», как углекислотная

конверсия метана, циклоприсоединение CO_2 и эпоксидов/спиртов/аминов, селективное жидкофазное окисление/гидрирование кислородсодержащих органических соединений различных классов (например, жирные спирты и др.). Кроме того, будет разработаны матрицы применимости решений по закачке CO_2 в базальты и применения новых технологий при закачке углекислого газа в нефтеносные пласты. Утилизация и захоронение углекислого газа в различные типы пластов применяется в зарубежных проектах как климатическое мероприятие с закачкой, в частности, в базальты, с последующим химическим связыванием, так и в качестве метода увеличения нефтеотдачи. Данные процессы представляют большой интерес и необходимость с точки зрения защиты как окружающей среды, так и финансовых интересов государства и промышленных предприятий. Работы будут проводиться в тесном взаимодействии с научными группами ИШПР и ИШЭ ТПУ. Промышленными партнерами проекта являются ПАО Газпром нефть и ПАО СИБУР-Холдинг. Разработка новых эффективных процессов и катализаторов конверсии CO_2 и биоспиртов в ценные химические вещества с высокой добавленной стоимостью – синтез-газ, циклические (линейные) карбонаты, метанол и др. 1) Разработать эффективные и экологически безопасные (температура, давление, нетоксичные растворители и т.д.) гетерогенно-каталитические процессы конверсии CO_2 и биоспиртов с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью: синтез-газ, циклические (линейные) карбонаты, метанол и др.; 2) Разработать высокоэффективные каталитические системы для процессов: углекислотной конверсии метана (сухого риформинга метана), карбоксилирования эпоксидов и спиртов, жидкофазного окисления/гидрирования продуктов переработки биомасс (биоспирты, альдегиды и т.д.); 3) Подготовить комплект технической документации для создания промышленной каталитической установки процесса конверсии CO_2 в ценные химические продукты. 4) Создать образовательный модуль «Каталитические методы углеродно-нейтральных технологий» 5) Оценка возможности закачки углекислого газа в базальты с целью утилизации и захоронения, 6) Оценка возможности применения новых технологий при закачке углекислого газа в нефтеносные пласты для увеличения нефтеотдачи

Бюджет: Р 27 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122081500077-5

Устойчивая утилизация дымовых газов ФОТОТРОФНО-ГЕТЕРОТРОФНЫМИ МИКРОБНЫМИ КОНСОРЦИУМАМИ В СОЧЕТАНИИ С ПРОИЗВОДСТВОМ БИОЭЛЕКТРИЧЕСТВА И БИОТОПЛИВА

Экологически чистое производство энергии вызывает сегодня большой интерес, поскольку способствует социальному развитию и повышению уровня жизни людей. Темпы роста мирового потребления ископаемых топлив указывают на то, что к концу текущего столетия потребность в энергии должна возрасти в 3–5 раз. Кроме того, ископаемое топливо не обе-

спечивает устойчивого развития, так как оно приводит к увеличению уровня CO_2 и накоплению парниковых газов в окружающей среде. Рост антропогенных выбросов парниковых газов только за последние 40 лет превысил 100 %. При этом более 75 % выбросов парниковых газов исходит от энергетического сектора, от сжигания ископаемого топлива. Средняя концентрация углекислого газа в атмосфере Земли сегодня (410 ppm) на 40 % выше, чем в середине XIX века, при этом с каждым годом она увеличивается в среднем на 2 ppm. В ряде стран мира сегодня вводятся углеродные налоги, в связи с чем многие участники рынка ископаемых топлив вынуждены обращаться к «зеленым» решениям. Проблема утилизации парниковых газов является общемировой, в том числе для России и Индии, где большую долю в топливно-энергетическом балансе занимают традиционные углеводородные топлива. Одним из перспективных решений вышеуказанной проблемы является использование фотосинтезирующих микроорганизмов (микроводорослей и цианобактерий) для утилизации дымовых газов, образующихся при сжигании ископаемых топлив. Использование фотосинтезирующих микроорганизмов для улавливания солнечной энергии, свободно доступного источника энергии, и разработка технологии для удовлетворения глобальных потребностей в энергии может изменить правила игры. Микроводоросли, являясь потенциальным экологически чистым источником биоэлектричества (микроводоросли и микробные топливные элементы - MMFC), и биотопливо могут ликвидировать разрыв между текущим спросом и предложением чистой энергии. Одно из главных преимуществ использования микроводорослей в качестве кандидата на биоэлектричество заключается в том, что во время выращивания в присутствии света им не требуется кислород. Вместо этого поглощается углекислый газ и выделяется кислород. Следовательно, топливный элемент из микроводорослей может быть легко связан с секвестрацией дымовых газов. Однако использование монокультур (микроводорослей и цианобактерий) в процессах утилизации дымовых газов теплоэлектростанций и других промышленных объектов связано с рядом трудностей. Прямая подача дымовых газов в фотобиореактор приводит к подкислению питательной среды и созданию неблагоприятных для роста водорослей условий. Помимо CO_2 , дымовой газ, образующийся в процессе сжигания на промышленных предприятиях, обычно содержит ингибирующие токсичные загрязнители SO_x и NO_x , которые также могут негативно сказываться на росте микроводорослей. Поиск устойчивых штаммов и условий культивирования водорослей в условиях утилизации дымовых газов, образуемых при сжигании органического топлива, является сегодня актуальной научной задачей. С целью обеспечения стабильного роста водорослей в условиях, приближенных к реальным на промышленных объектах, в данном проекте предлагается создание и исследование искусственных симбиотических микробных консорциумов фототрофов и гетеротрофов. Данный тип ассоциации часто встречается в природе (в биопленках, микробных матах, лишайниках и др.) и может успешно выживать при высыхании, нехватке питательных веществ, а также при повышенной солености или экстремальных температурах [5]. Данная способность выживать в экстремальных условиях отчасти объясняется разделением труда и последующим взаимодействием между членами сообщества. Создание искусственных сообществ гетеротрофов и фототрофов для различных биотехнологических приложений является сегодня актуальной научной задачей. Научная новизна проекта связана с созданием нового симбиотического микробного консорциума фототрофов (водорослей) и гетеротрофов (бактерий или дрожжей) для эффективного поглощения CO_2 и других дымовых газов (NO_x , SO_x) и его интеграции с микро-

водородсодержащими микробиальными топливными элементами для производства биоэлектричества и биомассы водорослей. В ходе работы коллекция микроводорослей и гетеротрофных микроорганизмов будет пополнена новыми штаммами, выделенными из озер и прудов Индии. Впервые будет исследована кинетика и эффективность утилизации дымовых газов как с помощью альгологически чистых культур (монокультур), так и с использованием консорциумов микроводорослей с гетеротрофами. Новые результаты мирового уровня будут получены при использовании сточных вод в качестве питательной среды в процессе утилизации водородсодержащими дымовых газов. Впервые биоэлектричество (в микробных топливных элементах из микроводорослей), бионефть и биоуголь (путем гидротермального сжижения и гидротермальной карбонизации, соответственно) будут получены из биомассы, выращенной с использованием дымовых газов. Наконец в проекте будет рассмотрен новый подход к захоронению углерода, полученного в результате утилизации CO_2 , который основан на конверсии выращенной биомассы в инертный биоуголь методом гидротермальной карбонизации и дальнейшем захоронении полученного биоугля (в шахтах, полигонах, почвах, грунтах). Данный проект будет являться продолжением успешного и плодотворного сотрудничества (имеется 17 совместных публикаций в высокорейтинговых изданиях, индексируемых в базах Web of Science Core Collection или Scopus) между коллективами из России и Индии, начатого в рамках гранта РФФИ Инд_а 18-58-45009.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122081900064-1

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ D-МЕТАЛЛОВ И ФЕРРОЦЕНОВЫХ ЛИГАНДОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы создания высокоэффективных гетерогенных электрокатализаторов восстановления углекислого газа на основе металлоценовых систем (мультиферроценовых комплексов и координационных полимеров).

Расширение методов исследования электроактивных металлоценовых систем и возможностей их применения в качестве электрокатализаторов восстановления углекислого газа является важной фундаментальной и практической задачами.

Развитие альтернативных источников энергии с сопутствующим генерированием электроэнергии указывает на электрохимическую переработку как на один из вариантов преобразования CO_2 в полезные продукты, такие как топливо и синтетические органические химические вещества.

В частности, потенциальное использование углекислого газа, т.е. получение из него топлива в так называемых регенеративных топливных элементах открывает интересные перспективы для будущих энергетических систем, основанных на неископаемых источниках энергии. Согласно термодинамике реакции, CO_2 можно преобразовать в различные соединения ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, HCOOH , CO , HCHO , CH_3OH , CH_4) путем электровосстановления при равновесном напряжении полной ячейки (ре-

актора) ниже примерно 2 В при 298 К и атмосферном давлении (примерно 100 кПа (абс); абс = абсолютный).

Однако, как обнаружили многие исследователи, кинетика этих катодных реакций, как правило, не способствует селективности и накоплению продукта в реальных условиях процесса. Это требует поиска более эффективных и селективных систем.

При разработке катализаторов - металлические центры, используемые для активации CO_2 , кислоты Льюиса, склонны восстанавливать протоны, которые являются субстратом для CO_2RR , что приводит к конкурирующей реакции выделения водорода (HER). Точно так же низковалентный металл склонен к окислению атмосферным O_2 (т.е. он может катализировать реакцию восстановления кислорода, ORR), что требует строго анаэробных условий для CO_2RR . Требование условий реакции без O_2 не только нецелесообразно, но также приводит к высвобождению частично восстановленных частиц O_2 , таких как O_2 , H_2O_2 и др., которые являются реакционноспособными и приводят к окислительной деструкции катализатора. Именно поэтому, в рамках проекта предполагается синтез новых сложномолекулярных систем на основе ферроценовых лигандов, устойчивых к окислительной деструкции и при являющиеся селективными катализаторами.

Предварительные экспериментальные тесты систем на основе $\text{Mn}(\text{CO})_5$ с $\text{P}(\text{S}-\text{Fc}-\text{R})_3$ лигандами показывают, что основным продуктом реакции восстановления CO_2 является метан (19,1–22,0 %). Также был обнаружен этан (2,2–3,1 %). Этен, пропан и CO присутствуют в незначительных количествах (суммарно менее 1 %).

Выбор ферроценовых систем также обусловлен их широким использованием для медиаторных электрохимических процессов. Ферроценовые системы активно вовлечены в исследования превращения CO_2 , например, кластеры кобальта на основе аденина и ферроцена показывают успешные превращения углекислого газа в муравьиную кислоту. [10.1021/acs.inorgchem.1c03368].

В металлоценовых системах (мультиферроценовых комплексах и координационных полимерах) металлическими линкерами могут быть ионы переходных металлов, щелочноземельных металлов или лантаноидов. Такие структуры с высокой удельной поверхностью являются перспективными материалами для электродов нового поколения, необходимых при конструировании проточных электролизеров.

Предлагаемые в проекте системы могут быть настроены в соответствии с их окончательными требованиями; например, выбирая конкретные металлофрагменты и контролируя размеры пор. Такие материалы потенциально могут сочетать в себе преимущества как гомогенных, так и гетерогенных катализаторов.

Стандартно, при создании каркасных структур, в качестве активных центров используют строительные блоки, аналогичные существующим известным гомогенным молекулярным катализаторам восстановления диоксида углерода. Этот подход может потенциально привести к синергетическому эффекту, т.е. к созданию материалов с каталитической активностью больше, чем сумма таких свойств у отдельных молекулярных частей.

В результате проделанной работы будет разработана фундаментальная основа, позволяющая рационально подходить к выбору материалов электродов, а также других электрохимических параметров для осуществления селективных реакций электровосстановления диоксида углерода с минимальными энергозатратами.

Предварительные тесты показывают, что основными про-

дуктами реакции при восстановлении углекислого газа с использованием комплексов марганца с P(S-Fc-R)3 лигандами, являются алканы (Метан и Этан). Таким образом, проект имеет фундаментальные и прикладные аспекты исследования.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122090900080-3

РАЗРАБОТКА НЕПРЕРЫВНОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ КАРБОНАТОВ ИЗ ЭПОКСИДОВ И CO₂

Целью НИОКР является разработка технологии получения циклических карбонатов, в частности, этилен- и пропиленкарбоната, с применением моделей промышленных сырьевых потоков этиленоксида, пропиленоксида и углекислого газа, разработка оптимального по цене и эффективности катализатора, позволяющего получать продукты с высоким выходом и чистотой не менее 97 %, разработка принципиальной технологической схемы установки непрерывного действия для получения названных циклических карбонатов в пилотном масштабе для апробации метода на площадке заказчика, рекомендаций для подготовки исходных данных для проектирования опытной установки и выполнение технико-экономической оценки.

Бюджет: Р 8.45 млн

Исполнитель: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТ-НЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТ-НЕФТЬ» ИМЕНИ В.Д. ШАШИНА

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122092900006-7

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ CO₂ В УГЛЕВОДОРОДЫ И ОКСИГЕНАТЫ

Разработка эффективных катализаторов утилизации CO₂ путем его химической переработки в углеводороды и оксигенаты с целью создания технологии связывания диоксида углерода в ценные химические продукты и топливо. Для перехода к низкоуглеродной экономике и повышения рентабельности переработки CO₂ необходима разработка новых высокоэффективных бифункциональных каталитических систем для превращения диоксида углерода в ценные продукты в одну стадию. Традиционно такой процесс реализуется через стадию первоначального поручения СО из диоксида углерода по обратной реакции водяного газа и дальнейшее превращения полученного соединения в углеводороды или оксигенаты. Альтернативой являются бифункциональные системы на основе различных активных металлов, которые позволяют реализовать оба процесса в одном реакторе. В работе предлагается разработка метода создания наиболее эффективных бифунк-

циональных систем, позволяющих осуществлять конверсию CO₂ в целевые продукты в одну стадию, а также скрининг их каталитической активности и подбор наиболее эффективных методов контроля физико-химических свойств разрабатываемых контактов.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ЦЕНТР НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ОМСКИЙ ФИЛИАЛ)

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.11 Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа

НИОКТР № 122111500019-9

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ПРОДУКТА (МЕТАНОЛА) ИЗ CO₂

Основной целью исследования является разработка новых наукоемких технологий, основанных на использовании синтеза разнообразных наноматериалов, гибридных материалов (адсорбентов и катализаторов), СВЧ-активации широкого круга процессов с участием CO₂, а также осуществлении каталитических процессов конверсии CO₂ в сверхкритических условиях. Нетрадиционные методы синтеза и активации катализаторов будут применены для повышения эффективности широкого круга процессов, включая гидрирование CO₂, гидрирование-дегидрирование полициклических соединений, окислительное дегидрирование алканов под действием CO₂, конверсия CO₂ с спиртов, олефинов, производных карбоновых кислот.

Бюджет: Р 5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122011400174-9

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ, АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА И МУЛЬТИСЛОЙНЫХ СТРУКТУР НА ЕГО ОСНОВЕ

На сегодняшний день потенциальный интерес к синтетическому алмазу существует практически во всех областях науки и техники, начиная от обработки и добычи материалов, изготовления теплоотводов и оптических окон, и заканчивая созданием гетероструктур вида «полупроводник на алмазе»,

элементов СВЧ и силовой электроники, акустоэлектроники, сенсорной техники (датчики ионизирующих излучений, электрохимические и биологические детекторы) и пр.

Настоящий отчет содержит результаты следующих работ, запланированных на 2021 год выполнения государственного задания ФГБНУ ТИСНУМ: Исследования процессов генерации и отжига радиационных дефектов в объеме алмаза под действием ионизирующего излучения, включающие в себя:

- набор разного уровня радиационного повреждения в алмазе с дефектно-примесным составом под действием пучка ускоренных электронов;

- исследование структуры и концентрации радиационных дефектов методами спектроскопии поглощения в ИК, видимом и УФ диапазоне, а также фотoluminesцентной спектроскопии;

- исследование электрофизических свойств алмаза с разным содержанием радиационных дефектов.

Бюджет: Р 15.64 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ И НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122051900043-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА n-GaN/p-NiO ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ

Нитрид галлия (GaN) является перспективным материалом для создания полупроводниковых устройств следующего поколения.

Пристальное внимание к данному материалу обусловлено уникальной совокупностью его физических свойств, таких как: широкая и прямая запрещенная зона, высокие значения напряжения пробоя и подвижности, хорошая теплопроводность и химическая инертность. GaN уже зарекомендовал себя как прекрасный материал для светоизлучающих и лазерных диодов, фотодетекторов и устройств высокочастотной и силовой электроники.

Оптоэлектронные преобразователи на основе GaN считаются идеальными кандидатами для стабильных и эффективных фотодетекторов (ФД) ультрафиолетового (УФ) спектра излучения (длина волны $\lambda < 365$ нм). Такие ФД находят применение в системах противоракетной обороны, обнаружения пламени, мониторинга УФ-излучения, химического и биологического анализа, безопасной оптической связи, мониторинга окружающей среды и астрономических исследованиях.

В рамках реализации проекта планируется разработка и исследование оптических и электрических параметров диодной структур на основе гетероперехода n-GaN/p-NiO.

Данное исследование будет включать: оптимизацию технологии получения высококачественных эпитаксиальных слоев GaN на сапфировых подложках; оптимизацию технологии получения высококачественных пленок p-NiO; исследование свойств гетероперехода n-GaN/p-NiO.

По результатам выполнения проекта будет разработана конструкция и технология изготовления УФ ФД.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ж.И. АЛФЕРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122062800024-5

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ ОКСИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИБОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Существует также острая потребность в новых полупроводниковых устройствах силовой электроники, способных работать в диапазоне до нескольких киловольт в таких передовых системах, как распределенные энергетические сети, электромобили, высокоскоростные поезда и промышленная автоматизация.

Кремниевая электроника практически исчерпала возможности дальнейшего роста. Поэтому активно ведется поиск новых и более эффективных полупроводниковых материалов, на основе которых можно превзойти обычные приборы. x большой интерес привлекает оксид галлия Ga_2O_3 , — сверхширокозонный полупроводник (4.8–5.3 эВ), который обладает целым рядом свойств, потенциально позволяющих обеспечить значительный прорыв в области силовой электроники, создания нечувствительных к солнечному свету детекторов ультрафиолетового излучения и т.д.

Одним из основных методов модификации свойств (селективное легирование, обработка поверхности и т.д.) полупроводниковых материалов является ионная имплантация. Использование этого метода весьма привлекательно и при создании электронных приборов на базе оксида галлия. Однако ионная бомбардировка всегда сопровождается образованием устойчивых структурных нарушений. Этот процесс для Ga_2O_3 практически не изучен.

Получение сведений о закономерностях образования и поведения нарушений структуры при ионном облучении, их влияния на процессы переноса заряда в двух наиболее перспективных политипах Ga_2O_3 (альфа и бета), и составляет один из предметов настоящего проекта. Будет выполнен цикл исследований по установлению закономерностей радиационно-индуцированных явлений в оксиде галлия в широком диапазоне условий ионного внедрения. результаты подобных исследований позволят выявить физическую природу образования радиационных нарушений.

Облучение будет производиться как атомарными, так и молекулярными ионами.

Исследования должны привести к формированию физической картины накопления нарушений, выяснению закономерностей поведения в нем структурных нарушений, объяснение физики процессов, сопровождающих торможение ионов и, как следствие, выработку рекомендаций для практических приложений. Кроме того, из результатов предполагаемых

исследований будут получены сравнительные данные о радиационной стойкости разных полупроводниковых оксидов галлия, что весьма актуально для создания приборов способных работать в условиях повышенной радиации.

Вторая цель данного проекта направлена на практическую реализацию фундаментальных знаний. На основе полученных данных будут созданы модельные структуры силовых приборов и исследованы возможности использования ионно-лучевой технологии для создания приборов силовой электроники на основе оксида галлия.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122080200086-3

РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МОДУЛЕЙ

Целью заявляемого научного проекта является разработка фундаментальных основ и научно обоснованных технических решений, направленных на разработку новых энергоэффективных методов управления высоковольтными силовыми преобразователями в условиях низкой частоты переключений полупроводниковых модулей. Научная проблематика заявляемого проекта вытекает из фундаментальной проблемы силовой электроники, которая связана с возникновением электрических потерь при преобразовании электрической энергии полупроводниковыми преобразователями, а также с ухудшением показателей качества преобразованной мощности.

Актуальность проекта связана с недостаточным развитием энергоэффективных технологий управления высоковольтными силовыми полупроводниковыми преобразователями при низких частотах переключений полупроводниковых модулей. Исследования в данной области положительно отразятся на научном уровне фундаментальных и прикладных исследований, направленных, прежде всего, на проектирование, повышение энергоэффективности ветроэнергетических комплексов, солнечных электростанций, промышленных электроприводов.

Актуальность проводимого исследования также связана с повсеместным распространением мощных высоковольтных полупроводниковых преобразователей в составе энергосберегающих электроприводов переменного тока и возобновляемых систем генерирования электрической энергии. Они являются примером использования последних научно-технических достижений в области электротехники и электроники, обладающих рядом существенных преимуществ, с точки зрения эффективности преобразования и потребления электрической энергии.

Научная новизна проекта заключается в разработке нового энергоэффективного метода управления высоковольтными силовыми преобразователями на основе предварительно запрограммированных широтно-импульсно модулируемых

последовательностей переключений полупроводниковых модулей, позволяющего обеспечить заранее заданный спектр сигналов в условиях ограниченной частоты переключений ключей.

Бюджет: Р 2.8 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122080900031-6

ПРИОРИТЕТНЫЕ ОЦЕНКИ И СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КИПЕНИЯ НЕДОГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ С НАНОЧАСТИЦАМИ В БОЛЬШОМ ОБЪЕМЕ НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ

Кипение жидкости – один из эффективных и широко применяемых способов отвода теплоты от нагретых поверхностей. Несмотря на многочисленные работы в этой области, появляются новые данные, дополняющие или подтверждающие основные результаты, полученные преимущественно еще в прошлом веке. Анализ осложняется отсутствием достоверной математической модели, которая позволила бы корректно оценить теплообмен при кипении. Часть современных исследований связана с задачами интенсификации теплообмена при кипении. Актуальность данного вопроса обусловлена: 1) необходимостью уменьшения габаритов теплообменников, как компактных (тепловые трубки, теплообменные устройства в электронике), так и промышленных (тепловые насосы, теплообменные аппараты); 2) увеличением критических тепловых потоков; 3) необходимостью отвода тепловых потоков, имеющих экстремально высокую плотность (более 1 МВт/м² при охлаждении силовой электроники, микроэлектроники, термоядерных установок и т.д.); 4) особыми условиями кипения (отсутствие достаточного количества центров парообразования, использование специальных жидкостей и поверхностей, и т.д.). Исследование кипения методом градиентной теплотметрии позволит сопоставить кипение в чистой воде и наножидкости. По значениям местной ПТП при кипении в наножидкости с различными массовыми концентрациями наночастиц разного состава можно определить концентрации, при которых будет наблюдаться максимум критической ПТП при соответствующем начальном температурном напоре. Изучение влияния нанопорошка на величину теплосъема при определенных температурных режимах и концентрациях позволит дополнить и уточнить имеющиеся данные. Исследования позволят управлять теплообменом при кипении благодаря чему удастся снизить температурный напор в начале кипения, увеличить критические тепловые потоки и интенсифицировать теплообмен. Для решения этой проблемы в 2007–2020 гг. заявитель создал и апробировал в лабораторном и промышленном эксперименте гетерогенные градиентные датчики теплового потока (ГГДТП), и на их основе создал новый метод градиентной теплотметрии, который позволяет напрямую измерить местную плотность теплового потока. Задачей работы является определение эффективности использования наножидкостей на основе оксида алюминия (Al₂O₃), диоксида кремния (SiO₂) и оксида титана (TiO₂) в качестве механизма интенсификации теплообмена при кипении в недогретой воде в большом объеме. Будут определены местные значения ПТП

на поверхности предварительно разогретого шара, когда на нем происходит кипение жидкости в пленочном, переходном и пузырьковом режимах. Основная задача проекта – получить значения критических ПТП для массовых концентраций нанопорошка в воде в диапазоне 0,32–4 % при температурных напорах 350–500 К. На основе полученных результатов определить оптимальную для каждого температурного режима концентрацию наночастиц и выявить нанопорошок наиболее подходящий для интенсификации теплообмена при кипении в недогретой воде. По итогам проекта будет собрана обширная экспериментальная база. Научная новизна проекта определяется прямым измерением плотности теплового потока методом градиентной теплотометрии. Прогнозируемые результаты исследования необходимы для уточнения и переработки методик расчета теплообменного оборудования, использующего в качестве теплоносителя кипящую жидкость.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122092100047-8

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ БЛОКОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ (БСЭ) ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РСУ. ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА И РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК БСЭ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИМПЕЛЛЕРА

Работа посвящена разработке подходов к математическому моделированию блоков силовой электроники электроприводов распределённых силовых установок. Работа заключается в проведении исследований, направленных на формирование системы контроля электропривода импеллера на основе современных тенденций в области силовой электроники и управления электродвигателями, а также в разработке методов математического моделирования отдельных компонентов и системы управления в целом с целью повышения эффективности работы силовой установки в двигательном и рекуперативном режимах.

Бюджет: Р 9.9 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМЕНИ П.И. БАРАНОВА»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122102400003-7

ГИБРИДНЫЕ sp^3 - sp^2 УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА

Постоянное увеличение степени интеграции электронных элементов на чипе и рост энергопотребления в промышлен-

ных и бытовых электронных приборах остро ставят проблему низких эксплуатационных характеристик кремния в экстремальных внешних условиях. Поэтому фундаментальными проблемами современного материаловедения являются поиск полупроводников, имеющих устойчивые физико-химические свойства и стабильность интерфейса контакта металл-полупроводник под воздействием высоких температур, электромагнитных полей и ионизационных излучений. Данный проект ставит своей целью создание и исследование новых энергоэффективных материалов на основе избирательно графитизированных алмазных структур для приложений интегральной и силовой электроники. Идея проекта возникла из слияния трех основных концепций. Первая – это возможности уменьшения межфазного теплового и электрического сопротивления полупроводник-металл при наличии ковалентной связи между ними. Данный подход позволяет уменьшить пассивную рассеиваемую мощность. Вторым важным моментом являются функциональные свойства алмаза, являющегося широкозонным радиационноустойчивым полупроводником с рекордной теплопроводностью. И последнее – это небольшое различие в соразмерности решеток алмаза и графена, что, вероятно, должно способствовать эпитаксии слоев при образовании гибридного sp^3 - sp^2 углеродного материала. Таким образом, ожидается, что исследуемые материалы будут характеризоваться низким контактным сопротивлением, иметь высокие теплоотводящие характеристики и высокое значение напряжения пробоя, обладать хорошей адгезией материалов. Программа исследований состоит из трех этапов, каждый из которых фокусируется на одном из трех способов создания гибридных материалов, состоящих из ковалентно-связанных sp^3 и sp^2 -компонентов, и исследовании его строения и свойств. В первый год проекта будет исследован механизм графитизации алмаза при термическом нагревании в вакууме. В течение второго года проекта планируется провести исследование возможности создания sp^3 - sp^2 структур при воздействии на алмаз сфокусированного лазерного излучения. Кроме графитизации поверхности исходных алмазных структур (полукристаллические алмазные пленки и монокристаллы алмаза) также будут изучены процессы, протекающие при нагревании sp^3 -компонент с нанесенными тонкими слоями металлов. В заключении мы рассмотрим возможность получения гибридного sp^2 - sp^3 углеродного материала при плазменном травлении углеродных нанотрубок (УНТ). Морфология, текстурные характеристики, функциональный состав полученных материалов будут исследованы набором современных физико-химических методов. В том числе, методами электронной и атомно-силовой микроскопии (РЭМ, ПЭМ, АСМ), оптической спектроскопии, поверхностночувствительной рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), рентгеновской эмиссионной спектроскопии (РЭС), спектроскопии ближней тонкой структуры рентгеновского поглощения (NEXAFS) с угловым разрешением и методами квантовой химии. Будут проведены *in situ* рентгеноспектральные исследования трансформации алмазной поверхности. В результате комплексной диагностики материалов будет получена информация о соотношении sp^2 и sp^3 компонент на разной глубине, ориентация графеновых слоев, наличие оборванных связей на краях графеновых частиц и на поверхности алмаза в зоне интерфейса. Будут проведены исследования транспортных свойств гибридных материалов в том числе при облучении ультрафиолетовым светом и фотонами рентгеновского излучения. Будут исследованы теплофизические свойства интерфейса между sp^3 и sp^2 -компонентами. Будут исследованы автоэмиссионные характеристики материалов. Для большинства указанных материалов ранее не исследовались теплофизические и электрофизические свойства. Таким образом, предлагаемый

к реализации проект направлен на комплексное решение целого спектра задач, сопряженных с синтезом, исследованием строения и физических свойств новых гибридных углерод-углеродных материалов для различных областей электроники.

Бюджет: Р 18 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122110100114-8

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ШИРОКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ (4H-SiC, GaN, Ga₂O₃)

Исследование свойств широкозонных материалов является одним из наиболее динамично развивающихся направлений физики полупроводников. Как правило, к широкозонным полупроводникам (ШП) относят материалы с величиной запрещенной зоны (E_g) > (2,5 – 3.0) эВ. По сравнению с классическими полупроводниковыми материалами – Si и GaAs, ШП позволяют создавать на их основе радиационно стойкие приборы, работающие при существенно более высоких температурах. Также прямозонные ШП позволяют формировать светоизлучающие приборы и фотоприемники в синем, фиолетовом и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Большая величина E_g обуславливает большое значение критического поля пробоя для данного полупроводника. Как следствие, ШП перспективны для создания приборов силовой электроники. В случае материалов III-N возможность создавать гетеропереходы в системе AlGaIn/GaN позволяет создавать мощные транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT) для применения в СВЧ технике. Приборы на основе ШП могут быть использованы для повышения надежности работы атомных электростанций, уже проектируемых термоядерных энергетических установок и устройств космической техники, требующих использования радиационно-стойкой полупроводниковой электроники, т.е. полупроводниковых материалов и приборов, сохраняющих исходные свойства и (или) меняющих их в допустимых пределах при облучении различными типами излучений: протонами, электронами, нейтронами, α -, γ - и тяжелыми высокоэнергетическими частицами. Несмотря на ряд проведенных исследований, остается еще много неразрешенных вопросов в определении радиационной стойкости ШП полупроводников и в установлении возможных путей ее повышения. Как отмечалось выше, ШП имеют потенциально более высокие предельные рабочие температуры, чем кремний и арсенид галлия. Таким образом, представляется важным провести исследование одновременного воздействия облучения и высоких температур, т.е. исследовать температурную зависимость скорости удаления носителей, характер и свойства вводимых дефектов в зависимости от температуры облучения, а также оценить влияние вводимых при высокотемпературном облучении дефектов на свойства высоковольтных и оптоэлектронных приборов. Ранее нами было показано, что увеличение температуры облучения электронами до 200–300 °C приводит к уменьшению скорости удаления носителей в SiC примерно на порядок. Для GaN и Ga₂O₃ таких исследований, насколько нам известно, проведено не было. Для этих материалов, как

и для SiC важно определить характер процессов при облучении образцов высокоэнергетическими частицами, в том числе и при повышенных температурах облучения. Установить, что служит стоками образующихся радиационных дефектов, и как эффективность этих стоков зависит от исходного структурного совершенства материала и введенных примесей. В ходе предлагаемого проекта планируется провести сравнительное исследование образцов ШП методами релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ или DLTS – Deep Level Transient Spectroscopy), электронного парамагнитного резонанса (ЭПР – EPR)), фотолюминесценции (ФЛ), рентгеновской спектроскопии (X-ray), катодолюминесценции (КЛ) и комбинационного рассеяния света (КРС) после облучения электронами (0,9 МэВ), протонами (15 и 2 МэВ) и тяжелыми ионами Ar (53 МэВ) как при комнатной температуре, так и при повышенных температурах. Следует отметить, что участники проекта разработали и создали уникальную систему, позволяющую проводить облучение протонами и электронами при температурах до 5000C. Исследование процессов одновременного воздействия на материал облучения и повышенных температур является очень важной задачей в физике широкозонных полупроводников, одним из преимуществ которых являются высокие рабочие температуры. Как уже было показано участниками настоящего проекта, радиационная деградация SiC приборов значительно снижается в случае облучения при повышенных температурах. Этот результат имеет большое практическое значение при разработке радиационноустойчивых систем. В ходе выполнения настоящего проекта планируется проверить данный результат и для других широкозонных материалов – GaN и Ga₂O₃. Другой уникальной чертой предлагаемого проекта является возможность анализа корреляций экспериментальных данных, полученных взаимодополняющими методами. А именно, корреляция данных спектроскопии ЭПР с данными DLTS позволит установить как микроскопическую модель создаваемых радиационных дефектов, их спиновое, а значит и зарядовое состояние дефектов, зависимость их концентрации от дозы и температуры облучения, так и глубину залегания энергетического уровня дефектов в запрещенной зоне, степень их влияния на электрофизические параметры кристалла. В качестве одного из методов диагностики исследуемых объектов будет применяться спектроскопия КРС. Этот метод относится к одному из главных источников информации о динамике кристаллической решетки. В то же время природа процесса комбинационного рассеяния света такова, что в процесс вовлекается как движение электронов, так и колебания кристаллической решетки. Этот метод позволяет: определять политип SiC, определять состав твердых растворов, проводить оценку концентрации и подвижности носителей заряда, получать информацию о микроструктуре дефектов решетки. Последующие исследования облученных образцов методом ФЛ позволят установить корреляцию между структурными параметрами изучаемых объектов и процессами излучательной и безызлучательной рекомбинации, определяющими квантовую эффективность излучения, что является основой для использования кристаллических матриц и гетероструктур в приборах оптоэлектроники. Стоит отметить уникальную особенность ФЛ – возможность реализации возбуждения люминесценции, как с участием уровней внутри запрещенной зоны, так и переходов зона-зона, зона-примесь (дефект) за счёт изменения энергии возбуждения (в нашем случае – вплоть до 5.8 эВ (213 нм). Последнее крайне важно при исследовании таких широкозонных матриц как Ga₂O₃ (E_g ~4.9 эВ) и GaN (E_g ~3.5 эВ). Важно отметить, что оптические исследования электронных и фононных спектров будут вестись методами микро-ФЛ и микро-КРС из одной и той же точки образца с высоким пространственным разрешением, что на-

много повышает достоверность интерпретации полученных результатов. Планируется исследовать структуры, полученные различными технологическими методами, чтобы надежно определить возможное влияние примесного фона в исходных образцах на результаты измерений. Полученные результаты позволят сделать практические выводы о возможности повышения радиационной стойкости новых ШП для создания приборов высокотемпературной электроники.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122120100070-6

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ АЛМАЗНЫХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОДЛОЖЕК С ЛОКАЛЬНЫМИ АЛМАЗНЫМИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБЛАСТЯМИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СВЧ ЭКБ И РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ.

Алмаз является непревзойденным материалом по своим электрофизическим и тепловым свойствам, это позволит создать СВЧ диоды повышенной мощности, работающие при высоких температурах выше 300 °С и высоких уровнях радиации. В нашей стране и за рубежом периодически проводились работы по применению алмаза при изготовлении СВЧ диодов.

Однако работы из-за отсутствия качественных, воспроизводимых по примесям и свойствам алмазных материалов и сложных технологий обработки алмазных материалов не позволяли получать стабильные воспроизводимые результаты.

В настоящее время за рубежом ведутся работы по исследованиям применимости алмаза в качестве материал СВЧ электроники, однако данные исследования несут, в основном, теоретический и поисковый характер.

Выпускаемые в промышленности аналоги - не известны. Предлагаемая к исследованию и разработке лабораторная технология позволит обеспечить задел для создания СВЧ-диодов с использованием алмаза с улучшенными характеристиками.

Анализ тенденций развития электронной техники двойного назначения за рубежом свидетельствует о начале формирования предпосылок для научно-технического прорыва в области создания сверхвысокочастотной, силовой электроники и оптоэлектроники на основе нового класса полупроводниковых материалов - монокристаллического алмаза.

Алмаз является материалом с уникальным набором электрофизических, тепловых и механических свойств, которые позволят создавать полупроводниковые приборы, превосходящие по своим характеристикам (мощностным, стойкости к теплу и радиации) приборы, созданные на основе других полупроводников.

На данный момент не существует промышленной или лабораторной технологии получения алмазных монокри-

сталлических подложек большого диаметра. Наиболее перспективной подложкой для алмазных приборов является комбинированная алмазная подложка диаметром более 50 мм, состоящая из CVD-поликристаллического алмаза и более 10 периодически внедренных областей из монокристаллического алмаза.

Разработка технологии создания пластин с монокристаллическими областями алмаза предвстает собой сложную научно-техническую и технологическую задачу, решение которой связано с поиском новых принципов конструктивных и технологических решений.

Работа актуальна для создания новой перспективно элементной базы мощных радиационно-стойких полупроводниковых приборов и радиоэлектронной аппаратуры специального назначения, включая системы двойного назначения.

Использование алмазных материалов может обеспечить создание новых и усовершенствованных микро- и опто- электронных изделий (детекторы космической радиации, сенсоры ионизирующих излучений, УФ-фотоприемники и фотоприемные матричные устройства солнечно-слепого типа) с использованием алмаза с улучшенными электрофизическими и функциональными характеристиками.

Тема исследований сформулирована на основе следующих предложений предприятий реального сектора экономики:

1) АО «НПП Исток» (г. Фрязино), который заинтересован в получении: алмазных пластин диаметром не менее 50 мм с заданными электро-физическими характеристиками (тема №144) для изготовления р-и-п диодов СВЧ диапазона; комбинированных алмазных подложек диаметром более 50 мм, состоящих из CVD-поликристаллического алмаза и более 10 периодически внедренных областей из монокристаллического алмаза (тема №147). Номера тем взяты из предоставленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации перечня требований реального сектора экономики к результатам поисковых исследований в области электроники, проводимых научными и образовательными организациями высшего образования.

2) НПК «Алмаз» (г. Сестрорецк); ПТЦ «УралАлмазИнвест» (г. Москва) и АО ЦНИТИ «Техномаш» (г. Москва), которые заинтересованы в получении: полупроводниковых приборных структур на основе алмаза для опто- и микроэлектроники, вкл. экспериментальные образцы изделий на основе алмаза для УФ-оптоэлектроники; лабораторные технологии интегральных детекторных структур для радиационно-стойкой РЭА. Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость): результаты востребованы в электронной промышленности, в приборостроении для ракетно-космической промышленности, для обеспечения создания новой ЭКБ. В качестве подтверждения потенциала практического применения и планируемых результатов в части полупроводниковых приборных структур на основе алмаза для опто- микроэлектроники (вкл. экспериментальные образцы изделий на основе алмаза для УФ-оптоэлектроники. Лабораторные технологии интегральных детекторных структур для радиационно-стойкой РЭА)

Бюджет: Р 51.88 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122120600036-7

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ В ЦИФРОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

На сегодняшний день для распределительных электрических сетей класса 0,4 кВ, обеспечивающих электроснабжение всех бытовых потребителей и значительную долю предприятий различных отраслей хозяйства и промышленности, актуальной является проблема: несоответствие показателей качества электроэнергии нормированным значениям, определяемым ГОСТ 32144-2013. В первую очередь несоответствие регистрируется по параметрам установившегося отклонения напряжения и коэффициентам несимметрии напряжений в трехфазных электрических сетях. Масштаб отмеченных проблем на сегодняшний день значителен, что подтверждается официальными документами электросетевых компаний (в частности, ПАО «Россети», АО ОЭК» и др.). Эффективным решением данной проблемы является комплексное внедрение в энергетические системы специализированных устройств силовой электроники и преобразовательной техники, в том числе полупроводниковых стабилизаторов напряжения, осуществляющих быстродействующее регулирование переменного напряжения в электрических сетях. Современные сложные взаимосвязанные электросетевые комплексы, направленные на развитие функций цифровизации, предъявляют ряд требований к устройствам, функционирующим в их составе. К основным из показателей относятся: показатели надежности, быстродействия, ресурс работы, локализация производства и используемая компонентная база, степень интеграции в цифровые механизмы управления сетей, стоимость владения и т.д. В связи с этим требуемый спектр функциональных возможностей устройств должен включать: автоматическую быстродействующую стабилизацию напряжения и симметрирование напряжений фаз в сети; работу в широких пределах изменения напряжений сети; защиту от аварийных режимов работы; поддержку телеметрии и телеуправления, обмен данными с диспетчерскими пунктами центров управления сетями (ДП ЦУС), формирование статистических отчетов и т.д. В настоящее время на отечественном рынке регуляторов-стабилизаторов напряжения не представлено устройств, в полной мере отвечающих вышеперечисленным требованиям. По этой причине оснащение сетей подобными средствами автоматизации управления режимами работы затруднено. Реализация проекта позволит создать полностью отечественные стабилизаторы переменного напряжения с целью удовлетворения потребности в данной продукции отечественных электросетевых компаний. Основные преимущества, обеспечиваемые инновационной технологией построения разрабатываемых полупроводниковых устройств стабилизации напряжения: - Повышенное быстродействие регулирования напряжения на нагрузке – менее одного периода сети, 20 мс; - Защита от токов КЗ, от тепловой перегрузки, от грозовых перенапряжений; - Диапазон регулирования напряжения на нагрузке +40 % от номинального; - Отсутствие ограничений по числу переключений в час вследствие использования полупроводниковых ключей; - Импортонезависимость вследствие использования компонентной базы, произведенной на территории России; - Мониторинг режимов работы сетей в месте установки; - Отсутствие искажений синусоидальных токов и

напряжений сети; - Высокая надежность и увеличенный временной интервал между моментами планового технического обслуживания.

Бюджет: Р 30 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.13 Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем

НИОКТР № 122121500006-8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В МИНИКАНАЛЕ.

Глобальной целью проекта является поиск новых методов повышения энергоэффективности технологий, в том числе новых методов существенной интенсификации передачи тепла. Данная проблема остро стоит при создании высокоэффективных мини- и микросистем, что обусловлено высокими темпами развития электроники и микроэлектроники, а также глобальной миниатюризацией устройств в различных областях техники. Важной задачей является уменьшение размеров теплообменных аппаратов. Для отвода тепла в проекте используется течение жидкости в миниканале (высотой порядка 1 мм). Данная система теплоотвода на таком принципе позволяет использовать является перспективной для целого ряда практических приложений (чипы для производства микроэлектроники, микроэлектроника, светодиодная техника, лаборатории в чипах, силовая электроника). В продолжении проекта предлагается выяснить влияние высоты канала и размера микроструктур на критический тепловой поток при разных расходах жидкости и газа в мини- и микроканале. Будут проведены эксперименты в микроканале высотой 300-500 мкм и проведено сравнение с уже имеющимися результатами для миниканалов для плёночного течения жидкости под действием потока газа. В рамках данного проекта планируется также сравнить эффективность теплоотвода при разных способах охлаждения: при кипении во время течения жидкости в микроканале и при движении плёнки жидкости, в микроканале под действием потока газа. Исследования будут выполнены на гладком нагревателе и с микроструктурами разной высоты. Планируется сделать сравнительный анализ критического теплового потока в зависимости от наличия микроструктур и высоты канала. Для изготовления микроструктурированных поверхностей планируется использовать аддитивные технологии (в сотрудничестве с компанией ООО «ЛОГИКС», г. Новосибирск). Данная технология открывает новые возможности в техническом плане и имеет ряд преимуществ перед традиционными методами обработки поверхностей (фрезеровка, точение, плавление в формах и др.).

Бюджет: Р 1.5 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.2 Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122091900092-3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА С НАКАТЫВАНИЕМ ТОПЛИВА НА ГРАНУЛЫ ШИХТЫ

Эффективность использования твердого топлива при агломерации, определяемая полнотой его сгорания, зависит от реакционной способности, технического и фракционного состава топлива, а также его распределения в спекаемом слое, как по высоте, так и в структуре зерен окомкованной шихты. Поэтому агломерационное производство развивается как по пути совершенствования технологии подготовки твердого топлива к спеканию с целью оптимизации его фракционного состава, так и по пути рационального распределения частиц топлива по гранулам окомкованной шихты. Последнее направление является более перспективным с точки зрения максимально полного использования имеющихся источников коксовой мелочи, образующийся в процессе производства и подготовки кокса к доменной плавке. В связи с этим целью настоящей работы является исследование влияния накатывания коксика на гранулы окомкованной шихты на показатели процесса спекания и качество агломерата в шихтовых условиях ПАО «НЛМК». Для решения поставленной задачи в работе планируется проведение комплекса лабораторных экспериментов, предусматривающий проведение нескольких серий опытов с различными условиями подачи твердого топлива в аглошихту. Результаты исследования будут использованы для повышения эффективности агломерационного производства ПАО «НЛМК».

Бюджет: Р 1.92 млн

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

Заказчик: ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НОВОЛИПЕЦКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.2 Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа

НИОКТР № 122102000060-4

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ПЕРСПЕКТИВНОМ ВИХРЕВОМ ТОПОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Изучаемая научная проблема сохраняет свою актуальность в рамках продления проекта 2022, направленного на получение новых научных знаний в области горения органического топлива применительно к созданию новых энергоэффективных вихревых технологий совместного сжигания углеродосодержащих техногенных отходов и некондиционного жидкого топлива для экологически безопасного производства энергии. Уголь является одним из самых распространенных и дешевых ископаемых топлив. В современном мировом производстве электроэнергии доля угля составляет около 40 %, а ежегодное потребление превышает 3,7 млрд тонн н.э. Однако уголь является и одним из самых «грязных» топлив, сжигание которого сопровождается высокими выбросами CO_x, NO_x, SO_x, образованием большого количества золошлаковых отходов, летучей

зола с высоким содержанием тяжелых металлов и токсичной воды, загрязненной радионуклидами. Тем не менее, согласно прогнозам Мирового Энергетического Агентства (IEA) и другим источникам даже с учетом ужесточения климатической и экологической политики, роста потребления природного газа и развития возобновляемой энергетики, спрос на уголь в перспективе до 2040 года будет сохраняться стабильным. Таким образом, вредное экологическое воздействие угольной энергетики может быть уменьшено только путем улучшения технологий его использования. На этом фоне импульс развития получили безуглеродные технологии, призванные минимизировать вредное воздействие от использования угля. Вторым по величине источником энергопотребления по прогнозам до 2040 года остается нефть. При этом ежегодное накопление нефтяных шламов во всем мире составляет 160 млн т, а ежегодное мировое накопление только одного отработанного смазочного масла превышает 20 млн тонн, что подчеркивает масштабы экологической угрозы. При правильном использовании таких источников энергии они также могут быть альтернативой качественным видам топлива, при одновременном решении экологической проблемы. Решение задач правильного обращения с отходами требует создания новых технологий и оборудования, основанных на глубоком научном понимании закономерностей физико-химических процессов, определяющих характеристики сжигания в зависимости от динамических и тепловых условий, реализуемых в конкретных горелочных устройствах. Применение вихревых технологий при сжигании низкорекреационного топлива позволяет интенсифицировать процессы, увеличить время пребывания частиц топлива в камере сгорания, повысить степень выгорания углерода топлива. Таким образом, изучение процессов переноса в вихревых реагирующих потоках при горении органического топлива является актуальной научной проблемой.

Бюджет: Р 14 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122012100299-9

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ CO₂: СТРОЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ И МЕХАНИЗМ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Увеличивающаяся с каждым годом скорость сокращения запасов легкодоступного высококачественного природного углеводородного сырья (нефти, газа и угля) привлекает внимание ученых по всему миру, так как требует решения уже в ближайшие десятилетия. Очевидно, что решение данной проблемы тесно связано с освоением новых способов получения энергии из альтернативных источников. При этом в одном ряду с «классическими» альтернативными источниками энергии, такими как ядерная и термоядерная энергетика, стоят и источники энергии с использованием возобновляемых ресурсов (ветер, солнечная энергия, энергия приливов и отливов, растительное сырье). Считается, что наиболее перспективным направлением в этой области является развитие солнечной энергетики. Традиционно выделяют два способа использования солнечной энергии – использование солнечных батарей,

позволяющих преобразовать солнечную энергию в электро-энергию, и использование систем, позволяющих преобразовать солнечную энергию в энергию химических связей, как с помощью термохимических, так и с помощью квантовохимических систем [Успехи химии. 2017. Т. 86. № 9. С. 870–906]. В случае квантовохимических преобразований солнечной энергии в химическую энергию одним из наиболее интересных процессов является фотохимическое и фотокаталитическое восстановление CO_2 до органических соединений (метан, метанол, этан и т.д.). Данный процесс является аналогом природного фотосинтеза растений, При этом как и в случае фотосинтеза происходит трансформация солнечной энергии в энергию химических связей, а также уменьшение концентрации CO_2 в атмосфере. Таким образом, химическое связывание CO_2 является актуальной задачей не только с точки зрения его использования в качестве источника углеродной органики, но и для уменьшения его концентрации в атмосфере. При этом возможными продуктами фотокаталитической конверсии CO_2 и воды могут быть спирты и углеводороды, в дальнейшем эти соединения могут быть использованы либо как топливо, либо как химические соединения для дальнейшего синтеза более ценных продуктов. Однако основной сложностью для широкомасштабного внедрения данного процесса является отсутствие эффективных фотокатализаторов. Более того, хотя фотокаталитическое восстановление CO_2 исследуется уже на протяжении нескольких десятков лет, до сих пор нет единого мнения, как происходит процесс восстановления CO_2 и что влияет на распределение продуктов восстановления CO_2 . Наибольший интерес с точки зрения фундаментальной науки представляет механизм фотокаталитического восстановления CO_2 , так знание механизма позволит не только направлять маршрут реакции в сторону получения целевых продуктов, но также подобрать наиболее эффективный фотокатализатор с заданными свойствами, такими как степень конверсии CO_2 , селективность по целевым продуктам, стоимость и т.д. Таким образом, можно сформулировать фундаментальную проблему на решение которой направлен данный проект – создание эффективных фотокатализаторов и изучение механизмов восстановления диоксида углерода под действием излучения УФ- и видимого диапазона. В связи с этим в рамках проекта планируется провести синтез двух типов фотокатализаторов на основе TiO_2 и полимерного $\text{g-C}_3\text{N}_4$, при этом также планируется исследование промотирования данных фотокатализаторов платиной, оксидами меди и никеля, а также сульфидами меди и никеля. Будет проведено систематическое исследование восстановления CO_2 на синтезированных катализаторах, с целью определения активного компонента, изучения природы фотокаталитических трансформаций углекислого газа, а также стабильности катализатора в условиях реакции. Будет изучена ключевая стадия процесса – фотоадсорбция молекулы CO_2 на поверхности фотокатализатора. Активность всех синтезированных катализаторов в реакции фотокаталитического восстановления CO_2 будет исследоваться в каталитической установке, наиболее активные катализаторы будут синтезированы в больших количествах, достаточных для проведения исследований широким набором физико-химических методов, в том числе в режиме *in situ* / *operando*. Отличительной особенностью и научной новизной проекта является проведение *in situ* / *operando* исследований широким набором методов, включая методы рентгеновского поглощения XANES/EXAFS, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, ИК-спектроскопию диффузного отражения и масс-спектрометрию. Применение рентгеновских методов в режиме *in situ* / *operando* позволит исследовать состояние активного компонента катализатора непосредственно в условиях протекания фотокаталитического процесса, применение

ИК-спектроскопии и масс-спектроскопии позволит исследовать интермедиаты реакции, адсорбированные на поверхности фотокатализатора, а также изучить продукты и реагенты в газовой фазе. Подобный подход к исследованию каталитических систем является широко используется в мировой научной практике и с каждым годом приобретает все большую популярность, однако для фотокаталитических приложений практически не используется. Важно отметить, что эксперименты будут проводиться на уникальных установках: *in situ* XANES/EXAFS эксперименты будут проведены на станции «Структурное материаловедение» в Курчатовском комплексе синхротронно-нейтронных исследований (Москва) и станции «EXAFS-спектрометрии» в Сибирском центре синхротронного и терагерцевой излучения (ИЯФ СО РАН, Новосибирск), *in situ* РФЭС эксперименты будут проведены на уникальном рентгеновском фотоэлектронном спектрометре SPECS NAP XPS (Карлов университет, г. Прага, Чехия), *operando* ИК-исследования будут проведены на уникальном оборудовании: ИК-спектрометр Bruker Vertex 80v, оснащенный каталитической ячейкой диффузного отражения, в комбинации с ИК-спектрометром Bruker Alpha II с многопроходной газовой ячейкой, позволяющей определять концентрацию продуктов в газовой фазе с чувствительностью до 100 ppm. Также важно отметить, что катализаторы будут исследованы методом просвечивающей электронной микроскопии на современном микроскопе ThermoFisher Scientific Themis Z с атомарным разрешением. Совокупность выбранных подходов, а именно синтез и исследование катализаторов, проведение фотокаталитических исследований, а также проведение физико-химических экспериментов в режиме *in situ* / *operando*, позволит установить корреляции между природой активного компонента, характером его взаимодействия с носителем, фазовым составом, элементарным составом поверхности, составом адсорбционного слоя и каталитической активностью и стабильностью. Полученные результаты позволят сформулировать рекомендации для целенаправленного синтеза фотокатализаторов, обладающих максимально возможной активностью в восстановлении CO_2 .

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122012400306-1

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Общей целью является решение фундаментальных проблем физики и технологии приборно-ориентированных полупроводниковых структур, разработка конструкций эффективных устройств инфракрасной оптики и возобновляемой энергетики. 2019 - разработка физико-технических основ выращивания тонких пленок и структур на основе многокомпонентных твердых растворов для использования в фоточувствительных гетероструктурах. В 2019 году к изучению фазовых диаграмм, пределов существования твердых раство-

ров, кинетики их кристаллизации для выращивания пленок и структур на основе четырех- и пятикомпонентных твердых растворов будут задействованы один докторант и два аспиранта базовой кафедры «Нанотехнология в электронике». 2020 - разработка технологических способов управления и подстройкой спектральной полосы фоточувствительности гетероструктур с квантовыми точками в активных областях, в том числе с использованием многокомпонентных твердых растворов. 2021 - выращивание прототипов фоточувствительных наноструктур с квантовыми точками в активных областях для устройств фотоники, электроники и возобновляемой энергетики. Результатом выполнения работ должны стать: разработка и создание новых материалов, физико-технологические основы выращивания приборно-ориентированных полупроводниковых гетероструктур и способы управления спектральной полосой чувствительности, а также будут разработаны конструкции эффективных устройств фотоники, электроники и возобновляемой энергетики с квантовыми точками в активных областях. Для решения поставленных задач на указанный период предусматриваются следующие мероприятия по развитию кадрового состава: организация научно-образовательной деятельности с высшими учебными заведениями по отбору и привлечению аспирантов; создание условий для привлечения на работу в ЮНЦ РАН молодых сотрудников из числа закончивших аспирантуру ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова, ДГТУ, ЮФУ и магистратуру на базовых кафедрах ЮНЦ РАН; создание кадрового резерва и работа с ним на младшем, среднем и высшем уровне. В силу физических ограничений разработка оптоэлектронных устройств была ориентирована на создание приборов под так называемые окна прозрачности в инфракрасном (ИК) спектре излучения. В значительной степени вектор развития оптоэлектронных устройств определяется существенно возросшим объемом передаваемой информации в телекоммуникационных сетях. В ближайшей перспективе будут разрабатываться устройства под спектральные диапазоны 1–1.6, 2–5, 7–20 мкм. Квантовые точки в активных областях гетероструктур для фотонных устройств являются перспективным объектом для разработки устройств под указанные оптические диапазоны. В рамках этой тематики ЮНЦ РАН является лидером в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. Имеется существенный задел по следующим направлениям: изучение фазовых переходов и фазовых диаграмм конденсированных веществ для создания на их основе структур с заданными электрофизическими и оптическими свойствами; теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений на природу изменений физических и электрических свойств материалов; создание физико-технических основ получения материалов и структур с заданными электрофизическими и оптическими свойствами; разработка конструкций приборно-ориентированных структур с квантовыми точками в активных областях под заданный спектральный диапазон для фотоники и возобновляемой энергетики. Тематика исследований находится в полном соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 – 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2012 г. № 2237-р, и отвечает приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации в части перехода к новым материалам и способам конструирования приборов фотоники и наноэлектроники нового поколения. Привлечение аспирантов через систему базовых кафедр ЮНЦ РАН позволит создать кадровый резерв научных сотрудников для лаборатории нанотехнологий и солнечной энергетики, а также увеличить объем внедрения академических исследований в университетскую среду для повышения уровня подготовки

бакалавров и магистров по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, направленность «Нанотехнология в электронике». При выращивании пленок и структур на основе четырех- и пятикомпонентных твердых растворов предлагается использовать метод зонной перекристаллизации в градиенте температур. Для этого необходимо решить следующие задачи: изучить фазовые диаграммы твердых растворов четверных и пятерных соединений; выбрать составы для получения материалов с шириной запрещенной зоны под заданный спектральный диапазон; выявить пределы существования твердых растворов на основе выбранных компонентов из элементов III и V группы химических элементов; экспериментально изучить кинетику кристаллизации четырех- и пятикомпонентных твердых растворов; установить зависимость структурных свойств, морфологии и оптических свойств тонких пленок на основе четырех и пятикомпонентных твердых растворов от технологических параметров процесса зонной перекристаллизации в градиенте температур. В 2019 году к изучению фазовых диаграмм, пределов существования твердых растворов, кинетики их кристаллизации для выращивания пленок и структур на основе четырех- и пятикомпонентных твердых растворов будут задействованы один докторант и два аспиранта базовой кафедры «Нанотехнология в электронике».

Бюджет: Р 8.85 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122012500123-3

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Необходимость перехода мировой энергетики на возобновляемые источники обусловлена как требованиями экологии, так и скорым истощением традиционных источников энергии – нефти и газа. Углеводородное сырье служит базой материального обеспечения общества как основной источник энергии и ряда современных материалов. Запасы природной нефти и газа ограничены, за последние 20 лет резко возрос интерес к созданию источников альтернативной энергии на базе возобновляемого сырья (отходы сельского хозяйства и др.). В настоящее время разрабатываются новые подходы для получения биометана, биоэтанола, биобутанола и биоацетона в качестве основы автомобильного топлива. В мировой практике развиваются технологии многоступенчатой переработки биомассы из животного и растительного сырья для получения необходимых полимеров или экономически значимых веществ с использованием бактериальных штаммов или пиролиза. В качестве альтернативных источников энергии рассматривают также ветряные электростанции, солнечные батареи, аккумуляторы энергии для длительного хранения. На сегодняшний момент мощность годового производства солнечных элементов составляет более 100 ГВт при стоимости около 50 млрд долларов, а суммарные объемы установленных в мире солнечных панелей приближается к 500 ГВт. На данный момент времени себестоимость СЭ пока не позволяет солнечной энергетике конкурировать с традиционной, что делает актуальным дальнейшие исследования в этом направлении. В ИБХФ РАН совместно с Московским государственным

университетом им. М.В. Ломоносова разрабатывается ряд направлений: разработка новых типов солнечных элементов для солнечных батарей; получение биометана, биоэтанола, биобутанола и биоацетона; получение биодизеля как альтернативного биотоплива; разработка суперконденсаторов нового типа. Основной целью исследований данной темы является разработка фундаментальных основ и практического применения новых эффективных природосберегающих технологий комплексного освоения и добычи минерального углеводородного сырья и получения альтернативных источников энергии – биотоплива, новых типов солнечных элементов и электрохимических суперконденсаторов. Будут получены следующие научные результаты: - будет проведено исследование процесса иммобилизации клостридиальных клеток в криогелях различного состава и плотности, изучение динамики образования бутанола, ацетона, органических кислот; - будет изучена динамика образования альтернативных топлив от внешних условий и концентрации компонентов с разработкой оптимального режима проведения процесса и практическими рекомендациями; - будет проведена разработка научно-обоснованных подходов к утилизации отходов производства альтернативных видов топлива с целью решения вопросов энергосбережения; - будут разработаны методы получения биотоплив с улучшенными техническими характеристиками; - будут созданы прототипы новых типов солнечных элементов с исследованием их технических характеристик; - будут созданы научные основы разработки новых электрохимических накопителей энергии.

Бюджет: Р 38.52 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ БИОХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.М. ЭМАНУЭЛЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122012700329-7

СТРУКТУРНЫЙ ДИЗАЙН И ХИМИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ФОТОТЕРМИЧЕСКИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Проект направлен на разработку базовых принципов получения новых фототермических наноматериалов (ФТМ) на основе дихалькогенидов переходных металлов. Конкретная задача исследования заключается в поиске и апробировании подходов к направленной модификации структуры слоистых дихалькогенидов переходных металлов MX₂ (M – металл IVb-VIb группы, X = халькоген) для управления физическими характеристиками вновь полученных материалов посредством регулирования полиморфного состава и стабильности их наночастиц, в том числе в водных суспензиях. Актуальность химического конструирования наноматериалов на основе MX₂ с повышенной фототермической (ФТ) активностью и стабильностью определяется важностью потенциальных применений таких материалов, востребованных в солнечной энергетике, медицине и других областях. Научная новизна исследования состоит в разработке новых методологий управления составом и архитектурой наночастиц новых синтезированных ФТМ, представляющих собой органо-неорганические слоистые структуры на основе MX₂. Фактически в проекте предусматривается развитие нового направления, ориентированного на

химическое конструирование эффективных ФТМ, адаптированных для применения в различных условиях и комбинациях с гетерокомпонентами различной природы. Возможность использования слоистых MX₂ как основы ФТ материалов обусловлена способностью этих веществ к сильному поглощению электромагнитного излучения в видимом и ИК-диапазоне с последующей эффективной конверсией поглощенного излучения в тепло. Полиморфные модификации MX₂ характеризуются различным электронным строением, спектральными, фототермическими свойствами и стабильностью. Для создания материалов со смешанным полиморфным составом, способным обеспечить улучшенные ФТ свойства, предполагается модифицировать в мягких условиях слои MX₂, иницируя в их кристаллической решетке контролируемые структурные трансформации. Расслаивание кристаллов MX₂ в водной среде и последующая сборка гибридных частиц из модифицированных слоев и органических компонентов, как ожидается, позволит обеспечить высокую дисперсность частиц, стабилизировать их полиморфный состав (за счет взаимодействий халькогенидных слоев с гетерокомпонентами), а также повысить седиментационную устойчивость водных суспензий материала. Строение полученных наноматериалов будет установлено в результате применения комбинированного теоретико-экспериментального подхода к определению структуры слоистых органо-неорганических систем по данным порошковой рентгеновской дифракции и квантовохимических расчетов, а также по данным рентгенофотоэлектронной и оптической спектроскопии. Полученные структурные характеристики в совокупности с изучением спектральных свойств позволят выявить эффективные способы оптимизации состава и строения ФТМ на основе MX₂.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122020200120-0

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Актуальность тематики определяется отставанием отечественной нанотехнологической базы от мировой для создания устройств микро- и наносистемной техники, сенсорных и навигационных устройств, наноструктурированных функциональных материалов, а также необходимостью обеспечения технологической и оборонной безопасности страны от различных угроз путем разработки современных приборов, сенсоров и микро- и наноустройств. Целью работы является проведение экспериментальных и теоретических исследований, направленных на разработку технологии и создание перспективных элементов и устройств микро- и наносистемной техники таких как: - микропереключатели для высокочастотной электроники, - устройства микро- и нанофлюидики, - микро- и наносенсоры, - микро- и наногенераторы для бесперебойного питания сенсорных и других цифровых устройств массового применения. - перспективных материалов на основе халькогенидов металлов для создания высокоэффективных ИК

приемников и элементов солнечной энергетики. В результате исследований будут изготовлены прототипы твердотельного литий-ионного аккумулятора, микропереключателей для коммутации ВЧ сигналов, а также микро- и наногенераторов на основе пьезорезонансных микроантилеверов и на других физических принципах для бесперебойного питания сенсорных и других цифровых устройств массового применения.

Бюджет: Р 0.11 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ К.А.ВАЛИЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122021000056-1

ЦИФРОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ КРЕМНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА. «Умный» цех по производству кремния – интеллектуальные нейро-комплексы

Проект направлен на решение комплекса проблем в производстве технического кремния, и мероприятий, непосредственно влияющих на экологию и общую эффективность производства. Необходимо получение технического кремния с чистотой не менее 99,5 %, пригодного для дальнейшего использования в цикле производства поликремния для солнечной энергетики при минимизации вредных выбросов микрокремнезема (микросилики) и углекислого газа.

Отклонения химического состава из разнообразия шихтовых материалов (кварца), изменения в тепловом режиме руднотермических печей в широком интервале температур (РТП) приводят к возрастанию объемов газопылевых выбросов, содержащих значительное количество ценного кремнезема, нерациональному использованию ресурсов и увеличению количества примесей в готовом продукте. Низкая управляемость процесса связан с большим количеством нерегулируемых параметров, отсутствием информации текущем состоянии процесса, неэффективная работа автоматизированной системы управления АСУ.

В существующих технологических условиях без внедрения новых подходов, связанных с решением вопросов ресурсо- и энергосбережения и снижением экологической нагрузки на территории, невозможно без цифровой трансформации технологий и внедрения технологий замкнутого цикла, учитывающих все отклонения технологического режима, способных прогнозировать аварийные ситуации и осуществляющих выбор рациональных режимов.

В этой связи, основная задача повышения эффективности производства кремния заключается в снижении удельного расхода основных и вспомогательных материалов, снижении энергопотребления при сокращении выбросов микросилики в атмосферу. Для решения данных задач необходим: ввод в эксплуатацию высокотехнологичного оборудования в комплексе с газоочистками в соответствии с международными стандартами; решение задач эффективного управления через многоуровневые АСУ ТП с учетом материального баланса; рециклинг тепловой и электрической энергии, образующийся в процессе карботермического восстановления кремния и под-

готовки древесного угля.

Применение технологий Индустрии 4.0 (MES-система, Big Data, глобальная цифровизация производства и обеспечение кибербезопасности) позволит реализовать технологии замкнутого цикла.

В России при наличии крупных источников качественного сырья (кварца SiO_2) производится металлургического кремния только в количестве 32 тыс. т на АО «КРЕМНИЙ» (г. Шелехов, Иркутской области), что составляет 2,5 % от мирового выпуска кремния. Готовится к возобновлению работы и запускается 6 печей на ООО «РУСАЛ КРЕМНИЙ УРАЛ» (г. Каменск-Уральский, Свердловской области).

Основное предназначение металлургического кремния это выпуск алюминиевых сплавов (силуминов) для автомобильной и авиастроительной отрасли. Выпуск «солнечного» кремния 99.9999 % в России для электронных элементов и пластин (для солнечных панелей) организован только на кремниевых предприятиях китайских производителей посредством применения хлорсилановых технологий, выделяющих тонны токсичных веществ в атмосферу.

В настоящее время не существует научно-технического обоснования и технологий прямого получения кремния высокой чистоты термическими способами. Также отсутствуют данные по физико-химическим особенностям переработки мелкодисперсных отходов кремниевое производства (микросилики), являющихся одними из самых крупномасштабных выбросов кремниевое производства.

При выпуске 1 т кремния выделяется 400-450 кг техногенных отходов микрокремнезема (микросилики) 2 класса опасности, которые утилизируются на хранилищах, и используются в небольших количествах в строительной и металлургических отраслях. В настоящее время в мире не существует масштабных и реализованных технологий переработки отходов микросилики для получения товарной продукции.

Актуальность решения обозначенной проблемы может быть осуществлена при цифровой трансформации и комплексе технологических и технических решений для получения кремния высокой чистоты на базе экоплатформы с целью повышения ресурсосбережения и энергоэффективности производства за счет внедрения технологий замкнутого цикла, и повышения степени использования сырьевого потенциала при переработке техногенного сырья (микросилики) с получением готовой, конкурентоспособной на мировом рынке, как по техническим, так и экологическим критериям и показателям, продукции для предприятий и компаний газовой, нефтеперерабатывающей, химических и строительных отраслей.

Научная новизна исследования заключается в обосновании целесообразности внедрения дополнительных точек контроля, которые позволяют получить следующие функциональные зависимости: состав сырья – выход микросилики; температурный режим – пылегазовые выбросы (CO , CO_2); количество модификатора – содержание кремния в расплаве.

Внедрение MES-системы позволит оптимизировать операции транспортирования, загрузки шихтовых материалов и выпуска готового продукта. Разработка и обоснование технологий переработки отходов для обеспечения замкнутого цикла производства.

Научное обоснование методологии контроля концентрации твердых частиц в отходящих газах (в том числе микросилики) для устойчивой работы газоочистных сооружений и обеспечения проектных значений системы газоочистных сооружений.

Получение предполагаемых результатов может быть до-

стигнуто путем внедрения MES системы, увеличения числа контролируемых параметров и вводом цифрового двойника в многоуровневую АСУ технологией производства кремния.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122030300386-8

ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Физика оптически активных полупроводниковых наноструктур привлекает пристальное внимание исследователей, поскольку она прекрасным образом демонстрирует особенности фундаментальных квантовых явлений в твердотельной среде. Одной из приоритетных задач является поиск новых низкоразмерных систем, в которых возможно управление оптическими и электронными свойствами путем воздействия оптическими методами в непрерывном и импульсном режимах при комнатных температурах.

В настоящее время к наиболее перспективным полупроводниковым наноструктурам относятся коллоидные растворы квазидвумерных структур – нанопластин и нульмерных структур – квантовых точек (сферических и в форме тетраподов). Эти системы отличаются возможностью перестройки оптических резонансов, высокой энергией связи экситонов, при этом линии экситонных резонансов достаточно узкие, а также возможностью эффективной перекачки энергии между резонансами. Одним из наиболее интересных и важных направлений исследования коллоидных наноструктур является анализ экситон-экситонного взаимодействия и поиск возможностей для управления процессами диффузии экситонов. Оба этих процесса не только напрямую влияют, но и проявляются в оптических и электронных свойствах нанопластин и квантовых точек.

В связи с этим данный проект направлен на решение актуальной задачи современной опто-электроники: экспериментального и теоретического исследования фундаментальных особенностей оптических и электронных свойств, а также переходных процессов, обусловленных наличием экситонов и взаимодействием между ними, в полупроводниковых наноструктурах при наличии взаимодействия с внешним полем (ультракороткими лазерными импульсами).

Решение поставленной задачи представляется важным с точки зрения применения полупроводниковых наноструктур в таких областях как оптоэлектроника, биомедицина или солнечная энергетика. Кроме того, успешное выполнение проекта открывает возможности для применения нанопластин и квантовых точек для создания новых типов приборов современной опто-электроники, основанных на применении в качестве активных элементов структур, имеющих нанометровые или субнанометровые размеры.

В основу теоретических и экспериментальных исследований в рамках проекта будет положено изучение особенностей возбуждения, взаимодействия и диффузии экситонов в коллоидных полупроводниковых твердотельных наноструктурах на основе селенида кадмия, а также влияние этих процессов на оптические и электронные свойства исследуемых структур.

Особое внимание будет уделено изучению переходных процессов в полупроводниковых наноструктурах с межчастичным взаимодействием, приводящих к эффективной перекачке энергии в системе при наличии внешнего поля различной интенсивности.

Будет исследовано влияние формы, размера и размерности полупроводниковых наноструктур на величину и характер оптических и электронных нелинейностей при одно- и двухфотонном возбуждении экситонов.

Экспериментальная составляющая проекта направлена на мало исследованную область нелинейной оптики: создание динамических структур с перестраиваемыми оптическими свойствами на основе полупроводниковых наноструктур в коллоидных растворах в режиме, когда существенными оказываются диффузия экситонов и экситон-экситонное взаимодействие.

Теоретическая составляющая проекта связана с обобщением и разработкой методов и подходов для теоретического анализа диффузии экситонов и экситон-экситонного взаимодействия, поскольку существующие в настоящее время методы обладают рядом существенных недостатков. В частности, планируется разработать подход, основанный на диаграммной технике для неравновесных процессов, который позволит получить выражение для описания для взаимодействия между электронами и дырками в полупроводниковых наноструктурах с учетом наличия неоднородностей в исследуемой системе, вызванных взаимодействием с внешним полем.

Таким образом, встает проблема развития набора взаимосвязанных теоретических подходов и методов, позволяющих корректно описать особенности диффузии экситонов и экситон-экситонного взаимодействия в коррелированных коллоидных полупроводниковых наноструктурах, которые проявляются в оптических и нелинейно-оптических свойствах. Следует отметить, что коллоидные полупроводниковые наноструктуры актуальны для создания целого ряда устройств нанометровых размеров: сверхбыстрых переключателей, полевых/зарядовых сенсоров с субнанометровым пространственным разрешением и т.д. В частности, нанопластины являются перспективными объектами с точки зрения формирования эффективных квантовых сенсоров с высоким квантовым выходом. Квантовые точки в форме тетраподов представляют интерес для контролируемого формирования динамических коллоидных структур и их последующего использования при формировании перестраиваемых нелинейно-оптических фильтров.

Научная группа имеет большой задел в экспериментальной области исследования коллоидных наноструктур и в теоретической области описания и моделирования оптических и электронных свойств в таких системах.

Проведенные ранее исследования были широко представлены в рецензируемых международных изданиях с высоким импакт-фактором, на научных конференциях и получили международное признание.

Все исследования будут новыми и соответствовать мировому уровню, а по ряду результатов будут превышать мировой уровень.

Бюджет: Р 12 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии элект-

ТРОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

НИОКТР № 122031400707-7

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ В СИЛЬНОНЕИДЕАЛЬНОЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ КОЛЛОИДНОЙ, ПЛАЗМЕ

Целью проекта является изучение свойств и процессов в комплексной, в том числе сильнонеидеальной плазме, включая изучение влияния удерживающего потенциала на структурные свойства квазиодномерной, и двумерной комплексной плазмы, влияния неравномерного нагрева микро-частицы конденсированного вещества в разреженном газе на её динамические свойства, влияния количества частиц в двумерной плазменно-пылевой системе на её динамические характеристики; исследование влияния удерживающего потенциала на структурные и динамические свойства квазидвумерных систем заряженной активной материи; исследование неоднородной электронной плотности в статическом внешнем поле; исследование связанных неоднородных состояний систем заряженных частиц вне рамок теории функционала плотности на основе микроскопического описания; исследование эффектов электрострикции и электроактивации в функциональных нанокомпозитах, содержащих диэлектрические включения с жидкокристаллическими дипольными группами на их поверхности; исследование энергосберегающих свойств нанокомпозитных материалов с порами заполненными дипольными включениями; создание симуляционного кода на основе Искусственного Интеллекта (Artificial Intellect simulation code) по поиску эффективной архитектуры распределения и ориентации не сферических high-k диэлектрических включений в матрице для достижения малых потерь и высоких накоплений в нанокомпозитах; исследование расплавов (и жидкости вблизи линии плавления) у систем с мягким типом взаимодействия (soft spheres) в широком диапазоне значений параметра «мягкости» с целью нахождения универсальных (независящих от типа взаимодействия) структурных и динамических свойств таких систем; разработка эффективных статистических подходов к теоретическому рассмотрению свойств плазменных сред в экстремальных условиях, которые можно выполнить в рамках фейнмановской формулировки квантовой механики с помощью метода Монте-Карло; поиск общих закономерностей в структуре, термодинамике и динамических свойствах целого класса реальных веществ, включая жидкие металлы, неидеальную и пылевую плазму; исследование влияния неоднородности температуры на диффузионные процессы в облаке микро-частиц в гравитационном поле; исследования процесса очистки поверхностей с помощью электродинамической ловушки, в том числе для задач солнечной энергетики и космоса; исследование продольных вынужденных пыле-акустических колебаний комплексной плазмы в положительном столбе разряда постоянного тока; экспериментальное и численное исследование влияния пылевых облаков различной плотности на разряд постоянного тока низкого давления; исследование особенностей формирования пылевых облаков высокой плотности в разряде постоянного тока низкого давления при комнатной и криогенной температуре; экспериментальное и численное исследование влияния пылевых облаков различной плотности на разряд постоянного тока низкого давления при комнатной и криогенной температуре; изучение физических процессов, приводящих к возникновению волн и неустойчивостей в кулоновских структурах одноименно заряженных частиц микронного размера в электродинамических ловушках при атмосферном давлении; экспериментальные исследования резонансных спектров и свойств магнитных

и электрических полей рассеяния линейной структуры и 2D-структур из субволновых магнитных диполей в виде диэлектрических колец с высокой диэлектрической проницаемостью, расположенной вдоль волнового вектора иницирующей электромагнитной волны СВЧ диапазона плазменного и влияние элемента; исследование механизма образования проводящего состояния кристаллического водорода, изучение свойств и процессов в перспективных твердых электролитах, исследование диффузии, подвижности и сольватации ионов в средах неводных электролитов, исследование энергетического обмена в ансамблях заряженных микро-частиц в плазме; применение методов квантового моделирования для определения механизма перехода плотного разогретого вещества в проводящее состояние при высоких давлениях, исследование динамических свойств систем заряженных частиц в системах конечного размера, изучение свойств и процессов в электролитах перспективных накопителей энергии; изучение влияния ионов на электрохимическую устойчивость растворов электролитов и исследование процессов переноса ионов щелочных и щелочно-земельных металлов через селективные жидкие мембраны; математическое моделирование свойств плотных плазменных сред и конденсированных веществ при низких температурах для решения прикладных и фундаментальных задач современной физики; проведение квантовых расчетов термодинамических свойств электронного газа при низких температурах; изучение стимулированных процессов излучения в компактной схеме электродинамического удержания плазмы на основе наносекундного разряда с виртуальным катодом; выяснение возможности распространения идеи В.Летохова о «самоудержании света» в среде с распределенным усилением и рассеянием и на не очень жесткую часть (~10 кэВ) рентгеновского диапазона; определение путей реализации анейтронного синтеза протон-бор в схеме с осцилляторным удержанием плазмы на основе наносекундного вакуумного разряда (НВР) малой энергии и повышения эффективности анейтронного синтеза; проведение исследования ультрахолодной плазмы с использованием методов лазерной спектроскопии; получение ультрахолодной нестационарной плазмы высокой концентрации при помощи магнитооптической ловушки и разработка новых способов создания различных орбитальных квантовых состояний ридберговских атомов, включая микроволновое излучение и оптических методик для диагностики.

Бюджет: Р 208.68 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122031700498-1

РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЖКЭЛЕМЕНТА С ПРОЗРАЧНЫМИ ПРОВОДЯЩИМИ КОНТАКТАМИ, ВЫПОЛНЯЮЩИМИ ОДНОВРЕМЕННО ФУНКЦИЮ ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИСПЛЕЙНОЙ ТЕХНИКЕ И БИМЕДИЦИНЕ

Научная новизна состоит в разработке ЖК-элементов с использованием наноструктурированных прозрачных проводящих контактов, выполняющих одновременно функцию ориентирующего покрытия и проводника. Разработка ячейки

с увеличенным пропусканием, прочностью, варьируемыми рефрактивными свойствами, смачиваемостью, уменьшенным сопротивлением проводящих покрытий на основе оксидов индия и олова (ITO), которые применяются в элементах солнечной энергетики, модуляционной и дисплейной техники, биомедицине, а также изучение механизмов изменения базовых параметров при модификации поверхности осаждаемыми лазерным методом углеродными нанотрубками, что является технологией с ноу-хау, не представленной на ранке отечественными производителями. Востребованность на рынке хай-тек индустрии является стабильно растущей тенденцией. Опыт команды позволяет уверенно утверждать, что мы обладаем и технической составляющей, и коммерческими наработками для успешной разработки изделия и дальнейшего его продвижения на рынке. Научный руководитель проекта опубликовал более 40 статей и заметок по данной тематике. Риски проекта оцениваются как приемлемые, у нас есть опыт реализации похожих проектов, и понимание потребностей бизнеса, так же мы работаем на рынке с растущей потребностью в продукте.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ФОТОФИЗИКС»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122032300278-0

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ, МИКРОСТРУКТУРЫ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ, ОБЪЕМНЫХ И ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И СЕНСОРИКИ

Основной целью проведения вертикально-интегрированных комплексных исследований механизмов формирования, морфологии, структуры и физических свойств дисперсных, объемных керамических и тонкопленочных нанокристаллических материалов на основе композиций широкозонных оксидных, нитридных и карбидных соединений систем является создание научного, материаловедческого, технологического заделов в области функциональных материалов прозрачной электроники, фотоники, солнечной энергетики и сенсорики, включая разработку новых перспективных составов, архитектур и технологий низкотемпературного формирования тонкопленочных функциональных слоев и многослойных структур для различных элементов прозрачной электроники, фотоники, солнечной энергетики и сенсорики. Задача низкотемпературного синтеза функциональных слоев с заданными свойствами в условиях, далеких от равновесных, является сегодня одной из ключевых в области физики тонких пленок. Слои, синтезируемые в условиях, далеких от равновесных, характеризуются высокой плотностью собственных дефектов, наличием неравновесных наноразмерных фаз со свойствами, обусловленными квантово-размерными эффектами. Проблемы, возникающие при моделировании подобных систем, связаны со сложностью исследования состава и характеристик межзеренных границ, а также разделения вкладов зерен и межзеренных границ в проводимость в нанокристаллических структурах с характерными размерами зерен порядка десятков или даже единиц нанометров. Науч-

ная новизна основной задачи, решаемой в рамках проекта, состоит в получении знаний о процессах формирования и свойствах наноструктурированных слоев с размерами зерен в пределах 20 нм на основе сложных многокомпонентных композиций широкозонных оксидных, нитридных и карбидных соединений и металлов, а также в построении моделей протекания тока в таких слоях в зависимости от их состава и структуры межзеренных границ в них. Практическая ценность поставленной экспериментальной задачи состоит в разработке и использовании для формирования слоев принципиально новых технологий, обеспечивающих при относительно низких температурах ($T < 450^\circ\text{C}$) получение всего ряда функциональных слоев прозрачной электроники и сенсорики. В рамках выполнения работ планируется достижение следующих научных и практических результатов: - установление закономерностей трансформации морфологии, элементного и фазового состава частиц порошковых композиций широкозонных оксидных, карбидных и нитридных материалов в процессе механической и механохимической активации в инертной и реакционной атмосфере; - установление закономерностей влияния морфологии, микроструктуры, элементного и фазового состава частиц дисперсных порошковых систем на механизмы их консолидации в процессе искрового плазменного спекания, структуру и свойства синтезированных композиционных мишеней; - установление характера влияния элементного и фазового состава распыляемых мишеней, режимов распыления на микроструктуру, электрофизические и оптические свойства осаждаемых слоев и тонкопленочных структур; - разработка новых перспективных материалов и технологий формирования композиционных мишеней, новых архитектур и перспективных комбинированных методов синтеза функциональных слоев для прозрачной электроники, фотоники, солнечной энергетики и сенсорики, обеспечивающих существенное улучшение их характеристик.

Бюджет: Р 25.5 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ДАГЕСТАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122032900190-9

ТОНКИЕ РАЗМЕРНО-УПОРЯДОЧЕННЫЕ НАНОКЛАСТЕРНЫЕ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛОВ КАК МАТЕРИАЛ, ЭФФЕКТИВНО ПОГЛОЩАЮЩИЙ ШИРОКИЙ СПЕКТР ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Повышение эффективности преобразования энергии из электричества для современных источников питания, основанных на использовании тепловой энергии (например двигатели внутреннего сгорания, радиоизотопные термоэлектрические генераторы и пр.) вызывает повышенный интерес. Основная проблема заключается в том, что при эксплуатации таких источников питания большое количество вырабатываемой энергии расходуется на тепловое излучение, в результате чего может теряться до 35 % от всей мощности. Интересно отметить, что в солнечной энергетике существует очень близкая проблема, связанная с тем, что современные фотовольтаические преобразователи значительно теряют эффективность преобразования солнечного излучения в ближнем инфракрас-

ном диапазоне, на который приходится 40 % всего потока солнечного излучения. Создание новых термофотовольтаических преобразователей, имеющих повышенную эффективность в области ближнего инфракрасного диапазона, позволило бы удовлетворить возникающую в современном высокотехнологичном мире потребность увеличения эффективности существующих источников питания. Простейшие фотовольтаические преобразователи на базе кремния и германия могут быть использованы в качестве термофотовольтаических материалов. Однако ввиду достаточно большой ширины запрещенной зоны их работоспособность будет ограничена видимым диапазоном и лишь самым краем ближнего ИК. Безусловно на сегодняшний день существуют разработки, которые достигают эффективности преобразования до 20 % в области ближнего ИК, и часто основаны на материалах 3–5 групп, например, GaSb с шириной запрещенной зоны 0.72 эВ, или InGaAsSb и шириной запрещенной зоны 0.53 эВ, а так же на многокомпонентных системах с различной шириной запрещенной зоны типа GaInP/GaAs, AlGaAsSb/GaSb и др. При этом для эффективного преобразования излучения в широком диапазоне длин волн, необходимо создание мультикомпонентных термофотовольтаических ячеек, что неизбежно ведет к удорожанию подобных многокомпонентных систем и лимитирует их активное использование в качестве термофотовольтаических преобразователей широкого применения. Таким образом задача по поиску альтернативных материалов для высокоэффективного термофотовольтаического преобразования является актуальной. В рамках настоящего проекта мы предлагаем исследовать специальный термофотовольтаический материал, а именно, тонкую наноструктурированную пленку, состоящую из наноразмерных металлических нанокластеров (частиц, состоящих из счетного количества атомов, диаметром 2–8 нм; здесь и далее в заявке понятия нанокластер и наночастица тождественны) с наличием выделенного направления с изменением нанокластеров по размерам. Данная система является относительно простой с точки зрения экспериментальной реализации и представляет собой ансамбль плотноупакованных металлических нанокластеров с градиентным распределением наночастиц по размеру, осажденных на поверхности широкополосного диэлектрика. Как известно, вследствие размерного изменения объемных и поверхностных вкладов в плотность электронных состояний наночастиц, энергия Ферми наночастиц нанометровых размеров меняется с размером (например, для нанокластеров Au, в исследуемом диапазоне размеров максимальная сдвигка была измерена на уровне долей вольта). Таким образом, ключевой особенностью системы, состоящей из наноразмерных металлических кластеров (диаметром 2–8 нм) с пространственным упорядочением нанокластеров по размерам, является то, что в градиентной нанокластерной пленке, наличие размерной зависимости энергии Ферми приводит к пространственному перераспределению заряда в системе в целом. Несмотря на то, что локально в каждом малом участке исследуемой пленки размеры частиц близки и в первом порядке система остается квази-нейтральной, на масштабах всей длины нанокластерной дорожки, как целой, изменения в размерах существенны и составляют порядка нескольких нанометров. Наличие такого градиента по размерам наночастиц на масштабах всей пленки приводит к возникновению градиента химического потенциала. Фактически такая электронная система является аналогом перераспределения химического потенциала в условиях наличия градиента температуры в металле. Это обстоятельство означает, что в электропроводящей системе соприкасающихся друг с другом металлических наночастиц средний размер которых монотонно изменяется в выделенном направлении, в этом же направлении должна регистрироваться разность

потенциалов. Появление в данной системе электрона, возбужденного внешним фотоном (даже низкоэнергетичным с длиной волны больше микрометра) приводит к стеканию данного электрона в направлении градиента потенциала, вызванного пространственным упорядочением нанокластеров по размерам. Поскольку нанокластеры – металлические, это в общем случае обеспечивает возможность детектирования фотонов различной длины волны и, следовательно, обеспечивает широкий спектр поглощения излучения предлагаемой системы. Наличие контакта между нанокластерами означает сохранение электронной проводимости в такой системе за счет туннелирования электронов между нанокластерами и перколяционных эффектов. Кроме этого, полученная структура может обладать развитой структурой поверхности, в которой возможны многократные перераспределения и переотражения, что увеличивает вероятность поглощения падающего излучения. Таким образом, в нанокластерной пленке при взаимодействии с фотонами происходит возбуждение электронов и переход их в зону проводимости с последующим стеканием через контактирующие между собой нанокластеры. Полученные предварительные результаты по формированию и исследованию свойств нанокластерных пленок показали перспективность исследования подобных систем. Исследование подобных систем потенциально может привести к выводу энергоэффективности и энергосбережения современных тепловых источников электроэнергии на совершенно новый уровень. Целью настоящего проекта является формирование и исследование свойств оригинального материала на основе тонких пленок из размерно-упорядоченных нанокластеров металлов и с целью определения потенциала его использования в качестве термофотозлектрического преобразователя широкого спектра оптического излучения, включая дальний инфракрасный диапазон. Коллектив имеет соответствующее оборудование, необходимые интеллектуальные ресурсы и хорошие заделы по всему кругу вопросов, касающихся данного проекта. Будет опубликовано не менее 9 статей в рецензируемых научных изданиях, представлено не менее 4 докладов на международных конференциях, защищено 2 дипломных проекта.

Бюджет: Р 18 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122041200017-8

НАНОМАТЕРИАЛЫ И СТРУКТУРЫ ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОФОТОНИКИ: ПОЛУЧЕНИЕ, НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ

Целью научных исследований является развитие методов получения новых материалов для наноэлектроники и радиофотоники, наноструктурирования и создания перспективных устройств электронной компонентной базы. В части развития методов получения новых материалов целями являются изучение различных технологических особенностей процессов синтеза новых материалов, исследование возможностей газофазного синтеза низкоразмерных материалов, магнетронного напыления сегнетоэлектрических тонких пленок,

синтеза нанотрубок различного состава, а также графеновых слоев и производных графена (GrO, GrN, GrF ...). На основе полученных материалов будут создаваться тестовые приборные структуры для исследования их свойств и возможности применения в микро- и наноэлектронике. К таким материалам можно отнести наностержни полупроводников и диэлектриков, композитные материалы на основе углеродных нанотрубок, металл-углеродных и металлогидрид-углеродных наноструктурированных материалов, графена и его производных. Исследование графеновых и гибридных структур, других структурно родственных материалов (слоистые материалы, способные к расщеплению на отдельные плоскости и может быть топологические изоляторы и др.) и освоение технологий получения макроскопических по площади и объемам образцов с целью их возможного использования в массовом производстве. Создание и исследование полупроводниковых гетероструктур на основе квантовых ям, квантовых проволок, квантовых точек. Эти объекты кроме большого фундаментального интереса представляют и значительные возможности практического использования как основа развития элементной базы микро- и наноэлектроники на новых физических принципах и квантовой электроники. Разработка мемристивных структур на основе низкоразмерных материалов и создание новых элементов памяти на основе мемристоров. Исследования характеристик мемристора показали, что его можно применять и в качестве элемента памяти ReRAM. В основе этих возможностей лежит эффект биполярного резистивного переключения в структурах на основе оксидных соединений. Компьютерное исследование особенностей физических механизмов бистабильных резистивных переключений в гетероструктурах металл-изолятор-металл с учетом технологических неоднородностей. Развитие теоретических моделей технологических процессов нано- и микроструктурирования с использованием тонко сфокусированных пучков заряженных частиц и света, процессов проявления и травления. Оптимизация технологических процессов для достижения высокого разрешения и предельной производительности. Создание моделей и оптимизация функционирования изделий нано- и микроэлектроники, наноэлектромеханических систем. Разработка алгоритма подготовки данных для создания 2D и 3D объектов с помощью оптических литографов, использующих программируемую апертуру. Разработка физико-технологических основ и изучение электрических, магнитных и оптических свойств твердотельных наноструктурированных антистоксовых люминофоров, легированных редкоземельными металлами, для солнечной энергетики и трехмерного лазерного телевидения; полупроводниковых гетероструктур, содержащих малое число квантовых ям, разделенных туннельно прозрачными барьерами; магнитных метаматериалов и эпитаксиальных наноструктур на основе ферромагнитных, антиферромагнитных и половинных металлов, сверхпроводников и диэлектриков для применений в спинтронике и терагерцовой/дальней инфракрасной фотонике; моделей зарядового и спинового транспорта в наноразмерных проводниках с шероховатыми границами раздела и их экспериментальная модельная верификация в интересах суб-10 нм электроники; электрохимических и гибридных микросистем применительно к новым электрохимическим датчикам, базирующимся на микроэлектронной технологии, и превосходящих по своим параметрам имеющиеся аналоги. Широкое развитие микросистемной техники и беспилотных воздушных, морских и транспортных средств требует использования различных датчиков физических величин, прежде всего сверхминиатюрных. Исследование фундаментальных основ и принципов функционирования энергоэффективных датчиков физических величин на основе 1D и 2D кристаллов нацелено

на разработку датчиков различных величин, включая беспроводные датчики – датчики Холла, датчики UV-излучения, датчики давления, QCM-датчики, датчики температуры, датчики ускорения, газовые датчики.

Бюджет: Р 351.78 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122042000097-9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТОВ В СИСТЕМАХ ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Целью настоящего проекта является получение новых эмпирических и теоретических знаний путем исследования различных процессов и явлений, определяющих физические свойства квантовых твердотельных систем пониженной размерности: низкоразмерных сверхпроводников, включая слоистые гетероструктуры; материалов с квазидвумерным упорядочением магнитной подсистемы; различных гибридных электронных и спинтронных систем пониженной размерности. Условно, предлагаемые задачи можно разделить на четыре направления: анализ и технология изготовления объектов исследования; экспериментальное изучение различных физических характеристик; моделирование и теоретическое описание процессов; по возможности, формулировка предложений по практическому использованию результатов исследования. Исследования 2022 года являются логическим продолжением работ коллектива НУЛ КНЭ в предыдущие годы, включая 2021. В тесном сотрудничестве с отечественными и зарубежными партнерами будут проводиться теоретические и экспериментальные исследования электронных, магнитных и спинтронных эффектов, наблюдающихся в квантовых объектах пониженной размерности. Ожидается, что будут обнаружены качественно новые физические явления, которые могут быть применены в различных областях народного хозяйства, включая информационные технологии, обработку, хранение и передачу информации, детектирование слабых электромагнитных сигналов, солнечную энергетику. Планируется расширить модель для уравнений Элиашберга, чтобы учесть влияние примесей, многозонный характер исследуемых соединений, а также возможность образования неоднородных состояний, возникающих при приближении к фазовому переходу первого рода между жидким и кристаллическим металлическим водородом. Планируется теоретическое исследование бозе-эйнштейновской конденсации экситонов в т.н. «экситонных изоляторах», а также предсказание возможных соединений, которые могли бы относиться к этой группе материалов. Планируется исследование роли дефектов, краевых состояний, а также влияния внешней среды (воздух, влага и т.д.) на эффективность перовскитных солнечных элементов. Будут: разработаны нанотехнологические методы изготовления, микроскопического анализа и измерения сверхпроводящих гетероструктур; разработаны методы прецизионных измерений транспортных характеристик при сверхнизких температурах вплоть до 20 мК; разработана система фильтрации электромагнитных наводок для использования в криостате растворе-

ния $3\text{He}4\text{He}$ Oxford Instruments; разработаны методы расчета изучаемых сверхпроводниковых структур и устройств на базе подходов квантовой теории поля в микроскопической теории сверхпроводимости; разработан метод выделения вкладов магнитных подсистем в термодинамические свойства низкоразмерных магнитных систем; разработаны новые методы описания переноса заряда, энергии и фотоиндуцированной динамики в наноразмерных материалах на базе зависящего от времени функционала плотности, молекулярной динамики и машинного обучения.

Бюджет: Р 8.77 млн

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

Заказчик: ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122052000051-0

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ОРИЕНТИРОВАННОГО ПИРАНОМЕТРА

Непрерывный мониторинг основных характеристик солнечной радиации занимает центральное место среди мониторинга большого количества метеорологических явлений и процессов, так как 99 % всей энергии Земля получает от Солнца. Актинометрическая информация используется для построения различных моделей климата и его изменений, а также для прогнозирования погоды на различные сроки.

Освоение Крайнего Севера и Арктики невозможно без создания широкой сети автоматических метеостанций, оборудованных специализированными приборами, способными функционировать при самых неблагоприятных условиях.

В солнечной энергетике непрерывный мониторинг солнечной радиации позволяет автоматизировать контроль производительности фотоэлектрических систем путем сравнения производимой мощности с одновременно регистрируемой мощностью суммарной радиации.

Такой регулярный контроль производительности позволяет своевременно обнаруживать неисправности фотоэлектрических систем и оценивать деградацию солнечных батарей. Кроме того, данные измерений солнечной радиации используются для создания и работы различных моделей ясного неба, которые применяются для прогнозирования производства фотоэлектрической энергии и для планирования, диспетчеризации и регулирования мощности в общей электрической сети.

Традиционной областью применения актинометрических приборов являются: гидрометеорологические службы, научно-исследовательские учреждения, учебные заведения и солнечная энергетика. Объем рынка составляет 1,6 млрд руб.

Разрабатываемый многоэлементный ориентированный пиранометр (МОП) не имеет каких-либо подвижных частей и заменяет собой три стандартных актинометрических прибора – актинометр и затененный и незатененный пиранометры, первые два из которых необходимо постоянно нацеливать на Солнце вручную или с помощью специальных устройств слежения.

Использование МОП позволит вести непрерывный мониторинг приходящей солнечной радиации в автоматическом

режиме и значительно уменьшить затраты на приобретение и эксплуатацию актинометрического оборудования.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СИБМЕТЕОПРИБОР»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122060100061-3

СВЕРХБЫСТРЫЕ ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ СПЕКТРАХ

Задачей проекта является разработка новых теоретических подходов и программных комплексов, позволяющих количественно рассчитывать динамику сверхбыстрого фотоиндуцированного переноса заряда в растворах, а также нестационарные спектры, регистрируемые в видимой/УФ и ИК областях.

Проект направлен на разработку новых методов управления фотохимическими процессам, новых подходов к проектированию высокоэффективных молекулярных устройств.

Центральной проблемой здесь является повышение эффективности фотоиндуцированного разделения зарядов в донорно-акцепторных системах. Отличительной чертой данного исследования является то, что описание не будет ограничиваться рассмотрением отдельной стадии разделения зарядов, но будет включать совместное описание всех стадий, в том числе процесса фотовозбуждения, первичного разделения зарядов, горячей и термической рекомбинации зарядов и переноса заряда на вторичный акцептор, приводящего к долгоживущему состоянию с разделенными зарядами. Необходимость такого комплексного подхода диктуется тем, что сверхбыстрые процессы протекают в неравновесных условиях и отдельные стадии влияют друг на друга.

Этим они существенно отличаются от относительно медленных химических процессов, протекающих в термическом режиме, для которых применим принцип Оствальда, постулирующий независимость простых реакций. Основываясь на разработанной нами многоканальной стохастической модели, будет разработана теория сверхбыстрого переноса заряда, описывающая как химическую динамику, так и динамику ИК и оптических спектров.

Реализация этого подхода откроет возможность количественной интерпретации экспериментальных данных и получения недоступной ранее детальной информации о сверхбыстрых фотохимических процессах. Это позволит выйти на новый уровень управления скоростями образования продуктов и их выходами.

В качестве доноров и акцепторов электронов широко используются сложные органические соединения, в том числе, обладающие различного рода симметрией (симметричные диады, центросимметричные (квадрупольные) триады и октупольные молекулы). В возбужденном состоянии таких молекул часто наблюдается нарушение симметрии переносом заряда, с локализацией заряда на одной из ветвей молекулы, что проявляется в нестационарных оптических и ИК спектрах.

Такая локализация заряда может оказывать существенное влияние на эффективность работы данного вида молекул в ка-

честве донора или акцептора электронов.

Исследование влияния нарушения симметрии на донорно-акцепторные свойства будет проведено в рамках развитой нами теории нарушения симметрии в возбужденных состояниях квадрупольных молекул.

Кроме того, будет исследовано влияние масштаба нарушения симметрии на ИК спектры. Эта теория прошла апробацию на ряде экспериментальных данных, показавшую ее эффективность в описании процесса нарушения симметрии.

В данном проекте планируется развить теорию нарушения симметрии переносом заряда и его проявлений в нестационарных оптических и ИК спектрах в симметричных диадах и оккупольных молекулах.

Эксперименты показывают, что нарушение симметрии в оккупольных молекулах выражено более ярко, чем в квадрупольных молекулах. Это делает такие молекулы перспективными с точки зрения целого ряда приложений.

Реализация предлагаемого подхода расширит возможности количественной интерпретации нестационарных спектров и извлечения из них информации о химической динамике. Информация о путях перехода электронной энергии на колебательные степени свободы и ее последующей миграции раскрывает детали механизма сверхбыстрых фотохимических процессов. Знание механизма критически важно для управления скоростями образования продуктов и их выходами в многостадийных сверхбыстрых процессах.

Сверхбыстрые процессы переноса энергии и заряда привлекают все больший интерес, так как они определяют функциональность широкого спектра молекулярных систем. Развитие сверхбыстрых лазерных технологий, а также общая ориентация на солнечную энергетику привели к всплеску исследований в этом направлении.

Исследования уже выходят за рамки простых молекулярных систем и все больше фокусируются на основных молекулярных механизмах, преобладающих в наноматериалах, нативных белковых и гибридных системах.

Научная значимость планируемых результатов проекта обусловлена созданием новых методов интерпретации экспериментальных данных и выявления детального микроскопического механизма сверхбыстрых химических процессов в молекулярных и супрамолекулярных системах.

Это откроет новые возможности для решения проблем управления конкретными фотохимическими процессами и проектирования молекулярных электронных устройств. Ожидается решение ряда современных научных проблем, связанных с интерпретацией экспериментальных данных и выявлением детального микроскопического механизма сверхбыстрых химических процессов.

Они могут быть широко востребованы в России и за рубежом при проектировании молекулярных устройств, в частности, органических фотоэлементов. Достижимость результатов проекта обеспечивается тем, что предлагаемые подходы являются развитием разработанных нашей группой моделей сверхбыстрого переноса заряда, а также опытом коллектива в компьютерном моделировании процессов такого типа.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

ТРОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

НИОКТР № 122062100024-2

ГЕТЕРОПЕНТАЦЕНЫ – НОВЫЕ ФОТОСТАБИЛЬНЫЕ СЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ: СИНТЕЗ, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Проект является продолжением начатого Проектом 2019 исследования ранее неизученной группы полигетероциклических соединений ряда трифенодиоксазинов TPDO и хиноксалинофеноксазинов QOPO. В ходе Проекта 2019 были разработаны методы получения, синтезированы, структурно охарактеризованы более 100 соединений, среди которых найдены вещества, обладающие спектральными, электрохимическими и фотофизическими свойствами, необходимыми для электронодонорных компонентов фотовольтаических устройств типа DSSC и OSC с p-n гетеропереходом, преобразующих световую энергию Солнца. Для сконструированных на базе хиноксалинофеноксазинов ячеек OSC ITO/QOPO dye/C60/bathocuproine/Al достигнуты величины коэффициентов преобразования солнечной энергии PCE в электрическую (2.4 %), значения, известные в настоящее время о ячейках с негетероциклическими пентаценами. В проекте 2021 сформулированы пути оптимизации свойств полученных трифенодиоксазинов TPDO и хиноксалинофеноксазинов QOPO и направления их структурной модификации, которые, как ожидается, обеспечат существенное повышение значений PCE за счет увеличения скорости переноса заряда между донорным и акцепторным слоями в ячейках типа OSC и улучшения сорбции к полупроводниковому компоненту ячейки в ячейках DSSC. Дополнительные возможности представит также применение в ячейках OSC более эффективных, чем фуллерен, электронных акцепторов. Предполагается осуществить синтез производных п-амино- и п-карбоксы-производных хиноксалинофеноксазина, функционализированных «якорными» амидными группами, которые позволяют эффективно закрепить молекулу на поверхности оксида титана или оксида цинка при изготовлении электродов солнечной ячейки. Будут изучены спектральные (UV-vis), люминесцентные и фотовольтаические свойства полученных соединений методами электрохимии и квантовой химии, их фотостабильность. На основе соединений с наилучшими характеристиками будут созданы и протестированы DSSC и OSC ячейки. Аналогичную функционализацию производных трифенодиоксазиновой системы предполагается осуществить посредством восстановления ранее полученного 10-нитро-трифенодиоксазина до соответствующего амино-производного. Синтезированные аминохиноксалины и трифенодиоксазины будут введены в реакции с п-хинонами для получения конденсированных редокс-активных гетеропентацен-хинониминных структур, строение и свойства которых будут изучены. Будет разработан подход к синтезу производных новой конденсированной пентагетероциклической системы 2,4,11,13-тетра-(трет-бутил)-10Н-хиноксалино[3,2,1-kl]феноксазин-10-она, сочетающей фрагменты феноксазина и о-хинонимина. План работы включает также получение комплексов красителей, на основе трифенодиоксазинов (TPDO) с дикетонатами цинка и последующее исследование свойств тетра-(трет-бутил)-10Н-хиноксалино[3,2,1-kl]феноксазин-10-она и комплексов цинка, а также тестирование их фотовольтаических характеристик. Планируется дальнейшее (начатое в рамках проекта 2019) изучение реакций 6-нитро-о-бензохинона, ведущих к получению новых функционализированных гетероциклов. Будут изучены реакции со вторичными алифатическими, гетероциклическими аминами и метилен-активными соединениями. Фотовольтаический

способ является наиболее перспективным и технологически удобно адаптируемым методом преобразования солнечной энергии. Современная солнечная энергетика основывается преимущественно на устройствах из моно- и поликристаллического кремния, недостатками которых являются дороговизна, сравнительно низкий коэффициент преобразования энергии и очень высокая рабочая температура. В связи с этим в последнее время повышенное внимание уделяется быстро развивающемуся третьему поколению солнечных батарей, создаваемому с использованием новых материалов – органических полимеров, перовскитов, композитных структур с применением квантовых точек. Важное место в этом ряду занимают солнечные батареи, сенсibiliзируемые органическими красителями, которые используются в качестве чувствительных к солнечному спектру доноров электронов. Максимальная достигнутая к настоящему времени эффективность преобразования солнечного света в электричество при помощи DSSC и составляет уже более 22 % и 18.7 % для ячеек типа OSC. Преимуществом батарей третьего поколения является то, что в отличие от наиболее распространенных кремниевых батарей, работающих при температуре порядка 1000 °С, они функционируют при обычных температурах и отвечают критериям сохранения окружающей среды.

Бюджет: Р 14 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122062700016-1

**МОЛОЧНО-БЕЛЫЙ КВАРЦ ДЛЯ НУЖД
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ (HI-TECH) ОТРАСЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ
РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ КВАРЦА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ОБОГАЩЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ
ПРОЗРАЧНОГО КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА**

Проект направлен на решение проблемы поиска новых перспективных объектов для получения высокочистых кварцевых концентратов для нужд высокотехнологичных (hi-tech) отраслей промышленности. Актуальность проекта определяется быстро растущим спросом на кварц высокой степени чистоты используемым в волоконной оптике, полупроводниковой промышленности, солнечной энергетике и т. д. Основная часть месторождений хрусталиночного, прозрачного и гранулированного кварца активно разрабатывалась в конце прошлого века, в связи с чем к настоящему времени они практически полностью отработаны. Возникшая в последние годы необходимость расширения минерально-сырьевой высокочистого сырья может быть удовлетворена за счет обнаружения, разведки и вовлечения в разработку новых перспективных объектов. Цель проекта заключается в оценке возможности промышленного использования ранее не задействованных и широко распространенных в пределах Уральской кварценозной провинции жил молочно-белого кварца. Сопоставление на основе сравнительного изучения типоморфных характеристик, генетических особенностей, содержания минеральных, флюидных и структурных примесей в кварцевых жилах, залегающих среди гранитов, сланцев, габбро и серпентинитов, отражающих специфику минералообразования в разнородных геодинамических обстановках, позволит разработать на их

базисе комплекса минералого-геохимических индикаторов для экспертной оценки их пригодности для получения высокочистых кварцевых концентратов. Повышение эффективности поиска и прогноза возможно за счет вовлечения в поисково-оценочный процесс новейших аналитических методов, таких как: ISP-OES и LA-ICP-MS спектроскопия с индуктивно связанной плазмой, рамановская спектроскопия, ИК-спектроскопия, термобарогеохимия отличающихся локальностью, экспрессностью и результативностью полученных данных. Научная новизна проекта заключается в разработке и экспериментальном и теоретическом обосновании новых подходов в переработке непрозрачных разновидностей кварца, к которым относятся жилы молочно-белого кварца. Впервые в рамках проекта будут получены данные по оценке влияния степени рекристаллизации на содержание минеральных, флюидных и структурных примесей в молочно-белом кварце, залегающем в разных геодинамических обстановках.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122081800044-4

**НОВЫЕ СТЕКЛА И СТЕКЛОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ
СИСТЕМЫ $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, ЛЕГИРОВАННОЙ
 Cr_2O_3 : СИНТЕЗ, ФАЗОВОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ,
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

Проект направлен на решение фундаментальной научной проблемы изучения процессов фазового разделения (ликвации) и кристаллизации в натриевоборосиликатной (НБС) системе, модифицированной добавками оксидов переходных металлов (на примере оксида хрома). Актуальность решения обозначенной проблемы обусловлена широким спектром новых функциональных свойств, которые Cr_2O_3 придает стеклам (люминесцентные, электрические, магнитные и др.), что, в свою очередь, обуславливает возможность практического применения таких стекол в оптике, микроэлектронике и солнечной энергетике, спинтронике. Решение проблемы изучения фазового разделения предполагает определение положения и формы купола несмешиваемости (ликвации) на диаграмме состояния системы, а также определение положения конод в рамках областей ликвации. Ввиду сложности решения такой проблемы, особенно в многокомпонентных системах, где коноды располагаются на так называемых конодных плоскостях, а диаграммы состояния зачастую отсутствуют, в настоящем проекте предлагается осуществить первый этап такого исследования, а именно, очертить границу области ликвации для 550 °С в разрезе 70 мол. % SiO_2 для системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$. Выбор данной температуры и содержания кремнезема обусловлены практическим применением именно этих значений при промышленном получении пористых стекол (уникальных адсорбентов, разделительных мембран и т.д.) из двухфазных НБС стекол. Достичь данной цели предлагается путем введения Cr_2O_3 в широкий интервал концентраций (от десятых долей до десятка мол. %) в стеклообразующую НБС систему. Это позволит охватить различные типы морфологии сосуществующих ликвационных фаз в стекле, очертить ориентировочную границу области ликвации

для выбранного разреза, а также установить первичные поля кристаллизации хромсодержащих фаз в случае их образования (методы исследования – СЭМ, РФА). В работе также планируется изучение валентного состояния и структурного положения ионов хрома различными методами (химический анализ, ИК-спектроскопия, ЭПР, РФЭС). Различные концентрации введенного Cr_2O_3 обуславливают различные свойства полученного стекла: люминесцентные (малые концентрации), полупроводниковые (средние и большие концентрации), магнитные (большие концентрации, кристаллизация). В связи с чем в проекте также запланировано изучение люминесцентных, электрических и магнитных свойств полученных стекол стандартными методами. Также планируется провести исследование химической устойчивости хромсодержащих стекол к водным растворам минеральных кислот с точки зрения оценки возможности получения из них пористых стекол. Изучая широкий диапазон составов хромсодержащих стекол, можно будет сделать заключение о применимости тех или иных композиций в современных практических областях. Работы по исследованию влияния введения Cr_2O_3 на строение и свойства стекол базовой трёхкомпонентной НБС системы имеют весьма разрозненный и несистематический характер. Сведений по систематическому исследованию процессов ливкации и кристаллизации в стеклах системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$ в литературе не обнаружено. Таким образом, главной целью настоящего проекта является восполнение пробела в области исследования процессов ливкации и кристаллизации в стеклах системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$ и их влияния на свойства получаемых стекол, что представляет научный и практический интерес, как с точки зрения изучения фундаментальных аспектов стеклообразования в системах с поливалентными элементами, так и для решения задач электрооптики и микроэлектроники.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122082400058-2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Солнечная энергетика является экспоненциально растущей индустрией, на которую приходится около 2 % общего мирового производства электроэнергии [World energy resources 2016 (World Energy Council), <http://www.worldenergy.org/publications/2016/world-energy-resources-2016>]. Будучи крупнейшей страной, Россия обладает огромным потенциалом в области солнечной энергетики, который остается нереализованным. Успешное развитие мировой фотоэлектрической промышленности обусловлено как быстрым увеличением объема производства традиционных кремниевых солнечных панелей (что приводит к значительному снижению их цены), так и постоянной разработкой и постепенным внедрением новых типов солнечных батарей. Перовскитные солнечные батареи на основе комплексных галогенидов свинца выглядят наиболее перспективными среди всех «развивающихся» фотоэлектрических технологий.

Во-первых, они показывают самый быстрый рост эффективности преобразования света (ПСЭ или к.п.д.) со временем. Сейчас лучшие лабораторные образцы перовскитных солнечных элементов показывают сертифицированные к.п.д. более 25 %, что близко к характеристикам солнечных элементов на основе кристаллического кремния (26.7 %) [M. Green et al. Prog Photovolt Res Appl. 2020, 28, 3].

Во-вторых, перовскитные солнечные элементы продемонстрировали беспрецедентно низкую чувствительность к примесям и дефектам, что позволяет производить их из дешевых материалов без какой-либо существенной очистки, как требуется в случае кремния и других неорганических полупроводников.

В-третьих, перовскитные солнечные панели могут быть изготовлены с использованием низкотемпературных растворных методов, что открывает широкие возможности для их масштабного производства с использованием дешевых и высокопроизводительных технологий рулонной печати. Таким образом, солнечные батареи на основе комплексных галогенидов свинца и кристаллического кремния близки по эффективности, тогда как стоимость фотоэлектрических панелей на основе перовскитных материалов может быть существенно ниже: вероятно, более чем на 50 %, согласно недавней оценке [L. Meng et al. Nat. Commun. 2018, 9, 5265]. Кроме того, поскольку кремниевые солнечные панели уже достаточно дешевы и их цена составляет меньшую часть полной стоимости фотоэлектрической системы, крайне важно сейчас повысить к.п.д. преобразования света, чтобы сделать производство электроэнергии еще дешевле. Поэтому значительные усилия сосредоточены на объединении ячеек на основе кристаллического кремния и комплексных галогенидов свинца в tandemные устройства, которые в настоящее время демонстрируют к.п.д. >29 %. С учетом вышесказанного, нет никаких сомнений в том, что у перовскитных фотовольтаических технологий имеется большой потенциал и они в перспективе могут изменить облик мировой энергетики. Критическим фактором, ограничивающим коммерциализацию перовскитных солнечных элементов, является их низкая эксплуатационная стабильность. Исполнители данного проекта впервые показали, что комплексные йодиды свинца разлагаются под действием света [A. F. Akbulatov et al. J. Phys. Chem. Lett. 2017, 8, 1211, L.A. Frolova et al. Chem. Comm. 2015, 51, 14917]. Тем не менее, мы недавно установили [A. F. Akbulatov et al. J. Phys. Chem. Lett., 2020, 11, 1, 333], что большинство реакций разложения комплексных галогенидов свинца являются обратимыми. Следовательно, перовскитный полупроводниковый материал может восстанавливаться после облучения в темноте, если мы предотвратим потерю всех летучих компонентов из активного слоя устройства. Эта проблема может быть в значительной степени решена оптимизацией других компонентов устройства, например, за счет разработки смежных электрон-транспортных слоев (ETL) с улучшенными электрическими и физико-химическими характеристиками, в том числе способностью эффективно инкапсулировать фотоактивный перовскитный слой и подавлять его деградацию [A. G. Boldyreva et al. ACS Appl. Mater. Interfaces, 2020, 12, 16, 19161].

Основной целью данного проекта является разработка принципов и методов рационального дизайна новых электрон-транспортных материалов с заданными свойствами, способных существенно увеличить срок службы перовскитных солнечных элементов, что необходимо для коммерциализации этой технологии. Следует также отметить, что данный проект полностью соответствует направлению Н2 Стратегии научно-технического развития Российской Федерации «Переход на экологически чистое и ресурсосберегающее

производство энергии, повышение эффективности добычи и переработки углеводородного сырья, создание новых источников и технологий для производства, транспортировки и хранения энергии».

Бюджет: Р 18 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № 122090900068-1

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛО

Стремительное развитие технологий солнечной энергетики и нанотехнологий значительно расширило возможности использования солнечных энергетических систем, чем актуализировало данное направление не только в государствах, расположенных на территориях с большой активностью солнца, но и по всему миру, в том числе и в России. В настоящее время наблюдается глобальный прирост доли солнечной энергетики в странах Европы, США и Китае. В России на данный момент завершился первый этап программы развития возобновляемой энергетики, утверждённой Министерством энергетики Российской Федерации. На данном этапе уже запущены первые солнечные электростанции, доля солнечной генерации которых составляет порядка 30 % от целевого значения. Согласно утверждённым Министерством энергетики Российской Федерации перспективам развития отрасли возобновляемая энергетика будет укреплять свои позиции, и солнечная энергетика в России продолжит развиваться. Солнечные энергетические системы обладают рядом существенных преимуществ перед традиционными источниками энергии, однако их недостатком является низкий КПД генерации. Увеличить производительность такой системы можно за счёт улучшения теплофизических свойств теплоносителя. Большинство традиционных теплоносителей в чистом виде не обладают хорошими абсорбционными и теплообменными свойствами. Теплофизические и оптические свойства теплоносителей, используемых для преобразования солнечной энергии в тепло, можно значительно изменить путём добавления в них наночастиц, повысив тем самым производительность всей системы. Использование для этих целей углеродных наночастиц позволяет существенно повысить эффективность фототермического преобразования, так как они являются чёрными в отличие от традиционных прозрачных теплоносителей и обладают максимальным коэффициентом поглощения солнечного света. Проект направлен на получение и исследование теплофизических и оптических свойств устойчивых наножидкостей, которые можно будет использовать в качестве эффективных теплоносителей для высокоэффективного преобразования солнечной энергии в тепло в тепловых солнечных системах. Данное исследование включает в себя все этапы создания теплоносителя на основе наножидкости: электродуговой синтез наночастиц графена, многостенных углеродных нанотрубок и углеродных сажевых глобул, их полную характеризацию; получение устойчивых наножидкостей с различными концентрациями наночастиц и жидких теплоносителей (вода, этиленгликоль), совместное исследование теплофизических (теплопроводность, вязкость,

реологические параметры) и оптических свойств полученных наножидкостей. Будет исследовано влияние размерных и структурных параметров наночастиц на коэффициент поглощения наножидкостей, влияние размера и концентрации наночастиц на теплофизические характеристики жидкого теплоносителя. Полученные данные позволят оптимизировать состав теплоносителей для высокоэффективного преобразования солнечной энергии в тепло.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № АААА-А18-118032190106-0

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА КРЕМНИЯ С ДИСЛОКАЦИЯМИ, КАК ЭЛЕМЕНТ ИНЖЕНЕРИИ ДЕФЕКТОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рост мировой экономики влечет неуклонное увеличение потребления энергии. Поскольку запасы углеводородов неуклонно уменьшаются, наблюдается стремительный рост вклада возобновляемых источников энергии в общую энергетику. Особенно бурно в настоящее время развивается солнечная энергетика.

Основная научная задача в этой области сейчас связана с поисками способов дальнейшего снижения себестоимости солнечных элементов за счет более дешевых способов производства кремниевых пластин из дешевого (но более грязного) исходного кремния. Для изготовления из такого дешевого кремния солнечных элементов с высокими КПД требуется развитие и применение «инженерии дефектов» - специальных технологических приемов, основанных на хорошем знании свойств дефектов и примесей и реакций между ними и позволяющих увеличивать диффузионную длину неосновных носителей тока за счет собирания дефектов и примесей в специально отведенных местах или снижения рекомбинационной активности дефектов за счет различных реакций между ними.

Разработка технологий «инженерии дефектов» в кремнии с дислокациями и высокой концентраций примесей переходных металлов требует проведения исследований фундаментального характера, направленных на получение знаний о реакциях примесей и точечных дефектов с дислокациями, электронных свойствах примесей, захваченных на дислокации, генерации точечных дефектов при движении дислокаций, концентрации и свойствах этих дефектов и т.п. На сегодняшний день в литературе практически отсутствуют такие данные.

В связи с этим в рамках Проекта планируется изучить взаимодействие атомов переходных металлов с дислокациями и дефектами, образующимися при движении дислокаций, в кремнии.

Будут получены новые результаты об электрической активности атомов металлов (железа, хрома и т.п.) на дислокациях.

Будут проведены оценки энергии связи вакансионных ком-

плексов, образующихся при движении дислокаций, используя их реакцию с переходными металлами: $Mi+Vx \Rightarrow Ms+x$. Полученные в работе результаты могут быть использованы для совершенствования технологий, связанных с «инженерией дефектов» при производстве солнечных элементов из кремния, содержащего дислокации.

Бюджет: Р 0.5 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № АААА-А18-118062190135-7

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЁНОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.

Проект направлен на исследование новых гетерогенных материалов, перспективных для создания солнечных батарей. К задаче проекта также относится определение физической природы свойств интерфейса между тонкой сегнетоэлектрической пленкой и кремнием. Это позволит найти пути существенного улучшения характеристик фотостимулированной генерации напряжения (фото-ЭДС) и предложить новый дизайн солнечных элементов. При этом также будет решаться задача создания повышенной концентрации носителей заряда в кремнии в области интерфейса. Решение этих задач позволит определить пути создания новых рабочих элементов солнечных батарей, что будет существенным вкладом в развитие солнечной энергетики республики Татарстан.

Бюджет: Р 1.05 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № АААА-А18-118091290026-7

ГИБРИДНЫЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ: СТРУКТУРА, ТЕРМОДИНАМИКА, СВОЙСТВА

Проект направлен на систематическое изучение термодинамики образования многофункциональных гибридных органо-неорганических перовскитоподобных материалов состава $ASnX_3$ (где А – метиламмоний, формамидиний, Cs, Rb; X – Cl, Br, I), $APbX_3$ (где А – формамидиний, Cs, Rb; X – Cl, Br, I), $(CH_3NH_3)_2BX_4$ (где В – Sn, Pb, 3d-элемент; X – Cl, Br, I), ABX_4 (где А – R-(NH₃)₂, NH₃-R-Z, (NH₃)₂-R-Z; Z = SO₃H, COOH, OH; R – алкил; В – Pb, Sn, 3d-элемент; X – Cl, Br, I), $A^*MCl_3 \cdot H_2O$ (где А – C₄H₁₂N₂ – пиперазиний; М – NH₄, K, Rb, Cs; X – Cl, Br, I), что включает

также синтез новых гибридных протон-проводящих материалов и получение новой термодинамической информации о процессах деградации гибридных органо-неорганических перовскитоподобных материалов в различных условиях окружающей среды.

Будут измерены изобарные теплоёмкости и стандартные термодинамические функции образования объектов исследования. Будут синтезированы и исследованы новые гибридные органо-неорганические перовскитоподобные материалы ABX_4 (где А – NH₃-R-Z, (NH₃)₂-R-Z; Z = SO₃H, COOH, OH; R – алкил; В – Pb, Sn, 3d-элемент; X – Cl, Br, I), обладающие протонной проводимостью, что позволит создать новый класс протонных проводников для различных электрохимических приложений. Всё это позволит сформулировать научно обоснованные критерии поиска новых материалов для различных приложений и предложить такие материалы.

Актуальность работы обусловлена тем, что к настоящему времени, несмотря на бурный прогресс в сфере солнечной энергетики, вызванный применением гибридных органо-неорганических материалов, в литературе за редким исключением отсутствует даже базовая термодинамическая информация об этих объектах. А в тех редких случаях, когда она имеется, надёжность её не высока, и она требует дополнительной проверки.

В результате полностью отсутствует возможность прогнозирования поведения таких материалов в тех или иных условиях окружающей среды, 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. Гибридные органо-неорганические перовскитоподобные материалы, обладающие протонной проводимостью, будут получены впервые, что позволит создать новый класс протонных проводников, перспективных для применения в различных электрохимических приложениях.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.3 Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии

НИОКТР № АААА-А18-118110990070-1

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ФОТОЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТРОЙНОЙ СТРАТЕГИИ И НЕФУЛЛЕРЕНОВЫХ АКЦЕПТОРОВ.

Солнечная энергетика является одной из возобновляемых экологически чистых источников энергии. Полимерные солнечные фотоэлементы (ПСФ) из трех компонентов в активном слое рассматриваются как эффективная стратегия увеличения их эффективности. Эта стратегия сочетает достоинства однослойных бинарных (простота изготовления) и tandemных (расширенное светопоглощение) устройств. В результате, в тройных системах многие аспекты традиционных бинарных ПСФ могут быть улучшены. В этом проекте мы предлагаем высокоэффективные и стабильные ПСФ, объединяющие преимущества нефуллереновых акцепторов и тройной стратегии. С этой

целью будут разработаны и синтезированы два новых хорошо совместимых не-фуллереновых акцептора и широкозонные сопряженные полимеры P1-P6, имеющие комплементарные спектры поглощения во всем диапазоне солнечного излучения и каскадно выравненные энергетические уровни, благоприятствующие сбору фотонов транспорту и разделению зарядов. Будут получены эффективные бинарные не-фуллереновые ПСФ состава DPDISe:(P1-P6) и HFA-1:(P1-P6). На основе предложенных бинарных ПСФ будут разработаны новые не-фуллереновые тройные ПСФ (P1-P6):DPDISe:HFA-1. Тщательно подобрав соотношения не-фуллереновых акцепторов, предложенные тройные ПСФ будут демонстрировать эффективность выше, чем у бинарных ПСФ DPDISe:(P1-P6) и HFA-1:(P1-P6), благодаря улучшению J_{sc}, V_{oc} и ФЭ за счет усиления сбора фотонов, скорректированных каскадных энергетических уровней и оптимизированной морфологии пленок соответственно.

Бюджет: Р 15.56 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра

НИОКТР № 122031000033-1

РАЗВИТИЕ РОТОРНОЙ АЭРОДИНАМИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Целью проекта является проведение поисковых исследований для получения новых знаний о нестационарных процессах при обтекании роторов ветротурбин, в результате развития современных методик диагностики, превосходящих мировой уровень. Задача проекта всесторонне изучить аэродинамические особенности течений для новых условий эксплуатации ветротурбин, выявлять и объяснять механизмы сложных явлений роторных взаимодействий для построения новых аэродинамических моделей и схем. Как результат будут выработаны рекомендации для конструирования рабочих колес с более комфортными условиями эксплуатации, пониженным уровнем пульсаций от распада вихрей и с устранением негативного влияния пульсаций ветрогенераторов в парках на элементы оборудования. В новых исследованиях необходимо обосновать выбор оптимальной формы для лопасти ветротурбины. Следует получить ответ на вопрос, как влияет различие в приосевой форме лопасти на производительность турбины, чтобы правильно оценить теоретические решения. Определить роль турбулентных пульсаций набегающего потока на эффективность работы ветротурбин, исследовать модельные установки при повышенных уровнях турбулентности набегающего потока и сопоставить их с имеющимися данными для практически безтурбулентного режима. Внимание следует уделить изучению влияния возмущений в следах предыдущих турбин, на развитие ближнего следа последующих турбин и попробовать использовать дополнительную генерацию различных возмущений, чтобы выявить динамику разрушения ближнего следа. Научно обоснованные технические решения, по определению оптимального взаимодействия ветряных турбин, обусловленных проблемой выбора оптимальных эксплуатационных параметров при разных вариациях набега-

ющего потока, полученные в ходе выполнения проекта, будут использованы для повышения энергоэффективности, экономичности, надежности и безопасности рабочих колес осевых турбин в ветроэнергетике.

Бюджет: Р 12 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра

НИОКТР № 122032300382-4

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НАД НЕОДНОРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Основная научная проблема, на решение которой направлен проект - усовершенствование представления пограничного слоя атмосферы в моделях прогноза погоды и климата с учетом локальных неоднородностей подстилающей поверхности. Решение данной проблемы будет иметь приложения во многих задачах, включая прогнозирование опасных погодных явлений, ветрового климата городов, горных и прибрежных территорий, ветроэнергетику, распространения загрязнений и решения задач городского и сельскохозяйственного планирования. С этой целью в проекте решается задача определения физических механизмов формирования структуры и динамики атмосферной турбулентности и волновых процессов в условиях пространственно-неоднородной поверхности и разработки параметризаций для расчета характеристик энерго- и массообмена между атмосферой и поверхностью в условиях различных типов поверхностных неоднородностей. В настоящем проекте будут использованы системы разнесенных в пространстве турбулентных датчиков, что позволит проследить формирование неоднородного турбулентного потока при различных фоновых условиях. Такие долгопериодные всепогодные измерения в мире единичны, а в России проводятся впервые. При этом особый акцент при анализе временных рядов будет сделан на определение роли организованных структур турбулентности в вертикальном потоке импульса и скалярных величин; эти структуры будут идентифицированы как по известным методикам (квадрантный, гармонический анализ, вейвлет-анализ), так и в рамках оригинального подхода с привлечением турбулентных моментов высших порядков. Оценки пространственного распределения характеристик турбулентности также будут опираться на результаты численного гидродинамического моделирования. Использование турбулентно-разрешающих моделей позволяет получить информацию высокого разрешения о пространственной структуре и временной изменчивости течения, что, в частности, позволяет исследовать вклад крупномасштабных структур в процессы переноса импульса и тепла в условиях городской поверхности. В рамках такого комплексного (основанного на данных как измерений, так и моделирования) подхода механизмы формирования, характеристики и динамика крупных структур при наличии неоднородной поверхности исследуются впервые. Разработанные в рамках проекта параметризации пограничного слоя атмосферы над неоднородной поверхностью будут рекомендованы к использованию в моделях погоды и климата, что в перспективе будет способствовать улучшению качества климатических и региональных

прогнозов. Сочетание традиционных и новаторских методов исследования, натурных наблюдений и численного моделирования позволит получить новые и более полные научные результаты и существенно продвинуться в решении задач проекта, относительно текущего состояния исследований по данной тематике в мире. Практическая значимость проекта связана возможностью использования его результатов при решении задач городского и сельскохозяйственного планирования, задачи повышения качества метеорологического прогноза, в частности, прогноза распространения загрязнений, ветрового и теплового режима над урбанизированными, прибрежными и горными регионами.

Бюджет: Р 18 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ ИМ. А.М. ОБУХОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра

НИОКТР № 122040400044-5

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ШПИЛЬКОНАТЯЖИТЕЛЯ С КОНТРОЛЕМ ВЫТЯЖКИ

Цель проекта: Разработка прототипа «Автоматизированного шпильконатяжителя с контролем вытяжки». Задачи проекта:

- определение линейного перемещения (вытяжки шпильки) с точностью единицы мкм;
- разработка многоступенчатого алгоритма натяжения;
- разработка механизма автоматической затяжки гаек с требуемым усилием.

Актуальность проекта заключается в решении основных проблем: Автоматизации производственного процесса. Исключение человеческого фактора при выполнении ответственных работ. Увеличение производительности затяжки болтового соединения.

Ожидаемые результаты: Рабочий прототип шпильконатяжителя для уплотнения/разуплотнения фланцевых соединений с заданным усилием в автоматическом режиме.

Ожидаемые характеристики: Измерение вытяжки шпильки с точностью 1–5 мкм в диапазоне 5 мм.; Время цикла уплотнения, 1–10 мин; Максимальная величина высокого прецизионного давления, не менее 700 бар; Точность установки значения высокого давления, не более 1 %. Разрабатываемое изделие будет востребовано на высокотехнологичных промышленных предприятиях, где существуют задачи уплотнения и разуплотнения ответственных фланцевых соединений с помощью болтовых соединителей. Например: на предприятиях энергетического комплекса ТЭЦ, АЭС, ГЭС, объектах ветроэнергетики, химических производствах, нефти-газопроводах и т.д. Продукция будет востребована корпорациями Росатом, Роскосмос, Роснефть, Газпром, Русгидро и т.д.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТОРДОКИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра

НИОКТР № 122041400260-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЕВЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ МАЛЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ РЕГИОНА

Архангельская область обладает большим и еще не использованным ветроэнергетическим потенциалом. Существует возможность создания надежной и эффективной системы электроснабжения удаленных поселений, которая будет использовать местные возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Электроснабжение этих районов на данный момент чаще всего осуществляется маломощными электростанциями, работающими на традиционном органическом топливе. Транспортировка топлива значительно увеличивает его стоимость. Помимо этого, при транспортировке в суровых климатических условиях существует повышенный риск разливов и утечек топлива, а работа энергетических установок, использующих ископаемые виды топлива, оказывает негативный экологический эффект на хрупкие северные экосистемы. Международный опыт показывает, что гибридные системы с использованием ветроэнергетических установок (ВЭУ), не включенные в систему центрального электроснабжения, могут обеспечить технически осуществимое и экономически обоснованное решение энергетических проблем, с которыми сталкиваются отдаленные северные районы. Наиболее актуальным является использование ВЭУ малой мощности, так как чаще всего удаленные населенные пункты характеризуются небольшим энергопотреблением. Основная нагрузка связана с зимним периодом времени, когда активно используется освещение в связи с сокращенным световым днем и электроотопление. Однако существуют риски при использовании ветроэнергетических установок в северных условиях в зимнее время года. Одним из таких общеизвестных рисков является обледенение лопастей. К негативным последствиям образования льда относится нарушение аэродинамики лопастей, что приводит к снижению подъемной силы и увеличению сопротивления. Снижение аэродинамических показателей лопастей ВЭУ приводит к уменьшению среднегодовой производительности энергии ветровой электростанции и, как следствие, к экономическим потерям. Кроме того, нарастание льда происходит неравномерно, что нарушает баланс и вызывает вибрацию. Это приводит к сокращению срока службы ветроэнергетической установки, механическому разрушению, обрушению льда и возможному ущербу здоровью человека. На данный момент в авиационной промышленности разработаны компьютерные коды для моделирования обледенения крыльев самолетов. Однако почти ни один из этих кодов не доступен для исследователей в области ветроэнергетики. Более того, эти коды учитывают требования авиационной промышленности, которые отличаются от требований ветроэнергетической промышленности. В отличие от крыла самолета, лопасти ветроэнергетической установки работают на дозвуковой скорости. Кроме того, размеры лопастей меньше, а углы атаки выше. Поэтому для исследователей в области ветроэнергетики важно иметь инструменты, разработанные специально для работы ветроэнергетических установок. Для оценки влияния льда на работу ветроэнергетической станции важно понять, как он образуется и в какой степени он может повлиять на работу установки. Решение проблемы обледенения лопастей ветроэнергетических установок позволит модернизировать энергосистемы удаленных территорий за счет использования местных возобновляемых

источников энергии и повысить энергетическую устойчивость региона. Данный проект направлен на изучение процесса обледенения лопастей горизонтально-осевых ветроэнергетических установок малой мощности. На данный момент в мире наибольшее распространение получили ветроустановки мощностью 1 МВт, 2 МВт и больше. Промышленные ВЭУ данной мощности хорошо изучены, однако не подходят для небольших удаленных населенных пунктов. В связи с этим актуальной является задача исследования обледенения лопастей малых ВЭУ. В рамках проекта будут проводиться исследования потока воздуха, влияния температуры, скорости ветра, влажности, размера капель, кривизны и геометрии лопастей, шероховатости на процесс образования льда, его характеристики и форму. Будут выполнена оценка поведения процесса образования льда на лопастях малых ВЭУ, определены области подверженные наибольшему обледенению. Проведено сравнение различных геометрий лопастей с целью определения наименее подверженной обледенению при широком спектре различных климатических условий, а также при соблюдении баланса энергетической эффективности всей ветроэнергетической установки. Результаты моделирования будут подтверждаться экспериментальными исследованиями в аэродинамической трубе. В ходе работы будут выполнены моделирования различных режимов работы ветроэнергетической установки, направленных на сокращение последствий обледенения (временная остановка ВЭУ, работа в номинальном режиме, сокращение скорости вращения ротора при условиях обледенения). В результате будет выбран наиболее оптимальный режим работы, который позволяет сократить обледенение лопастей с наименьшими потерями в выработке энергии. Проблема предсказания образования льда также является актуальной при эксплуатации ветровых электростанций. От точности прогноза зависит эффективность примененных действий для сокращения образования льда. В рамках проекта на основе статистических метеорологических данных и результатах моделирования обледенения будет создана новая математическая модель, с помощью которой можно выполнять прогнозирование характеристик образования льда в зависимости от климатических условий.

Бюджет: Р 2.85 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.4 Технологии электрогенерации на основе энергии ветра

НИОКТР № 122060700022-8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕТРОПАРКОВ

В связи с ростом установленных мощностей ветропарков по всему миру проблематика, связанная с изучением взаимодействия ветровых турбин и их комплексов (ветропарков) с атмосферным пограничным слоем, становится актуальной и значимой как в ветроэнергетической практике, так и в научных сообщениях по исследованиям атмосферы. Россия заметно отстает от технологических лидеров ветроэнергетической индустрии.

Вместе с тем имеющиеся оценки технического и экономического потенциала отечественной ветроэнергетики сви-

детельствуют о возможности покрытия не менее трети от существующей потребности в электроэнергии за счёт ветрогенерации. Во многом развитию отечественной ветроэнергетики препятствуют нерегулярный и низкий ветропотенциал на большей части территории Российской Федерации, а также сложные метеорологические условия с частыми переходами температурного режима «через ноль» и осадками, которые способствуют образованию наледи на рабочих поверхностях ветровых турбин.

Следствиями этого являются длительные фазы работы ветроэнергетических комплексов в неэффективных аэродинамических режимах, либо технологических простоев, связанных с производством работ по очистке от наледи, что, в свою очередь, приводит к необходимости в избыточных (и дорогостоящих) резервах установленной мощности и накопителей энергии. Заявленный проект посвящён решению научной проблемы познания закономерностей влияния ветропарков на состояние атмосферного полидисперсного пограничного слоя.

Реализация проекта связана с развитием мезомасштабных моделей турбулентного переноса и созданием цифровых двойников атмосферного пограничного слоя ветропарка как средства исследования эффективности и отработки в вычислительном эксперименте технологий управления метеорологической обстановкой на локальных территориях (в частности путём «программируемого» выпадения в заданных технологических участках осадков вне рабочей зоны ветроколеса) посредством инъекций концентраторов влаги и рационального использования аэродинамического следа соседних ветротурбин.

Достоверное и точное прогнозирование эволюции взаимодействующего с ветропарком атмосферного пограничного слоя в широком диапазоне пространственных и временных масштабов даст ценную количественную информацию о потенциальном воздействии на местную метеорологическую обстановку и имеет большое значение для оптимизации как проектирования (размещения турбин), так и эксплуатации ветропарков.

Разрабатываемый в проекте цифровой двойник будет построен на основе оригинального аналитического ядра, обеспечивающего высокоточное моделирование тепломассопереноса и фазовых превращений при взаимодействии полидисперсного воздушного потока с сетью ветротурбин и рельефной поверхностью локальной территории Ульяновского ветропарка.

Помимо новизны постановки задачи, принципиальная новизна ожидаемых результатов связана с мезомасштабным развитием и использованием в аналитическом ядре проблемно-ориентированного комплекса средств исследования разработанной Н.Н. Ковальновым оригинальной полуэмпирической модели турбулентного переноса в пограничном слое дисперсных потоков с интенсивными воздействиями, в которой адекватно учтено воздействие влияющих факторов, в том числе полидисперсности пограничного слоя, орографии обтекаемой поверхности и градиента давления потока.

Посредством исследования цифрового двойника будут получены новые результаты и научные данные по закономерностям влияния ветропарков на состояние атмосферного полидисперсного пограничного слоя на локальных территориях, а также по оценке потенциала и эффективности технологий управления метеорологической обстановкой.

Реализация проекта обеспечит формирование научного и технологического задела для перехода к цифровым интеллектуальным технологиям производства энергии, основан-

ных на использовании ветра и адаптированных к природным особенностям территории Российской Федерации, будет способствовать ликвидации технологического отставания от мировых лидеров ветроэнергетической индустрии в области управляющей автоматике и контроля и создаст предпосылки для технологического лидерства в области рационального природопользования.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.5 Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики

НИОКТР № 122072800005-3

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ НАДЕЖНОСТИ

По результатам предварительного метрологического анализа измерений расхода жидких сред, осуществляемых с применением сужающих устройств, в атомной, тепловой и гидроэнергетике обнаружена систематическая составляющая погрешности в начале шкалы измерений, обусловленная несовершенством промышленных алгоритмов обработки измерительных сигналов, а именно, корнеизвлекающими функциями, которые устанавливаются «по умолчанию» Заводами-изготовителями на датчиках и в программно-технических комплексах АСУТП.

Так, установленные «по умолчанию» универсальные корнеизвлекающие зависимости на датчиках и программно-технических комплексах АСУТП не учитывают в полной мере индивидуальные характеристики сужающих устройств, параметры измеряемой среды и характеристики самого измерительного сигнала.

Вследствие этого возникает погрешность в воспроизведении функции изменений расхода в начале шкалы, приводящая к занижению показаний измерительных каналов.

Применяемые в настоящее время способы обработки сигналов измерительных каналов базируются на решениях 80-х годов, разработка и применение которых были актуальны для того уровня развития измерительной техники и автоматизации атомных и тепловых станций, нефтехимических предприятий и других производств.

На сегодняшний день применение данных методов не оправдано, так как возможности цифровой обработки измерительных сигналов и классы точности серийно выпускаемых датчиков позволяют на качественно новом уровне осуществлять промышленные измерения с учетом множества индивидуальных характеристик сужающих устройств, параметров измеряемой среды и целого ряда характеристик измерительного сигнала.

В результате проекта будет разработан новый метод реализации измерительных каналов расхода жидких сред по перепаду давления на сужающих устройствах, отличающийся от известных применением нейронных сетей, вместо корнеизвлекающих функций, работающих в режиме реального времени, позволяющий снизить погрешность измерительного канала в первой половине шкалы и обеспечивающий высокую

надежность.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.5 Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики

НИОКТР № 122111500003-8

РЕВЕРСИВНЫЕ НАСОС-ТУРБИНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ИМПЕЛЛЕРА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Целью проекта является разработка и оптимизация геометрии реверсивной насос-турбины для развития современных технологий высокоэффективного накопления энергии. Проект будет сосредоточен на исследовании и моделировании нестационарных течений, взаимодействия ротор-статор, кавитации и стабильности кривой производительности. Результаты исследования позволят получить новое и более глубокое понимание физики этих гидродинамических процессов, критически влияющих на производительность насос-турбины. Это, в свою очередь, поможет создать научную базу для создания конкурентоспособного гидроэнергетического оборудования. Важным с научной и прикладной точки зрения является то, что будет накоплена обширная база экспериментальных данных по закрученному турбулентному потоку в насос-турбине, в том числе при наличии крупномасштабных вихревых структур и кавитации, не имеющая аналогов в мире. Экспериментальные результаты будут использованы для верификации численных расчетов, проводимых в Технологическом институте Рурки. Численные результаты будут в дальнейшем использованы для масштабирования, анализа и получения эксплуатационных характеристик реального прототипа насос-турбины. Таким образом, в рамках выполнения проекта будут разработаны научные и научно-технические основы создания новой реверсивной насос-турбины с переменной скоростью вращения импеллера для аккумулирования энергии. Финальным результатом проекта станет разработка конечного продукта – оптимизированной геометрии рабочего колеса и проточного тракта реверсивной насос-турбины, – который пройдет все необходимые испытания стандарта МЭК и будет предложен для внедрения при проектировании новых и высокоэффективных гидроаккумулирующих станций накопления энергии в странах БРИКС. Эта работа представляет большой интерес для стран БРИКС, поскольку гидроэнергетика является важным источником энергии среди других возобновляемых источников. Сотрудничество и обмен знаниями между тремя странами, а именно Индией, Китаем и Россией для этого проекта, помогут охватить все аспекты, начиная от разработки модели до оптимизации конечной геометрии.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.6 Технологии для освоения геотермальных ресурсов, в том числе глубоко залегающих горячих горных пород.

НИОКТР № 122013100136-4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА НА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В современном мире возобновляемая энергетика является одним из ведущих мировых трендов. Огромным потенциалом обладает геотермальная энергетика. Перспективность освоения геотермальных месторождений с целью выработки электроэнергии очевидна. Технология выработки электрической энергии на основе глубинного тепла Земли позволяет конкурировать с традиционными тепловыми станциями. Так, еще в 2010 году себестоимость электроэнергии на Мутновских ГеоЭС (Камчатка), являющихся флагманами геотермальной энергетики России, за киловатт-час по отношению к обычным ТЭС была в 3,7 раза ниже. Эксплуатация геотермальных месторождений направлена не только на выработку электроэнергии, горячие воды земных недр используются в бальнеологии, для теплоснабжения жилых и производственных помещений, развиваются технологии циркуляционных систем, позволяющих извлекать тепло сухих горных пород, геотермальные флюиды привлекают внимание исследователей как источник ценных химических компонентов и соединений. Исследование процессов тепломассопереноса на геотермальных месторождениях позволит разработать рекомендации по совершенствованию технологий добычи и транспортировки геотермальной энергии к потребителю, что повлечет снижения себестоимости продукции, позволит улучшить экологию. Планируется участие в международных конференциях и конгрессах, публикации в журналах перечня ВАК, цитируемых в РИНЦ, Scopus, Web of Sciences.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 121091300040-1

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ТОРРЕФИКАЦИИ БИОМАССЫ

Рост цен на ископаемое топливо и ужесточение экологических требований обуславливает возрастание интереса к использованию возобновляемых источников энергии, среди которых биомасса может рассматриваться как достаточно большой по объему и относительно легко доступный ресурс. Ресурсы некоторых видов биомассы (твердые отходы растениеводства: солома, лузга подсолнечника, риса и т.д.) ежегодно обновляются, а их объемы в России таковы, что могут в значительной степени заменить собой угли, добыча и использование которых несет серьезные экологические проблемы. Вместе с тем в исходном состоянии биомасса имеет относительно невысокую теплоту сгорания, биомасса гидрофильна, подвержена биологической деградации, а при совместном

сжигании биомассы с углем в пылеугольных котлах электростанций резко возрастают энергозатраты на измельчение этой топливной смеси. Решение указанных проблем видится в предварительной термической обработке биомассы методом торрефикации при температуре 200 – 300 °С в бескислородной среде. Однако процесс торрефикации – это эндотермический процесс, требующий порядка 4 кДж тепловой энергии на 1 кг исходной биомассы. В проекте предлагается исследовать процесс окислительной торрефикации биомассы – малоисследованный технологический процесс, протекающий в газовой среде с некоторым содержанием кислорода. Основное ожидаемое преимущество данной технологии – использование экзотермических процессов, протекающих при нагреве биомассы в присутствии кислорода, что должно ускорить процесс торрефикации и снизить энергозатраты на его осуществление. При этом сам процесс торрефикации будет осуществляться в кипящем слое, который, как предполагается, может рассматриваться как аккумулятор тепла для поддержания процесса торрефикации. С другой стороны, предполагается, что кипящий слой, благодаря высоким скоростям теплообмена с погруженными в кипящий слой поверхностями теплообмена или с ограничивающей кипящий слой стенкой, сможет, при необходимости, обеспечить быстрый отвод тепла, что предотвратит неконтролируемый рост температуры биомассы. Будет исследован экзотермический эффект при торрефикации различных видов биомассы, содержащих различное количество гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина. Будут определены пределы использования экзотермических эффектов, что позволит исключить переход процесса торрефикации в процесс газификации или горения. Реализация проекта позволит получить фундаментальные представления о процессе окислительной торрефикации биомассы в кипящем слое, которые в будущем позволят проектировать высокоэффективные реакторы для получения высококачественного биотоплива.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122011800536-1

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ (В Т.Ч. НА ТРАНСПОРТЕ) И КОНТРОЛЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ (ВОДОРОД, МЕТАН, ПРОПАН-БУТАН)

Целью проекта является создание комплексной системы управления энергообеспечением автономных и условно-автономных объектов, имеющих в своем составе набор источников энергии, набор потребителей энергии и систему хранения энергии (далее ПАК). ПАК представляет собой совокупность «узлов» (составных частей), работающих как в комплексе, так и в качестве независимых устройств. Данный НИО-

КР направлен на разработку двух типов «узлов», являющихся частью ПАК: датчики уровня газомоторного топлива и система накопления энергии KS2 ESS в различных модификациях, направленных на расширение области применения разрабатываемых устройств. Базовое изделие «Ультразвуковой датчик уровня сжиженного газа для СУГ (пропан-бутан)» и его модификации, разрабатываемые в рамках данного НИОКР, предполагают применение в следующих областях: Дополнительное оборудование для транспорта на разных видах газомоторного топлива: пропан-бутан (СУГ), метан компримированный и сжиженный (КПГ и СПГ), транспорт на водороде, а также инфраструктура для функционирования газифицированного транспорта (например, оборудование для газозаправочных станций, системы мониторинга и др.) Базовое изделие «Система накопления энергии KS2 ESS. Вариант для автомобилей класса RV» и его модификации, разрабатываемые в рамках данного НИОКР, предполагают применение в следующих областях: Микро-энергосистемы на основе современных накопителей энергии, спроектированные по принципам SmartGrid и предназначенные для обеспечения работы подвижных и стационарных объектов (транспорт, роботы и роботизированные установки, промышленные и жилые объекты, распределенные объекты генерации ВИЭ), а также элементы инфраструктуры для их функционирования.

Бюджет: Р 27.93 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КС2 ИНЖИНИРИНГ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122021800200-0

НОВЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время одной из значимых целей мировой экономики является ее декарбонизация – снижение углеродного следа и в конечном счете переход к углеродной нейтральности. Российская Федерация осуществляет активную политику в области рационального природопользования с целью сокращения выбросов в атмосферу парниковых газов антропогенного происхождения. Водород рассматривается в качестве перспективного энергоносителя для решения задач по развитию низкоуглеродной энергетики. В настоящее время практически весь водород (до 98 %) производят из невозобновляемых ископаемых ресурсов (природный газ, уголь) по традиционным технологиям. Однако низкоуглеродным водородом считают водород, полученный по технологиям с обеспечиванием улавливания углекислого газа или с использованием возобновляемых источников энергии («зеленый водород»). Возможность использования неисчерпаемого, легкодоступного и чистого солнечного света создала бум в отрасли водородной энергетики по всему миру. Одним из самых перспективных способов получения «зеленого водорода» является прямое преобразование солнечного света в водород («солнечное топливо») в присутствии фотоактивных материалов. Однако низкая эффективность конверсии солнечного света на существующих фотоактивных системах по-прежнему является огромной проблемой в современном

научном мире. Поэтому поиск и разработка новых материалов с высокой активностью в солнечном свете и способов их получения на сегодняшний день представляет собой глубокую и комплексную задачу, решение которой позволит сделать значительный вклад в развитие углеродно-нейтральных технологий в рамках научно-технологического развития Российской Федерации. Настоящий проект посвящен разработке научных и технологических основ направленного синтеза гибридных оксидных систем с высокой эффективностью конверсии солнечного света в водород. При реализации проекта будут разработаны новые подходы к созданию гибридных оксидных систем на основе ряда металлов; установлено влияние технологических параметров и режимов термообработки (температуры, газовой атмосферы) на физико-химические характеристики и состав образующихся гибридных оксидных систем; исследовано влияние физико-химических характеристик и состава гибридных оксидных систем на кинетику фотоэлектрохимической генерации водорода под действием солнечного света; исследована кинетика совмещенных процессов генерации водорода и окисления органических загрязнений; оптимизированы процессы фотоэлектрохимической генерации водорода на гибридных оксидных фотоанодах под действием солнечного света.

Бюджет: Р 0.82 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122022800651-7

РАЗРАБОТКА ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНЫХ ГРАФИКОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Значительная суточная и недельная неравномерность электропотребления в европейской части страны и планируемое увеличение доли атомных электростанций в структуре генерирующих мощностей уже сегодня вызовет трудности в регулировании мощности и покрытии переменной зоны графика нагрузки, с прохождением ночного минимума нагрузки. Поэтому проблема, связанная с обеспечением переменных электрических нагрузок в суточном и недельном разрезах применительно для европейской части страны существенно обострена. Целью работы является поиск и изучение эффективных путей обеспечения неравномерных графиков электропотребления энергосистем европейской части России в условиях высокой доли АЭС в структуре генерирующих мощностей. Будут выполнены работы по изучению путей увеличения регулировочного диапазона по отпуску электроэнергии на теплоэлектроцентралях, эффективного использования возобновляемых источников энергии. Будут рассмотрены альтернативные пути аккумулирования энергии на атомных электростанциях. В условиях непрерывного повышения требований к безопасности атомных электростанций, вызванно-

го ростом числа устанавливаемых реакторов и удельных капиталовложений в их системы безопасности, предполагается поиск дополнительных путей надежного электроснабжения собственных нужд в аварийных ситуациях с обеспечением на основе разработки систем multifunctional резервирования.

Бюджет: Р 28.61 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122030300461-2

ИССЛЕДОВАНИЕ МАСШТАБОВ РАЗВИТИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТОВ ИХ ИНТЕГРАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ РОССИИ

Проект ориентирован на анализ условий, эффектов и рисков масштабного развития в энергосистеме России современных и перспективных технологий газовой генерации и когенерации на базе ГТУ и ПГУ (включая и установки распределенной энергетики), атомной энергетики, а также использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Актуальность данной проблемы определяется новой парадигмой развития мировой (в т.ч. и российской) электроэнергетики, основанной на гармонизации требований по повышению энергоэффективности, обеспечению экологической дружелюбности, а также физической и ценовой доступности для всех типов потребителей. В рамках проекта уделяется особое внимание формированию методической базы исследований, развитию методологии энергетического планирования и проектирования ЭЭС с учетом системного влияния широкого спектра низкоуглеродных технологий и новых направлений электрификации на режимы и эффективность функционирования и развития ЭЭС, взаимосвязи технических и экономических последствий интеграции новых типов генерирующего оборудования и потребителей. В частности, для разных типов низкоуглеродных технологий и новых типов потребителей планируется выделить состав ключевых технических эффектов, связанных с их интеграцией в ЭЭС, сформировать укрупненную оценку изменений этих эффектов в зависимости от масштабов новых технологических сегментов ЭЭС, оценить сопутствующие затраты (или выгоды) от их проявления, разработать подходы по учету совместного (интегрального) влияния выделенных эффектов при обосновании решений по развитию ЭЭС. Вместе с развитием методологии, в проекте предполагается развитие модельного инструментария исследований, в основе которого лежит интеграция математических моделей с разной функциональностью, позволяющих получить наиболее полную количественную оценку исследуемых эффектов и их влияния на перспективы развития ЭЭС. В частности, в рамках проекта предполагается совместное использование динамической оптимизационной модели развития ЭЭС совместно с моделью оперативного ее функционирования, обеспечивающей оптимизацию загрузки электростанций и перетоков мощности в сезонном и суточном разрезе. Это позволит получить комплексную оценку

эффективности изменения производственной структуры ЭЭС при разной интенсивности применения мер по снижению выбросов ПГ как в самой электроэнергетике, так и у конечных потребителей электроэнергии, с учетом влияния на режимы и затраты функционирования электростанций, а также цены электроэнергии: в краткосрочном плане (с учетом изменений внутригодового ценового профиля) и в долгосрочном (с учетом влияния на инвестиции, топливные и эксплуатационные затраты). Новизна исследовательского проекта заключается и в том, что при решении поставленной задачи учитываются особенности российской электроэнергетики, в том числе: необходимость масштабной замены морально и физически устаревшего оборудования тепловых электростанций, которые составляют основу отрасли, традиционно высокую долю ТЭЦ и сохраняющийся потенциал для дальнейшего развития теплофикации при модернизации систем централизованного теплоснабжения, наличие мощного сегмента атомной энергетики при относительно невысоких показателях использования мощности (КИУМ) ветряных и солнечных электростанций в большинстве регионов зоны централизованного электроснабжения, а также сравнительно низкие внутренние цены топлива. С учетом вышеперечисленного, в проекте значительное внимание уделено проработке вопросов технологического обновления тепловой (прежде всего газовой) энергетики. При этом с одной стороны, исследуется влияние межтопливной конкуренции со стороны АЭС и ВИЭ с учетом эффектов интеграции неуглеродной энергетики в ЭЭС, а с другой – исследуются масштабы перестройки в технологической структуре самой теплоэнергетики, развития низкоуглеродных парогазовых технологий, ко-генерации электроэнергии и тепла. Отдельное внимание уделяется исследованию эффективности увеличения в структуре генерирующих мощностей доли источников распределенной генерации с использованием газа, а также биомассы. В условиях вероятного существенного усиления экологических ограничений эффекты и масштабы структурной перестройки ЭЭС исследуются с учетом возможного введения мер экономического регулирования выбросов ПГ.

Бюджет: Р 10 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122031400667-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ДИЗАЙНА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ Zr-Al для ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЦЕТАЛЬДЕГИДА ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

Проект направлен на решение актуальной проблемы создания новых катализаторов дегидрирования алканолов, в частности, этанола. Биоэтанол, полученный путем ферментации биомассы отходов сельскохозяйственных и деревообрабатывающих предприятий, является перспективным возобновляемым источником энергии. Процесс неокислительного дегидрирования этанола обеспечивает перспективный способ получения ацетальдегида и водорода из возобновляемых ресурсов. Эффективность использование смешанных окси-

дов в качестве носителя определяется тем, что совмещает в себе термическую и фазовую стабильность твердого раствора циркония и хорошие текстурные свойства оксида алюминия. Даже небольшие внедрения оксида алюминия в состав исходной матрицы оксида циркония создает синергетический эффект и как следствие высокие показатели каталитической активности. В ходе проекта будут разработаны оптимизированные методики синтеза смешанных оксидных композиций с нанесенной активной фазой, их дизайну в зависимости от прикладных задач. Таким образом, настоящий проект позволит комплексно изучить процесс направленного формирования кислотных или основных центров нанесенных оксидных систем в зависимости от различных факторов, что является важной фундаментальной задачей на стыке областей – материаловедения, инженерных наук и органического гетерогенного катализа.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122031400715-2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ БИОМАССЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО И РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ МЕТОДОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОСОБЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ЗАМКНУТЫМ СОЦИАЛЬНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ЦИКЛОМ.

Цель научного исследования: Экспериментальные исследования процесса двухстадийной пиролизической конверсии твердых органических отходов с целью усовершенствования технологии за счет использования регенеративного подогрева реактора крекинга, а также за счет ведения процесса при избыточном давлении. Разработка энергоэффективной технологии термической конверсии биомассы с использованием тепла экзотермических реакций. Экспериментальные исследования процесса термохимической конверсии различных видов природных и синтетических полимеров в обоснование промышленной технологии. Проведение фундаментальных и прикладных исследований процессов конверсии продуктов газификации биомассы в ценные химические продукты. Создание промышленной технологии. Анализ комплексных природных водно-энергетических и углеводородных распределенных ресурсов, а также биохозяйственных и вторичных производственных ресурсов обособленных территорий с замкнутым социально-хозяйственным циклом (геоторий) с целью их энергетического использования. Классификация энергетической инфраструктуры геоторий с различными источниками и накопителями энергии. Анализ путей устойчивого развития Арктических территорий и эффективного освоения энергетических ресурсов в районах Арктической зоны России. Природоподобные, в том числе безотходные энергетические технологии и их роль в повышении энергоэффективности развития территорий. «Умные» саморазвивающиеся энергетические

«оазисы» обособленных территорий с замкнутым социально-хозяйственным циклом (геоторий). Энергетическая инфраструктура на базе ВИЭ в районах постоянного проживания населения на территории Арктической зоны России.

Бюджет: Р 99.65 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122031400723-7

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ В СЕБЯ УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОЙ, ВЕТРОВОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, А ТАКЖЕ СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Разработка методологических основ проектирования гибридных электроэнергетических комплексов, предназначенных для обеспечения бесперебойного электропитания потребителей переменного и постоянного тока с учетом климатических условий и особенностей потребителей и имеющих в своем составе в различных комбинациях возобновляемые источники энергии, накопители энергии, водородные энергоустановки, тепловые машины. Разработка и апробация методик расчетного обоснования оптимального состава таких систем, работающих как автономно, так и при наличии связи с локальной/централизованной электрической сетью. Разработка систем автоматического управления и набора алгоритмов для ведения требуемых режимов работы гибридных энергокомплексов.

Бюджет: Р 68.09 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122040600042-9

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КРУПНЫХ АВАРИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС) продолжают оставаться уязвимыми для крупных системных аварий и каскадных отключений.

В последние десятилетия в ЭЭС промышленно развитых стран мира (США и страны Европейского Союза) происходили крупные системные аварии, повлекшие за собой значительные ущербы.

Текущие тенденции к национальной интеграции различных энергосистем, вероятно, лишь увеличат риск ещё больших перебоев в передаче электроэнергии в будущем.

Современная либерализация экономики России способствует формированию крупных промышленных и деловых центров, свойства электросетевой структуры которых аналогичны свойствам западных энергообъединений (ЭО).

Можно ожидать, что в ближайшем будущем системные аварии в сетях мегаполисов и крупных промышленных центров России будут протекать по «западному» сценарию, при этом определяющими факторами будут устойчивость по напряжению и перегрузка элементов сети.

Первой такой крупной системной аварией, произошедшей в ЕЭС России, была авария в Московской энергосистеме в мае 2005 года. Очевидно, что задачи противодействия лавине напряжения и каскадному отключению линий в ЕЭС России становятся все более и более актуальными.

В условиях стремительного усложнения электрических сетей, либерализация рынков электроэнергии и увеличения проникновения возобновляемых источников энергии, современные энергосистемы должны стать гораздо «умнее», чтобы эффективно противостоять всё возрастающей угрозе крупных системных аварий. При этом надёжная эксплуатация крупных объединённых ЭЭС не может быть достигнута без полного понимания поведения системы во внештатных и аварийных условиях.

Существующая практика управления отдельными частями системы без знания «полной картины» может привести к ещё большим рискам крупных системных аварий. Традиционные методы оценки надёжности и устойчивости ЭЭС включают численные методы решения нелинейных уравнений потоков мощности и исследования переходных процессов с детальным моделированием для всех значимых нарушений режима работы ЭЭС. Из-за комбинаторной природы проблемы, эти подходы требуют большого времени вычислений и, следовательно, не могут быть эффективно использованы в режиме реального времени. В проекте предлагается новый интеллектуальный подход к системе мониторинга и управления режимами ЭЭС с целью раннего предупреждения опасных состояний режима и аварийных ситуаций прежде, чем они приведут к крупной системной аварии.

Предлагаемая система состоит из двух основных частей: нейросетевая предупредительная система для раннего выявления предаварийных состояний в энергосистеме, и иерархическая мультиагентная автоматика для предотвращения каскадного развития аварии. Концепция интеллектуального мониторинга для обнаружения проблем с неустойчивостью по напряжению, которые могут привести к системной аварии, основывается на принципе классификации (кластеризации) режимов работы ЭЭС с выявлением потенциально опасных состояний. Предложенный подход способен обнаруживать аварийные состояния, возникающие одновременно в разных частях крупной объединённой ЭЭС. Научная новизна проекта заключается в разработке новых алгоритмов и принципов реализации интеллектуального противоаварийного управления (ПАУ) на базе нейросетевых и распределённых адаптивных моделей, способных эффективно предупредить и предотвратить аварийную ситуацию прежде, чем она приведёт к каскадному развитию аварии и полному погашению всей энергосистемы. Предложенная схема превентивного ПАУ будет способна в автоматическом режиме поддерживать требуемый уровень надёжности ЭЭС. Отдельные положения предложенного подхода были реализованы на 53-узловой тестовой электрической сети в качестве доказательства практи-

ческой осуществимости предложенной концепции.

Бюджет: Р 13.7 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределённой генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122040600086-3

БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КЛАСТЕРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАТАЛИЗЕ

Увеличивающийся с каждым годом спрос на возобновляемые источники энергии стимулирует развитие основанных на катализе технологий, которые позволяют генерировать, хранить и преобразовывать чистую энергию посредством расщепления и образования химических связей. Однако высокая стоимость материалов, применяемых в катализе, их эффективность и долговечность препятствуют широкому внедрению таких технологий. Не секрет, что атомы благородных металлов обладают наилучшими каталитическими характеристиками, при этом их стоимость высока. Использование наночастиц при производстве катализаторов даёт возможность снизить затраты, так как большое отношение площади поверхности к объёму позволяет уменьшить использование драгоценных металлов, а уникальная химия кластеров сплавов придаёт данным наночастицам свойства, отличные от объёмных материалов. В связи с этим в данном проекте планируется провести поиск методом USPEX новых кластерных структур сплавов металлов различной стехиометрии и размера, обладающих наилучшими каталитическими свойствами. Данное исследование позволит изучить все возможные варианты структуры частиц сплавов PtM (M-Cu, Au, Ag, Pd), AuM (M-Cu, Ag, Pd) и получить информацию об энергии адсорбции различных атомов и молекул (H, O, O₂, CO, NO, CH₃, H₂) с поверхностью кластера, что позволит сделать выводы о перспективности полученных частиц для катализа. Результаты данного проекта предоставят уникальную информацию для проектирования и создания новых катализаторов на основе наночастиц сплавов металлов.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ХАКАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Ф. КАТАНОВА»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределённой генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122041300162-4

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 1 кВт

Проект направлен на разработку линейки высокоэффек-

тивных преобразовательных устройства для возобновляемых источников энергии на основе фотоэлектрических панелей с улучшенными характеристиками, относительно имеющихся на рынке аналогов. Будут реализованы: - эффективный способ отбора мощности с массивов солнечных панелей при реальных условиях эксплуатации (частичное затенение, возникновение локальных максимумов на ВАХ фотоэлектрических панелей); - авторский алгоритм управления инверторным блоком с пониженным уровнем гармонических составляющих на выходе преобразователя (как итог: уменьшение выходных фильтров, повышение эффективности преобразования полученной от ВИЭ энергии, уменьшение себестоимости). Среднее количество получаемой энергии на 30–50 % выше аналогов, представленных на рынке (с учетом реальных условий эксплуатации). Потребителями продукции являются: частные домохозяйства, мелкий бизнес, строительные фирмы, специализирующиеся на загородном строительстве, экопоселения, мини гостиницы, агробизнес и т.д.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СОЛНЕЧНЫЙ МИР»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122041400105-0

Физико-химические технологии для энергетики

Необходимость перехода мировой энергетики на возобновляемые источники обусловлена как требованиями экологии, так и скорым исчерпанием традиционных источников энергии – нефти и газа. Углеводородное сырье служит базой материального обеспечения общества как основной источник энергии и ряда современных материалов. Запасы природной нефти и газа ограничены, за последние 20 лет резко возрос интерес к созданию источников альтернативной энергии на базе возобновляемого сырья (отходы сельского хозяйства и др.). В настоящее время разрабатываются новые подходы для получения биометана, биоэтанола, биобутанола и биоацетона в качестве основы автомобильного топлива. В мировой практике развиваются технологии многоступенчатой переработки биомассы из животного и растительного сырья для получения необходимых полимеров или экономически значимых веществ с использованием бактериальных штаммов или пиролиза. В качестве альтернативных источников энергии рассматривают также ветряные электростанции, солнечные батареи, аккумуляторы энергии для длительного хранения. На сегодняшний момент мощность годового производства солнечных элементов составляет более 100 ГВт при стоимости около 50 млрд долларов, а суммарные объемы установленных в мире солнечных панелей приближается к 500 ГВт. На данный момент времени себестоимость СЭ пока не позволяет солнечной энергетике конкурировать с традиционной, что делает актуальным дальнейшие исследования в этом направлении. В ИБХФ РАН совместно с Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова разрабатывается ряд направлений: разработка новых типов солнечных элементов для солнечных батарей; получение биометана, биоэтанола, биобутанола и биоацетона; получение биодизеля как альтернативного биотоплива; разработка суперконденсаторов нового типа. Основной целью исследований данной темы

является разработка фундаментальных основ и практического применения новых эффективных природосберегающих технологий комплексного освоения и добычи минерального углеводородного сырья и получения альтернативных источников энергии – биотоплива, новых типов солнечных элементов и электрохимических суперконденсаторов. Будут получены следующие научные результаты: - будет проведено исследование процесса иммобилизации клостридиальных клеток в криогелях различного состава и плотности, изучение динамики образования бутанола, ацетона, органических кислот; - будет изучена динамика образования альтернативных топлив от внешних условий и концентрации компонентов с разработкой оптимального режима проведения процесса и практически рекомендациями; -будет проведена разработка научно-обоснованных подходов к утилизации отходов производства альтернативных видов топлива с целью решения вопросов энергосбережения; - будут разработаны методы получения биотоплив с улучшенными техническими характеристиками; - будут созданы прототипы новых типов солнечных элементов с исследованием их технических характеристик; - будут созданы научные основы разработки новых электрохимических накопителей энергии.

Бюджет: Р 62.48 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ БИОХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н.М. ЭМАНУЭЛЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122042500047-9

Исследование устойчивых режимов работы и их достижения в системе электрической генерации автономного потребителя

В данной работе рассматривается задача об организации оптимального управления системами электрической генерации в условиях быстроизменяющихся входных параметров в широком диапазоне со случайным характером изменения. В качестве объекта исследования рассматривается одна из «ячеек» системы электроснабжения объекта, построенной по принципу microgrid с промежуточной шиной постоянно-го тока. Рассматриваемая «ячейка» представляет из себя генерирующий комплекс с использованием многофункциональных синхронных генераторов собственной разработки, которые отличаются высокой степенью эффективности, полупроводникового преобразовательного комплекса и системы накопления электроэнергии. В качестве входных параметров генерирующего комплекса могут рассматриваться как возобновляемые источники энергии, так и традиционные, но в связи с тем, что наиболее сложным с точки зрения управления системой электрической генерации и современными тенденциями в области электроэнергетики и сохранения окружающей среды предпочтение отдается возобновляемым источникам энергии. На основе всего выше сказанного можно сделать вывод, что данная работа направлена на изучение не только одной установившейся рабочей точки, но также на переходы из одной установившейся точки в другую установившуюся точку работы с целью обеспечения надежного и качественного электроснабжения и избегания неустойчивых зон работы генерирующего комплекса, которые могут привести к аварий-

ным или неблагоприятным режимам работы.

Бюджет: Р 0.18 млн

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

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

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122050500036-8

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТАНОВКИ

Цель работы: Разработка и исследование электротехнологических и электротехнических систем и установок, моделирование сопряженных электромагнитных и тепловых процессов в электротехнологических системах и установках, совершенствование методов и средств интеллектуального контроля и управления технологическими процессами, обеспечивающих создание условий для эффективного использования энергетических ресурсов и максимально полной реализации своего генетического потенциала сельскохозяйственными растениями и животными.

Общие положения: Разработка и совершенствование электrophизических методов исследования свойств сельскохозяйственных продуктов и материалов как объектов электро-технологий. Создание на их основе систем, осуществляющих свою деятельность с учётом собственных механизмов регуляции живых организмов, воссоздающих себя в процессах обмена с окружающей средой в соответствии с генетической программой, заложенной в них природой.

Совершенствование методов и технических средств систем технологического освещения. Развитие и интенсификация применения энергетических комплексов на базе возобновляемых источников энергии, работающих в составе единой энергетической системы, так и вне её пределов. Анализ методов и средств определения технического состояния электро-технического оборудования.

Разработка математических моделей совмещения устройств функциональной диагностики с электротехническими элементами электрооборудования, исследование статистических и динамических характеристик электроприводов.

Внедрение установок и совершенствование технологических процессов на объектах агропромышленного комплекса позволит повысить эффективность использования энергоресурсов и производительность производства.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122061700044-7

«МАТРИЧНАЯ КОНВЕРСИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ВОДОРОД И ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ»

Одной из наиболее серьезных проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством, является изменение глобального климата. Парижским соглашением по климату в качестве первоочередной цели для ее решения поставлена задача кардинального снижения эмиссии основного парникового газа CO_2 путем перехода на альтернативные источники энергии и низкоуглеродные энергоносители, прежде всего, водород. Однако оценки показывают, что одни только возобновляемые источники энергии, включая солнечную, ветровую и гидроэнергетику, а также атомную энергетику не в состоянии обеспечить производство водорода в объеме, необходимом для решения данной задачи. Существенное снижение углеродного следа мировой энергетики невозможно без широкомасштабного использования для производства водорода традиционных технологий его получения на основе углеводородных источников, прежде всего, природного газа. В свою очередь, это диктует необходимость повышения эффективности и снижения энергозатрат газохимических методов конверсии углеводородных газов в синтез-газ и далее водород, как наиболее реальной возможности снижения антропогенного углеродного следа. Несколько лет назад нами был разработан метод матричной конверсии углеводородных газов практически любого состава в синтез-газ для последующих процессов получения синтетических углеводородов, синтеза метанола, использования в качестве восстановительного газа в металлургии и ряда других процессов. Созданы и успешно работают несколько демонстрационных установок производительностью до 20 м^3 синтез-газа в час, подтвердивших основные преимущества данного метода по сравнению с известными промышленными технологиями. Матричная конверсия является автотермическим процессом, не требующим дополнительных источников тепла или энергии. Процесс некаталитический, поэтому может использовать в качестве сырья углеводородные газы практически любого состава и происхождения, включая попутные газы и биогаз. Его удельная объемная производительность существенно превышает таковую для парового риформинга, а отсутствие катализатора снижает до минимума затраты на предварительную подготовку газа. Дополнение этого процесса каталитической стадией парового риформинга образующегося CO в мембранном реакторе может позволить значительно повысить выход водорода и получать водород высокой чистоты, соответствующей требованиям, предъявляемым при его использовании в низкотемпературных топливных элементах. Для этого необходима оптимизация тепловых потоков в конверторе, используемых для получения пара для каталитической стадии и режимов работы риформера, а также разработка новых материалов, обеспечивающих возможность длительного проведения процесса при температурах выше 1200 К и высокой концентрации водорода, то есть жаропрочных материалов, устойчивых к водородному охрупчиванию, и изучение их свойств. Как показали результаты предварительного кинетического моделирования процесса, составом получаемого синтез-газа, в том числе концентрацией в нем водорода, можно управлять за счет оптимизации процессов, протекающих в послепламенной зоне конвертора. Одним из таких способов может быть дополнительная подачи в конвертор пара и (или) CO_2 . Последняя возможность открывает путь дополнительной утилизации

CO₂, то есть дополнительного снижения углеродного следа. Использование таких малотоннажных установок для получения водорода непосредственно в местах его потребления на основе любых местных источников углеводородного сырья позволит обойти такие, не имеющие пока практически приемлемого решения проблемы, как хранение и транспортировка больших объемов водорода. Процесс может быть также использован для рентабельного малотоннажного производства таких легко транспортируемых водородсодержащих жидких продуктов, как метанол и диметиловый эфир.

Бюджет: Р 20.4 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122062700011-6

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ СИНТЕЗА КОНСОЛИДИРОВАННЫХ СЛОЕВ АДсорбЕНТА С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДИНАМИКИ АДсорбЦИИ

В связи с мировой тенденцией к переходу к возобновляемым источникам энергии адсорбционные системы преобразования теплоты привлекают возрастающий научный интерес. Одним из факторов, препятствующих их широкому распространению, является низкая удельная мощность, которая в основном определяется динамикой стадий адсорбции и десорбции. Данный проект направлен на разработку физико-химических основ синтеза слоев адсорбента, консолидированных с поверхностью теплообменника, с улучшенной динамикой сорбции. В рамках выполнения проекта будут синтезированы слои адсорбентов (силикагеля, композитов «соль/матрица», металл-органических каркасов, кристаллических алюмофосфатов) на поверхности металла со связующим. Впервые будет систематически изучено влияние химической природы связующего и его содержания, конфигурации слоя (размера частиц и толщины слоя) сорбента, на пористую структуру слоя и равновесие сорбции паров типичных рабочих жидкостей (воды, метанола) на них комплексом взаимодополняющих физико-химических методов. Динамика сорбции на синтезированных слоях будет изучена непосредственно в условиях рабочих циклов преобразования теплоты. Будет изучено влияние массопереноса в слое адсорбента, и теплопереноса в слое и между поверхностью металла, и выявлены стадии, контролирующие динамику сорбции. На основе анализа полученных результатов будут сформулированы рекомендации по синтезу консолидированных слоев адсорбентов с улучшенной динамикой сорбции рабочих жидкостей. Выполнение данного проекта будет способствовать развитию энерго- и природосберегающей технологии преобразования тепла возобновляемых источников энергии.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122062800014-6

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В СИНТЕЗ-ГАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ежегодно глобальный спрос на электроэнергию возрастает в большинстве областей ее применения. Устойчивое развитие энергетики остается одной из важных проблем для человечества из-за ограниченного количества ископаемых энергоресурсов и, что более важно, из-за выбросов CO₂ при эксплуатации обычных энергетических систем, что способствует климатическим изменениям и глобальному потеплению. Для перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике разрабатываются альтернативные системы преобразования энергии. Перспективным вариантом для получения электроэнергии являются энергоустановки на основе топливных элементов, которые по своим техническим и эксплуатационным характеристикам превосходят эксплуатирующиеся в настоящее время коммерчески доступные энергоустановки киловаттного класса. Одной из основных проблем, сдерживающих внедрение энергоустановок на основе топливных элементов в повседневную жизнь, пока остается их стоимость и доступность используемого топлива. Таким образом, для начального, «переходного» периода существует большая потребность и значительный потенциал для технической и научной разработки эффективных систем преобразования энергии, работающих на привычном для потребителей дизельном топливе, инфраструктура которого широко развита во всех областях нашей страны. Эта задача может быть решена путем включения в состав энергоустановки дополнительного устройства – топливного процессора, позволяющего конвертировать дизельное топливо в пригодный для питания топливных элементов водородсодержащий газ. Во многих странах активно ведется разработка электрохимических генераторов малой мощности (1–5 кВт), работающих на дизельном топливе. Такое устройство состоит из топливного процессора, предназначенного для конверсии топлива в водородсодержащий газ, и топливного элемента. Достоинством технологии получения электроэнергии из дизельного топлива в электрохимических генераторах на основе топливных элементов является высокий КПД – от 35 % до 65 %, что вкратно превышает КПД дизельных генераторов малой мощности. Также к преимуществам относится экологическая безопасность, бесшумность работы, отсутствие движущихся частей, из-за чего установки не требуют обслуживания в течение долгого времени. Помимо применения в бытовых целях, подобные электрохимические генераторы могут быть использованы на борту грузовых транспортных средств в качестве вспомогательной энергоустановки. Такая технология позволит существенно сэкономить топливо, снизить выбросы в атмосферу и продлить срок службы ДВС. Устройство может получить широкое применение в отдаленных регионах нашей страны и в структурах Министерства обороны Российской Федерации. На рынке до сих пор отсутствует коммерчески доступный продукт – катализатор конверсии коммерческого дизельного топлива и, соответственно, топливный процессор, который бы позволял получать водородсодержащий газ для питания топливных элементов. Большинство научных исследований ограничивается проведением экспериментов в лабораторном

формате. Трудности связаны с многокомпонентностью моторного топлива, а также наличием в нем каталитического яда – серы. Коммерческий дизель содержит в своем составе ди- и поли-ароматические соединения, конверсия которых вызывает наибольшие затруднения. Неполная конверсия топлива сопровождается зауглероживанием катализатора, что приводит к его дезактивации. Деградационные процессы также возникают из-за спекания активного компонента в условиях довольно высоких температур (750–1000 °С). Все эти факторы приводят к затруднениям в создании эффективного катализатора и, соответственно, топливного процессора. Решение данной научно-технической проблемы будет революционным, ускорив переход к экологически чистой, ресурсосберегающей распределенной энергетике, к возобновляемым источникам энергии и водородной энергетике. Успешное решение задачи получения водородсодержащего газа из дизеля автоматически открывает возможность по переводу энергоустановок для работы на возобновляемом природном сырье – биодизеле. На сегодняшний день коллективом исполнителей проекта был разработан высокоэффективный композитный катализатор типа «наночастицы активного металла (Rh)/наночастицы активного оксида (смешанные оксиды церия)/структурный оксидный компонент (оксид алюминия)/структурированная металлическая подложка (сетка из сплава FeCrAl)». Катализатор демонстрировал стабильную работу на протяжении 200 часов в условиях паровоздушной конверсии коммерческого дизельного топлива.

В результате выполненной работы было показано, что приготовленный каталитический блок является стабильным и регенерируемым в условиях риформинга углеводородов, нарушений морфологии и деградации микроструктуры не наблюдалось ни в лобовой части, ни на выходе из блочного катализатора. Следующим этапом является разработка топливного процессора для конверсии дизельного топлива в синтез-газ.

Научная новизна проекта определяется комплексным подходом к решению сложной и актуальной проблемы каталитической окислительной конверсии многокомпонентных смесей жидких углеводородов дизельной фракции, разработки активного и стабильного катализатора и, в конечном итоге, создания топливного процессора для высокоэффективных транспортных и стационарных энергоустановок на основе топливных элементов. В условиях паровоздушной конверсии дизеля большое значение имеет разработка системы подачи и смешения реагентов для минимизации некаталитических гомогенных реакций, которые приводят к сажеобразованию. В ходе паровоздушной конверсии должна обеспечиваться высокая теплопроводность для передачи тепла из лобовой зоны (зоны с высокой экзотермичностью реакции, где преимущественно протекают процессы полного окисления), в хвостовую зону (зону с высоким эндотермическим эффектом, где идут процессы паро- и углекислотной конверсии углеводородов). Большинство исследований показывают, что недостаток тепла в хвостовой зоне катализатора играет ключевую роль в снижении конверсии топлива, поэтому эффективность риформинга во многом будет зависеть не только от катализатора, но и от конструктивных особенностей топливного процессора, разработка которого планируется в этой работе. В ходе проекта будут определены переходные режимы работы катализатора, а также способы его кратковременной регенерации для поддержания стабильной активности на длительном пробеге. Созданный новый катализатор и топливный процессор конверсии дизельного топлива позволят расширить область применения и круг потенциальных потребителей энергоустановок на основе топливных элементов, закладывая для их разработчиков и производителей все предпосылки по сниже-

нию себестоимости, производству коммерчески приемлемого и конкурентоспособного продукта и ускорению его выхода на рынок.

Бюджет: Р 14 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122070400101-2

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ
ВТОРИЧНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОТЫ И ХОЛОДА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Проектом предлагается альтернатива котельному и холодильному оборудованию. Предлагается разработка технологии выработки тепловой энергии за счет органического топлива (например, дизельное или газовое) с сопутным использованием низкопотенциальной энергии по принципу трансформатора теплоты (теплого насоса на органическом топливе). Сокращение расхода топлива применительно к малой распределенной энергетике и при индивидуальном отоплении 1.5–4 раза по сравнению с текущими значениями; снижение выбросов дымовых газов в 1.5–4 раза; возможность освоения неблагоустроенных территорий, сокращение затрат на доставку топлива для их освоения в 1.5–4 раза. На сегодняшний день недостаточно развита область использования вторичных и возобновляемых источников энергии. Большинство наиболее доступных для малой распределенной энергетике вторичных и возобновляемых источников энергии являются низкопотенциальными, с использованием которых появляются определенные трудности. Многие из них просто не нашли широкого применения ввиду этого фактора. Низкопотенциальные вторичные энергетические ресурсы зачастую проще сбросить в окружающую среду, чем использовать полезно. Несмотря на низкий потенциал таких источников, в них сосредоточена большая часть энергии на планете. Распределение потенциалов энергии принципиально должно подчиняться нормальному закону распределения вероятностей Гаусса. Применяя данный закон к рассредоточиваемой по планете солнечной энергии в различных формах, получим принцип ее распределения: чаще всего встречаются меньшие отклонения потенциала, а большие отклонения потенциала встречаются тем реже, чем они больше. Другими словами, при нормальном распределении подавляющий объем рассредоточенной энергии проявляется в зоне низкого потенциала. Следовательно, перспективной зоной поиска источников энергии представляется зона низкого потенциала, но использование низкопотенциальных источников сопряжено с рядом трудностей, решение которых связано с вопросом трансформацией низкого потенциала до уровня приемлемого для полезного использования. Решаемые в проекте задачи направлены на развитие новых технологий освоения низкопотенциальных энергий возобновляемых и вторичных источ-

ников энергии и направлены на экономию органического топлива и сокращение выбросов вредных веществ при производстве теплоты и холода.

Бюджет: Р 5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122070800006-6

РАЗРАБОТКА МАКЕТОВ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Согласно Энергетической стратегии развития Российской Федерации (РФ) на период до 2035 года [1], одним из приоритетных направлений является увеличение доли возобновляемых источников энергии в мировом и национальном топливно-энергетических балансах. Особенная роль в этом отводится водородным энергетическим технологиям, основной задачей которых является использование водорода и энергетических смесей на его основе в качестве накопителей и преобразователей энергии для повышения эффективности систем энергоснабжения различного назначения. Распоряжением Правительства Российской Федерации [2] также утверждена дорожная карта по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года, направлена на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя. Перспективным источником энергии являются топливные элементы, использующие водород в качестве топлива и кислород в качестве окислителя [3]. Процесс производства электроэнергии в топливном элементе проходит в одну стадию без промежуточных преобразований химической энергии в тепловую, тепловой – в механическую, а затем уже в электрическую [4]. Это делает системы энергоснабжения на основе топливных элементов значительно более эффективными по сравнению с традиционными источниками энергии. К тому же топливные элементы, использующие водород в качестве топлива, обеспечивают нулевую эмиссию CO_2 , так как единственным продуктом электрохимических реакций между молекулами водорода и кислорода является вода. В настоящее время наибольшее распространение твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). В 2018 г. было реализовано более 74 тыс. шт. систем энергоснабжения на основе топливных элементов суммарной мощностью 803 МВт, из них более 56 % (42 тыс. шт.) были энергоустановками с ТПТЭ, общей мощностью 589 МВт. 2019 год стал знаменательным для мировой индустрии топливных элементов – объем совокупной мощности в данном сегменте энергетики достиг 1,1 ГВт, увеличившись на 40 % по сравнению с 2018 г. В количественном выражении, показатель достиг данной отметки путем реализации более чем 70 тыс. систем энергоснабжения [5]. Структурный состав продаж показывает, что наибольшая доля поставок пришлась на ТПТЭ и составила порядка 44 тыс. шт. с мощностью более чем 900 МВт. Приведенные данные отражают существующую потребность в эффективных экологически чистых установках на основе топливных элементов различного мощностного диапазона. По оценкам Института энергетических исследований РАН ёмкость Российского рынка только стационарных устано-

вок до 2035 г. может составить 55 тыс. ГВт электроэнергии [6]. Эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую в ТПТЭ зависит от многих факторов, в том числе от электропроводности между единичными ячейками ТПТЭ, равномерности распределения топлива и окислителя, отвода тепла от ячейки, механической прочности конструкции стека ТПТЭ. За выполнение всех указанных функций в ТПТЭ отвечает биполярная пластина (БП) [7]. К тому же БП составляет до 80 % веса ТПТЭ и около 30 % его стоимости. Требования к материалу и конструкции биполярных пластин очень высоки и должны учитывать электро- и теплопроводность, газопроницаемость, коррозионную стойкость, механическую прочность. В настоящее время в России производство любых БП для ТПТЭ отсутствует, что в том числе определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Биполярные пластины (БП) во многом определяют эффективность работы топливного элемента с протонообменной мембраной (ТПТЭ) и на 30 % его стоимость. Термопластичные или термореактивные композиты имеют ряд преимуществ перед металлическими и графитовыми материалами в отношении коррозионной стойкости, гибкости, веса и экономической целесообразностью производства БП. Настоящий проект предусматривает создание макетов композитных БП, на основе композита разработанного состава для ТПТЭ с открытым катодом мощностью не менее 0,1 кВт и не менее 0,5 кВт.

Бюджет: Р 5.3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122070800007-3

РАЗРАБОТКА ГРАФИТОПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ПЛАСТИН ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проект направлен на разработку состава композиционного материала для создания отечественного производства композитных биполярных пластин для применения в экологически чистых системах генерации электроэнергии из водорода на основе топливных элементов широкого мощностного спектра. Проект соответствует Стратегии СНТР направлению б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии. Создание экологически чистых, эффективных и энергоёмких источников энергии является важнейшим направлением научно-технического прогресса, условием развития автономных и необслуживаемых энергосистем распределенной энергетики, электроустановок для робототехники и транспортных применений. Согласно Энергетической стратегии развития Российской Федерации (РФ) на период до 2035 года, одним из приоритетных направлений является увеличение доли возобновляемых источников энергии в мировом и национальном топливно-энергетических балансах. Особенная роль в этом отводится водородным энергетическим технологиям, основ-

ной задачей которых является использование водорода и энергетических смесей на его основе в качестве накопителей и преобразователей энергии для повышения эффективности систем энергоснабжения различного назначения. Перспективным источником энергии являются топливные элементы, использующие водород в качестве топлива и кислород в качестве окислителя и имеющие значительно более высокую эффективность и экологичность по сравнению с традиционными источниками энергии. Важнейшее перспективное использование водорода – транспорт на водородных топливных элементах. Мировые и российские производители работают над созданием экологичных автомобилей на водородном топливе. Сейчас таких автомобилей в мире около 15 тысяч. По прогнозам, к 2030 году только в США и Европе будет более 9 миллионов таких авто и около 50 тысяч водородобусов. Ведущие автомобильные концерны уже выпускают вполне конкурентоспособные водородные модели автотранспорта. В частности, серийное производство автомобилей на водородном топливе есть у Toyota, Honda и Hyundai, разработкой таких автомобилей занимаются Daimler, Audi, BMW, Ford, Nissan и др. В транспортных и других мобильных приложениях наибольшее распространение получили низкотемпературные твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую в ТПТЭ зависит от многих факторов, реализация которых обеспечивается биполярными пластинами, в том числе от электропроводности между единичными ячейками ТЭ, равномерности распределения топлива и окислителя, отвода тепла от ячейки, механической прочности конструкции стека ТПТЭ. Поэтому требования к материалу и конструкции биполярных пластин очень высоки и должны учитывать электро- и теплопроводность, газопроницаемость, коррозионную стойкость, механическую прочность. В настоящее время в России производство любых БП для ТПТЭ отсутствует, что в том числе определяет импортозависимость нашей страны в области водородных технологий. Таким образом исследования материалов для биполярных пластин под задачи и специфику конкретного потребителя уже сегодня являются лимитирующим фактором при массовом производстве систем генерации электроэнергии из водорода, на основе топливных элементов, способных конкурировать не только на российском, но и на мировом рынке.

Бюджет: Р 5.3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122071200029-8

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ И УСТАНОВОК НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Объект исследования распределительная сеть 10/0,4 кВ. Целью работы является: разработка программного обеспечения, позволяющего выбирать оптимальные типы технических устройств и места их установки, способствующие повыше-

нию энергоэффективности распределительных сетей напряжением 10/0,4 кВ, за счет использования возобновляемых источников энергии и фильтрокомпенсирующих устройств, с учетом влияния их на сети и окружающую среду. Ожидаемые результаты: Оценка возможных технических решений, способствующих повышению пропускной способности распределительных сетей. Оценка возможности использования распределенной генерации в удаленных и загруженных узлах потребления в распределительных сетях. Разработка имитационной модели распределительной сети, позволяющей выполнять исследования режимов работы с использованием различных вариантов структур солнечно-дизельных комплексов и фильтрокомпенсирующих устройств, с учетом особенностей сети. Разработка методики принятия решений по выбору узлов подключения возможных структур распределенной генерации на основе решения задачи оптимизации по критерию минимума потерь активной мощности методом нелинейной оптимизации. Разработка методики выбора оптимальной структуры распределенной генерации в виде соотношения фотоэлектрических модулей и дизельных электростанций на основе решения многокритериальной задачи на базе нечетких множеств. Разработка алгоритма, позволяющего формулировать и решать задачи оптимизации минимума потерь мощности при несинусоидальных и несимметричных режимах работы распределительных сетей.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122072200012-7

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ. (ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА «АГРОПРОРЫВ - 2030» В РАМКАХ ПРОГРАММЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АКАДЕМИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА «ПРИОРИТЕТ - 2030»)

Целью проекта является разработка автоматизированного комплекса для мониторинга гидравлических параметров мелиоративной сети на основе возобновляемого источника энергии. Для достижения поставленной цели будет решен ряд задач: Разработка принципиальной технической схемы комплекса (включая разработку уникального контроллера с питанием от солнечных батарей); монтаж комплекса для последующих испытаний; изучение работы установки в зонах с различным числом часов солнечного света - тестовые испытания комплекса на территории кампуса РГАУ-МСХА, полевые испытания комплекса на базе мелиоративных систем Управления Алтаймелиоводхоз (Сибирский Федеральный округ) совместно с Алтайским ГАУ. Разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных мониторинга. Гарантированно высокая урожайность продукции на мелиорируемых землях является одним из условий обеспечения

продовольственной безопасности страны. Сегодня в России в сельскохозяйственном производстве используется порядка 3,9 тыс. и 3,2 тыс. га осушенных земель. В состав гидромелиоративных объектов, находящихся в государственной собственности, входят более 600 водозаборных гидрозвулов, 284 водохранилища, свыше 21 тыс. км мелиоративных каналов. Около половины сооружений нуждаются в реконструкции или восстановлении. Водочет и надежная эксплуатация мелиоративной сети невозможны без мониторинга ее гидравлических параметров. Внедрение средств автоматизации, использующих электрическую энергию, не только увеличивают эксплуатационные затраты, но и требует подвода электричества в удаленные створы, зачастую расположенные в глубине мелиорируемого массива. Разработка автоматизированных средств мониторинга, использующих в своей работе возобновляемые источники энергии, и способных без присутствия операторов отслеживать гидравлические параметры сети с сохранением и передачей информации, является актуальной задачей модернизации мелиоративных систем с использованием цифровых технологий. Основные элементы разрабатываемого автоматизированного комплекса: сервер, энергоэффективный контроллер, датчики, модуль GSM связи. Комплекс может устанавливаться в конкретном створе и настраиваться с учетом специфики диапазона изменения гидравлических параметров. Общий вид установки при размещении в дренажном колодце (как один из вариантов ее применения) приведен на рисунке ниже. Данные на сервер можно передавать по GSM каналу, по радиоканалу (через ретранслятор), по ethernet проводу, либо же собирать локально - на SD карту.

Бюджет: Р 4.39 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122072800055-8

РАЗРАБОТКА СТРУКТУР И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЧАСТОТЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ

В настоящее время во всем мире в связи с растущим потреблением электрической энергии происходит наращивание генерирующих мощностей, преимущественно за счет возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в том числе наиболее активно внедряемых в последние годы солнечных электростанций (СЭС).

При этом происходит не только значительное усложнение структуры и топологии электроэнергетических систем (ЭЭС), но также снижение её устойчивости.

Это связано прежде всего с малой инерционностью и нестабильностью вырабатываемой СЭС мощности вследствие непостоянства погодных условий, что в совокупности может приводить к значительным колебаниям частоты напряжения как в нормальных, так и в аварийных режимах.

Ситуацию еще более усугубляет неоднородность и непо-

стоянство величины инерции ЭЭС сложной структуры с большой долей СЭС.

В итоге проблема обеспечения устойчивой работы ЭЭС, особенно по частоте, становится более сложной и важной, требующей комплексного решения в условиях широкомасштабного внедрения ВИЭ, особенно СЭС.

Перспективным направлением является использование систем автоматического управления фотоэлектрическими установками СЭС для обеспечения устойчивости по частоте современных энергообъединений, особенно в аварийных режимах. Однако для надежного и эффективного решения обозначенной проблемы необходимо разработать адаптивную систему автоматического управления фотоэлектрическими установками крупных СЭС, обеспечивающую сохранение и повышение устойчивости по частоте современных ЭЭС.

Данная задача является целью проекта. Научная новизна предлагаемого решения заключается в разработке новых подходов и схемно-алгоритмических решений для систем управления фотоэлектрических установок крупных СЭС, обеспечивающих необходимый регуляторный и инерционный отклик для осуществления регулирования частоты в ЭЭС в условиях неоднородной инерции в сети и в условиях переменных внешних климатических условий.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122080100063-5

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ВЫСОКОЙ ДОЛЕЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ОТБОРОМ И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ЗНАЧИМЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В настоящее время в мире наблюдается трансформация энергетической отрасли в сторону увеличения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) при условии обеспечения устойчивого развития экономики, энергетики и экологии в долгосрочной перспективе.

Создание и функционирование электроэнергетических систем с высокой долей возобновляемых источников энергии затруднено из-за стохастического, сложно предсказуемого характера генерации возобновляемых источников энергии, что увеличивает уровень неопределенности в процессах изменения параметров и условиях функционирования энергосистем, затрудняет управление ими.

Проект направлен на решение проблемы низкой эффективности прогнозирования генерации и реализацию возможности адаптивного управления такой системой с помощью методов прогнозирования временных рядов с интеллектуальным отбором и восстановлением значимых исходных данных, а также оптимального управления системами накопления энергии.

Снижение неопределенности генерации электроэнергии

на базе ВИЭ актуальной задачей, ее решение позволит повысить технико-экономическую эффективность электроэнергетических систем с высокой долей ВИЭ.

Бюджет: Р 3 млн

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

ЗАКАЗЧИК: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122080300037-4

РАЗРАБОТКА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Создание интеллектуальных сетей электроснабжения, содержащих в себе нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, является насущным вопросом для всех стран мира, Россия в этом не является исключением. В перечне критических технологий Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. N 899) пунктом 26 значатся «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии». В отличие от традиционных систем электроснабжения, где не поддерживается качество электроэнергии, интеллектуальные сети электроснабжения поддерживают двустороннее преобразование энергии с высоким качеством между различными типами терминалов по технологии plug-and-play для обеспечения идеального соединения между электрическими системами и потребителями, что также позволяет точно устанавливать локальные источники электроэнергии для разгрузки сети и улучшения её функционирования. Замена классических сетей на интеллектуальные сети электроснабжения на базе твердотельных трансформаторов позволит повысить функциональность работы нетрадиционных и возобновляемых источников электроэнергии по следующим направлениям: - интеграция нетрадиционных и возобновляемых источников электроэнергии различной мощности, такие как солнечные панели, ветрогенераторы, дизель-генераторные установки, аккумуляторные батареи, топливные элементы и другие; - повышение качества электроэнергии; - повышение надежности электроснабжения; - согласование сетей постоянного и переменного тока. Новизной является сама технология твердотельного трансформатора, расположенная на стыке силовой полупроводниковой техники, электротехники и автоматизации. Твердотельный трансформатор представляет собой преобразователь переменного тока, собранный на базе полупроводниковой техники. В России разработка подобного устройства не ведется. Некоторые преимущества твердотельного трансформатора по сравнению с традиционным низкочастотным трансформатором включают в себя: высокое качество электроэнергии, высокую надежность электроснабжения, малые массогабаритные показатели, высокую мобильность установки, компенсацию реактивной мощности, регулирование напряжения, регулирование двунаправленного потока мощности, высокую гибкость в распределении электроэнергии, компенсацию падения напряжения, ограничение тока повреждения и гальваническую развязку. Благодаря перечисленным преимуществам, интеллектуальные сети

электроснабжения на базе твердотельных трансформаторов повысят функциональность работы, тем самым уменьшатся затраты на переход к распределительным сетям нового поколения, снизятся потери при передаче электроэнергии, повысится надежность и качество электроэнергии для конечных потребителей.

Бюджет: Р 1.5 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЗАКАЗЧИК: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122080500028-0

УГЛЕРОДНЫЕ ТОЧКИ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА

Проект направлен на переход к новым производственным технологиям преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода на основе принципиально новых нетоксичных и легко доступных материалов, а также к широкому внедрению возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива. В результате выполнения проекта планируется развить методы синтеза углеродных точек (УТ) с большим вкладом долгоживущих возбужденных состояний; усовершенствовать методы обработки поверхности УТ для их эффективного связывания с катализатором; установить закономерности влияния морфологии и химического состава УТ на способность фотокаталитических систем к генерации водорода; установить закономерности динамики фотовозбуждений и транспорта носителей зарядов в фотокаталитических системах; разработать эффективную архитектуру фотокаталитического устройства на основе УТ. Разработка новых материалов и устройств, способных обеспечить получение возобновляемого топлива в мировом масштабе, является ключом к устойчивой и безопасной глобальной энергетике. Наилучшую возможность для достижения глобальной энергетической стабильности предоставляет освоение общедоступной солнечной энергии. Несмотря на то, что преобразование солнечной энергии в электричество достигло за последние десятилетия существенного прогресса, прямое преобразование данной энергии в энергию химических связей позволит решить проблемы хранения и транспортировки энергии, а также обеспечить прямой источник возобновляемого топлива для использования в устоявшихся технологиях на основе ископаемого топлива [1]. В настоящее время наиболее актуальной научной проблемой возобновляемой энергетики является разработка новых систем, способных эффективно поглощать, преобразовывать и хранить солнечную энергию, при этом обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, низкой себестоимостью и отсутствием токсичности. Фотокаталитические системы на основе светопоглощающих материалов и катализаторов в растворе или взвеси широко исследуются на предмет их использования для преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода (H₂) [2-3]. Обычно в качестве светопоглощающих материалов в фотокатализе используются органические и неорганические синтетические красители [2-3], а также полупроводниковые наночастицы [4]. Появившиеся недавно углеродные точки (УТ) [5] имеют ряд преимуществ перед традиционными молекулярными или полупроводниковыми светопоглощающими материалами, а

именно: большие коэффициенты поглощения в видимой области, высокая фотостабильность и хорошая растворимость в воде, легкость синтеза и последующей обработки поверхности, отсутствие редких металлов в составе и нетоксичность делают УТ перспективными для применения в качестве светопоглощающего материала в фотокаталитической системе нового поколения для генерации водорода [6–7]. Разработка методик создания фотокаталитических систем на основе углеродных точек находится на начальном этапе, и в последние годы появились сообщения о создании таких фотокатализаторов, осуществляющих восстановление водорода в водной среде [8]. УТ можно отнести к наиболее перспективным светопоглотителям для создания новых дешевых и нетоксичных фотокаталитических систем для генерации водорода. В то же время большинство синтезируемых УТ обладают преимущественно (90 %) короткоживущими возбужденными состояниями, что существенно ограничивает транспорт заряда на катализатор. Поэтому целью проекта является разработка новых нетоксичных и дешевых фотокаталитических систем с улучшенными эксплуатационными характеристиками для генерации водорода на основе светопоглотителей в виде УТ. В ходе выполнения проекта планируется развить методы синтеза УТ с большим вкладом долгоживущих возбужденных состояний, а также усовершенствовать методы обработки их поверхности для эффективного связывания с катализатором, что позволит значительно улучшить генерацию и перенос носителей заряда. Планируется детально исследовать морфологию, динамику фотовозбуждений и транспорт носителей заряда в фотокаталитических системах на основе УТ, что позволит создать экспериментальные образцы для фотогенерации водорода. Таким образом, выполнение проекта обеспечит переход к новым производственным технологиям преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода на основе принципиально новых нетоксичных и легко доступных материалов, а также к широкому внедрению возобновляемых источников энергии вместо ископаемого топлива. Поэтому тематика проекта является актуальной, а проводимые исследования соответствуют направлению Н2 из стратегий научно-технологического развития Российской Федерации. Запланированные в рамках проекта исследования предполагают создание новых материалов для получения возобновляемой энергии, а выполнение проекта внесет вклад в развитие индустрии возобновляемой энергетики.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122080900045-3

Выделение, очистка, компримирование и хранение водорода

Проблемы ресурсосбережения и повышения эффективности, а также защиты окружающей среды в энергетике и связанных с ней отраслях (в первую очередь – промышленности и транспорта) являются особо актуальными для успешного развития экономики Российской Федерации и обеспечения комфорта жизни ее граждан. Использование водорода как универсального энергоносителя является наиболее перспек-

тивным путем комплексного решения данных проблем, независимо от приоритета первичных энергоисточников (углеводороды, атомная энергия, возобновляемые источники включая гидроресурсы, солнце, ветер и т.п.). Особенно актуальным является разработка автономных систем электроснабжения для удаленных и труднодоступных регионов на основе возобновляемых источников энергии и накопления энергии с использованием водорода. Комплексное решение проблем создания экологически чистых водородных энерготехнологических систем, обеспечивающих высокую эффективность использования (и тем самым сбережения) первичной энергии, требует проведение фундаментальных и прикладных исследований, а также разработку научно-технических основ создания систем выделения, очистки, компримирования и хранения водорода, с привлечением достижений фундаментальных (химия, материаловедение, физика), и прикладных (технологии химии и металлургии, нанотехнологии, компьютерное моделирование) наук, а также инженерных знаний в энергетике, химическом машиностроении, электронике высоких мощностей, приборостроении и т.п.

Бюджет: Р 90 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122081700049-0

Технологические решения для максимальной интеграции возобновляемых источников в электрические сети

Главной целью предлагаемого проекта является создание новых стратегий и инструментов для максимизации доли чистой энергии в электрических сетях России и Индии. Проект соответствует глобальным целям достижения нулевых выбросов углекислого газа. Консорциум, сформированный из Российских (Сколтех) и Индийских (признанные Индийские технологические институты (ИТИ) во главе с ИТИ Канпур) исследователей, ставит следующие цели проекта: (а) Оценка энергосистемы Индии и России на предмет их плотности (grid strength) и максимально допустимой мощности возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которую можно внедрить в эти сети (hosting capacity); (b) Разработка эталонных моделей для изучения систем с различной долей ВИЭ; (c) Разработка передовых методов мониторинга для энергосистем с ВИЭ; (d) Анализ проблем устойчивости систем с высокой долей ВИЭ; (e) Разработка технологий для повышения гибкости энергосистем с помощью передовых алгоритмов управления и защиты. Вышеуказанные цели были сформулированы в результате детальной оценки значимости различных стратегически важных направлений исследований в области возобновляемой энергетики.

Наша цель состоит в том, чтобы попытаться решить, возможно, наиболее сложные задачи, связанные с увеличением доли ВИЭ в современных электрических сетях, а также применить современные технологии и современные научные методы для разработки методов планирования, мониторинга, защиты и управления, необходимых для следующего поко-

ления систем управления генерацией/распределением электрической энергии (Energy Management Systems/Distribution Management Systems - EMS / DMS).

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122082600060-3

МЕХАНИЗМЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА И МЕТАНО-ВОДОРОДНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р утвержден план мероприятий («дорожная карта») по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту. В России задача по развитию водородной энергетики закреплена в ключевом отраслевом документе стратегического планирования – актуализированной Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года. В соответствии с «дорожной картой» к 2024 году предусмотрена реализация ряда пилотных проектов в области водородной энергетики, одним из которых является разработка, изготовление и проведение испытаний газовых турбин на метано-водородном топливе. В настоящее время, в мире существует множество различных программ по декарбонизации или переходу на водородное топливо. Согласно докладу Bloomberg «Перспективы водородной экономики», к 2050 году 24 % мировых потребностей в энергии будет покрывать водород, а его цена снизится до уровня сегодняшних цен на газ. По одному из сценариев интеграции водородных технологий в энергокомплекс США, водород к 2040 году станет вторым после электроэнергии всеобщим энергоносителем. При этом потребность в первичной энергии угля, газа и нефти упадет на 73 %, 34 % и 18 % соответственно, а доля возобновляемых источников энергии возрастет в 4–5 раз. Все это показывает актуальность исследований в области применения водорода, а также метано-водородных смесей в качестве топлива для газовых турбин, наземного транспорта и авиационных двигателей. Горение водорода и метано-водородных смесей отличается высокой скоростью распространения пламени и более высоким тепловыделением относительно горения метанового топлива. Все это приводит к возрастанию температуры во фронте пламени и скорости его распространения, что приведет к повышенным выбросам оксидов азота NO_x и может привести к прогару элементов двигателя. Для решения проблем, связанных с высокими выбросами оксидов азота, необходимо понимать механизмы их образования на фундаментальном уровне, а именно уточнять кинетические суб-механизмы образования NO_x и соответствующие константы скорости химических реакций, включать их в кинетические модели горения метано-водородных и водородных топливо-воздушных смесей. Также необходимо проверять полученные механизмы на собственных экспериментах по опре-

делению нормальной скорости распространения пламени и концентраций оксидов азота в продуктах сгорания. В связи с этим в рамках проекта планируется решить актуальные в настоящее время вышеизложенные задачи.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122100300006-5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ГОРЕНИЯ МИКРОСТРУЙ ВОДОРОДА

Возможности использования водорода в энергетических целях известны давно, и интерес к ним проявлялся не один раз: в 1970 е годы – в связи с нефтяными кризисами, в 2000 е годы – в связи с ростом озабоченности изменением климата. Это стимулировало соответствующие исследования и разработки (с акцентом на транспорт), но масштабного практического внедрения водородных технологий не происходило. Ситуация стала меняться по мере того, как всё больше стран начали стремиться к устойчивому развитию в области энергетики, к переходу в углеродно-нейтральное состояние, к поддержке энергетического перехода как концепции безуглеродной энергетики будущего, осознав, При этом что только на путях использования возобновляемых источников энергии этой цели не добиться. Водород стал важнейшей составляющей политики перехода в углеродно-нейтральное состояние всех стран, объявивших о таких целях. Не осталась в стороне и Россия, которая приняла план мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации». Исследованию устойчивости и турбулизации переходных сдвиговых течений, таких как двумерный и трехмерный пограничный слой авторы проекта посвятили многие годы исследований и эти результаты опубликованы в монографии: Boiko A.V., Dovgal A.V., Grek G.R., Kozlov V.V. Physics of Transitional Shear Flows. // Dordrecht: Springer, 2012, 298 стр. В этих работах рассмотрены различные виды неустойчивостей пристенных сдвиговых течений, такие как линейная и нелинейная стадия неустойчивости волн Толмина – Шлихтинга, неустойчивость вихрей Гертлера, «cross flow instability» неустойчивость на скользящих крыльях, неустойчивость полосчатых структур при низкой и повышенной степени турбулентности набегающего потока, синусоидальная и варикозная неустойчивость пограничного слоя, модулированного полосчатыми структурами, и т.д. Существует прямая связь между неустойчивостью пристенных (пограничный слой) сдвиговых течений и свободных сдвиговых течений (макро – и микроструй). Например, в обоих ситуациях можно наблюдать синусоидальную и варикозную неустойчивость, наличие в обоих случаях полосчатых структур и их неустойчивость, или появление трехмерных вихревых структур типа омега – образных вихрей и т.д. Прежде, чем приступить к исследованию неустойчивости и турбулизации микроструйных течений, руководителем проекта и его ответственными исполнителями были проведены детальные экспериментальные исследования механизмов развития и процессов турбулизации круглых и плоских макроструйных течений. Результаты этих исследований показали, что механизм разрушения круглой макроструи с «ударным» (английский термин «tor

– hat») профилем скорости на срезе сопла связан с неустойчивостью Кельвина – Гельмгольца. Двумерные кольцевые вихри Кельвина – Гельмгольца, взаимодействуя с полосчатыми структурами, трехмерно деформировались с образованием на их периферии лямда или омега – образных структур, вихревая динамика которых приводила к турбулентному разрушению макроструи. С другой стороны, исследованиями неустойчивости круглой макроструи с параболическим профилем скорости на срезе сопла установлено отсутствие кольцевых вихрей Кельвина – Гельмгольца, сохранение ламинарного течения макроструи большой дальности и процесс ее турбулизации может быть связан, в частности, с неустойчивостью к слабому поперечному потоку.

Показано, что неустойчивость плоской макроструи связана с синусоидальной модой неустойчивости, подавляющей первичную варикозную моду неустойчивости. Этот процесс приводил к синусоидальному колебанию макроструи, как единого целого.

Установлено, что плоская макроструя с «ударным» профилем скорости на срезе сопла имеет две независимых друг от друга области неустойчивости, расположенные по левой и правой узкой границе макроструи с мощным градиентом скорости. Результаты этих исследований детально представлены в известных журналах и обобщены в монографиях : Kozlov V.V., Grek G.R., Litvinenko Yu.A., Visualization of Conventional and Combusting Subsonic Jet Instabilities // Dordrecht: Springer-book, 2015, 127 стр.

Опираясь на полученные знания о механизмах развития и разрушения макроструй, проведены экспериментальные исследования по изучению механизмов развития и разрушения микроструй, а также их горения. Установлено, что круглая микроструя подвержена уплощению и бифуркации в поперечном акустическом поле.

Показано, что круглая и плоская микроструя подвержены бифуркации в поперечном акустическом поле по причине их синусоидальной неустойчивости. Выявлены особенности воздействия поперечного акустического поля на характеристики и механизм развития плоской микроструи в зависимости от соотношения l/h , где l – длина щели сопла, h – ширина щели сопла. Результаты и знания о природе и физических механизмах развития микроструй, полученные

При этом явились основанием для экспериментальных исследований механизма горения как круглых, так и плоских микроструй, поскольку в процессах перемешивания неустойчивости и ламинарно - турбулентный переход играют большую роль. например нами показано, что процесс бифуркации пламени под воздействием поперечного акустического поля при диффузионном горении пропана в круглой и плоской микроструе коррелирует с аналогичным процессом развития микроструи в отсутствии ее горения.

Данные, полученные в результате планомерного, постепенного и целенаправленного экспериментального исследования устойчивости струйных течений, начиная с макро и до микроуровня, включая микроструйное горение пропана, позволяют нацелиться на проведение и детальное понимание механизмом микроструйного горения водорода.

Поэтому перспективным является экспериментальное изучение механизмов диффузионного горения водорода, при дозвуковой и сверхзвуковой скорости истечения, круглых и плоских микроструй.

Будут показаны особенности горения данных течений в зависимости от изменений начальных условий на срезе сопла, скорости их истечения и горения водорода в смеси с другими газами.

Изучено новое явление при горении микроструи водорода, связанное с образованием, так называемой, «Области перетяжки пламени».

Бюджет: Р 21 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122101300002-4

КИНЕТИЧЕСКИЙ НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ СО СВЕРХПРОВОДНИКОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

Проект направлен на повышение экономической привлекательности экологических систем хранения энергии в виде кинетического накопителя энергии (КНЭ) для децентрализованных энергосистем, в особенности с возобновляемыми источниками энергии. Целью является разработка новой электрической машины для применения в качестве мотор-генератора в составе кинетического накопителя энергии. Для повышения эффективности преобразования энергии изучаются возможные варианты использования высокотемпературных сверхпроводниковых обмоток в разработанной ранее конструкции КНЭ. Допустимый ток в сверхпроводнике существенно превышает значения для медных проводов, что позволит повысить массогабаритные показатели и удельную мощность КНЭ. В рамках выполнения проекта выполняются расчетно-теоретические исследование и сравнение конструкции ВТСП мотор-генераторов на основе численного моделирования электромагнитного поля. Проводится анализ режимов работы КНЭ с разработанной конструкции ВТСП мотор-генератора (разряд, заряд, хранение энергии) при работе на автономную нагрузку.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № 122101700030-3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Применение источников теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии особенно актуально для России вследствие наличия значительного количества удаленных от централизованных сетей теплоснабжения и труднодоступных населенных пунктов и областей, а также за счет

значительного потенциала повышения энергосбережения.

Повышение эффективности работы систем теплоснабжения с применением возобновляемых источников энергии позволит повысить конкурентоспособность подобных решений на рынке и снизить сроки окупаемости, стимулируя, таким образом, развитие этого сегмента в России, а также позволит снизить зависимость систем с возобновляемыми источниками энергии от государственных дотаций.

В рамках выполнения проекта «Повышение эффективности комбинированного источника теплоснабжения здания основе использования возобновляемых источников энергии» были достигнуты основные цели работы и достигнуты научные результаты, которые позволят повысить эффективность децентрализованных систем теплоснабжения, как на основе возобновляемых источников энергии, так и на основе традиционных источников энергии.

Алгоритм управления системой теплоснабжения, разработанный в ходе работ позволил учесть технические особенности работы тепловых насосов, что привело к повышению надежности системы теплоснабжения, а внедрение системы прогнозирования тепловых нагрузок и динамического выбора оптимального теплоисточника в зависимости от тепловых нагрузок привело к снижению энергопотребления системы теплоснабжения на 41 % при работе на алгоритме с оптимальным весом прогноза, который, в свою очередь, также был определен на основе нескольких этапов экспериментальных исследований.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ, ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВОДОРОДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № 122101800004-3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА РАБОТЫ НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПО КРИТЕРИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОБСТВЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ И ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ЕГО СЛУЖБЫ

Целью данной научно-исследовательской работы являлось исследование и разработка рекомендаций по выбору параметров системы накопления электроэнергии (СНЭ) с учетом технических ограничений и возможного экономического эффекта, а также разработка программного продукта для выбора параметров и оптимизация режима работы накопителя электроэнергии в составе системы электроснабжения промышленного предприятия.

Результатом работы будет являться программное обеспечение с интерфейсом и расчетным модулем на языке программирования Python, которое позволяет оценить эффективность применения СНЭ в электроустановке потребителя с учетом особенностей формирования тарифа на электроэнергию в отечественной практике и продления срока службы накопителей, а также с целью повышения эффективности ге-

нерации возобновляемых источников энергии на базе проведенного исследования.

Практическая значимость результатов: ПО позволяющее производить выбор параметров СНЭ в сети промышленного потребителя и рассчитывать технико-экономические показатели проекта по внедрению СНЭ для снижения затрат на электроснабжение.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ, ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВОДОРОДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № 122102500011-1

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ В ЕЕ СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Планируемые результаты исследования:

1. Методика по определению параметров систем накопления электроэнергии (СНЭ) и алгоритма управления виртуальной синхронной машины в составе электростанций на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).
2. Алгоритм управления виртуальной синхронной машиной.
3. Программный продукт (приложение) по определению параметров систем накопления электроэнергии в составе электростанций на базе ВИЭ для повышения эффективности работы системы электроснабжения.

Разработанное приложение, в котором будет реализована методика по определению параметров систем накопления электроэнергии и алгоритм управления виртуальной синхронной машины в составе электростанций на базе ВИЭ планируется к применению при интеграции электростанций на базе ВИЭ в существующие системы электроснабжения или на существующих системах электроснабжения, в которых имеются электростанции на базе ВИЭ. Приложение позволит выбрать необходимые параметры СНЭ и реализовать алгоритм управления виртуальной синхронной машины для повышения эффективности работы всей системы.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ, ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВОДОРОДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № 122110700005-3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В МУЛЬТИЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МИКРОСЕТЯХ

Концепция интеллектуальных мультиэнергетических микросетей основана на разработке и внедрении кибер-физических систем с использованием эффективных математических моделей, телекоммуникационных технологий и информационного управления, позволяющих эффективно генерировать, хранить, распределять и доставлять потребителю энергию из источников как традиционной, так и возобновляемой генерации.

Данный проект направлен на систематизацию и получение новых научных знаний в области численного моделирования и управления киберфизическими системами в мульти-энергетических микросетях, в том числе на основе малых энергоблоков на основе термохимического преобразования низкоэнергетического сырья, возобновляемых источников энергии на базе ветрогенераторов и солнечных панелей. Интегральные динамические модели и эффективные прогнозные модели и методы, основанные на рекурсивных сетях глубокого обучения позволят реализовать концепцию цифрового двойника для управления многоэлементной гибридной установкой с накопителями энергии на основе аккумуляторов и суперконденсаторов.

Благодаря информационной взаимосвязи оборудования «источник-аккумулятор-нагрузка» на уровне микросети через проводные/беспроводные сети связи, мультиэнергетическая микросеть постепенно трансформируется в сильно связанную кибер-физическую систему к которой традиционные методы работы и управления сложно применить. Российская команда (координатор проекта) сосредоточится на проведении теоретических исследований и разработке новых математических моделей. Команда из Индии внесет свой вклад благодаря обширным знаниям в области моделирования преобразователей и команда разработчиков из Китая внесет свой вклад в автоматизацию, включая исследования ситуационной осведомленности в информационно-телекоммуникационных сетях энергетических объектов. В рамках сотрудничества исследователей Китая, России и Индии в области мультиэнергетических микросетей, в проекте реализуется четыре аспекта: механизм сопряженного взаимодействия потока информации и энергии, математическое моделирование, ситуационная осведомленность и совместное управление в мультиэнергетической микросети. Будут решены следующие задачи: динамическое моделирование киберфизической системы мультиэнергетической микросети, ситуационная осведомленность об управляемых данными (временными рядами) мультиэнергетическими микросетями, а также распределенное совместное управление гибкими управляемыми ресурсами мультиэнергетической микросети. Благодаря исследованиям проекта будут разработаны такие оригинальные инновации, как механизм и архитектура взаимодействия информационно/энергетических потоков, методы ситуационной осведомленности, совместное управление распределенным накопителем энергии и гибкая регулировка частоты-напряжения. Это повысит уровень ситуационной осведомленности, уровень эффективности мультиэнергетического взаимодействия и обеспечит динамическую устойчивость мультиэнергетической микросети. Проект позволит реализовать самобаланс и безопасную работу мультиэнергетической микросети, а также

улучшит экономические преимущества киберфизической системы в многоэнергетических микросетях и повысит эффективность энергопотребления.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ, ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВОДОРОДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № 122111000088-0

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАРУШЕНИЙ И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ (МИКРОГРИД) НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В ходе выполнения НИОКР определяются и систематизируются специфические особенности и свойства распределительных электрических сетей 10 кВ и ниже с ВИЭ и накопителями электроэнергии (далее – Микрогрид), разрабатываются технические и функциональные требования к Микрогрид и ее отдельным элементам для автоматизации и управления режимами электроснабжения, разрабатываются способы и методы онлайн-анализа нарушений и децентрализованного управления Микрогрид на основе применения технологий искусственного интеллекта, разрабатывается оптимальная архитектура и прототип децентрализованной ситуационно-аналитической и информационно-управляющей платформы для автоматизации и управления режимами работы Микрогрид с применением технологий искусственного интеллекта. По результатам выполнения НИОКР проводятся испытания и подтверждается работоспособность разработанных технологий в составе прототипа децентрализованной ситуационно-аналитической и информационно-управляющей платформы для автоматизации и управления режимами работы Микрогрид.

Бюджет: Р 6.3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ, ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ, ВОДОРОДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № 122112200009-0

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Цель работы - создание интеллектуальных электротехнических комплексов и систем, обеспечивающих заданное качество электроэнергии и алгоритмы эффективного управления

потоками энергии в условиях изменения режимов генерации электроэнергии и параметров нагрузки в статических и динамических режимах.

Содержание работы:

поиск путей снижения расхода органического топлива дизельными и газотурбинными агрегатами при изменении параметров нагрузки в широком диапазоне;

повышение эффективности преобразования энергии ветра, солнца и теплоносителей в электроэнергию, в частности, за счет обеспечения работы возобновляемых источников энергии в режиме выдачи максимальной мощности в широком диапазоне климатических условий;

разработка алгоритмов эффективного управления потоками энергии источников различной природы в условиях изменения частоты вращения валов двигателей, использующих органическое топливо, скорости ветра, солнечной инсоляции и параметров нагрузки автономной системы электроснабжения;

согласование режимов работы электрогенерирующего и электропотребляющего оборудования;

повышение эффективности использования электроэнергии за счет совершенствования электропотребляющего оборудования, оптимизации режимов его работы;

обеспечение электромагнитной совместимости электропотребляющего оборудования и источников питания.

Актуальность, научная и практическая значимость работы: разработка перспективных технических решений, обеспечивающих снижение расхода органического топлива за счет оптимального использования возобновляемых источников энергии и согласования режимов генерации и электропотребления.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А19-119030690048-3

Анализ эффективности и разработка энергосберегающих технологий и методов ее повышения в теплоэнергетических установках, в том числе на базе возобновляемых источников энергии

Актуальность работы определяется необходимостью максимально эффективного использования природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики и повышения качества жизни населения страны. Задача исследования – оценка текущей эффективности теплоэнергетических установок различных видов, в том числе, использующих возобновляемые источники энергии, с целью разработки энергосберегающих технологий и методов для ее повышения. Результатом работы станут разработанные практические рекомендации по внедрению

различных энергосберегающих технологий и методов в эксплуатируемые теплоэнергетические установки, в том числе на возобновляемых источниках энергии, с целью повышения эффективности их работы для более рационального использования первичных энергетических ресурсов и улучшения экологических показателей работы.

Бюджет: Р 1.86 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А19-119052990035-2

Разработка и исследование гибридных энергетических комплексов на базе нескольких разнородных возобновляемых источников энергии

Фундаментальной научной задачей проекта является разработка гибридных энергетических комплексов для энергоснабжения локальных объектов, с преобразованием в одной электрической машине трех разнородных видов энергии (световой, тепловой и механической) – в электрическую, выявление и объективная оценка связей между разнохарактерными источниками энергии, обоснование и математическая связь характеристик энергетического комплекса с характеристиками его отдельных элементов (в том числе многоходовых преобразователей и его элементов) в зависимости от способа сочетания этих элементов, нахождение совокупности характеристик элементов гибридного энергетического комплекса (ГЭК). Краснодарский край является энергодефицитным регионом. В то же время он же является курортным. Увеличение генерации и. в то же время обеспечение экологической чистоты Края является комплексной, зачастую противоречивой задачей. Для обеспечения энергопотребителей региона экологически чистой энергией целесообразно развивать в регионе альтернативную энергетику. Природные и метеорологические условия в регионе благоприятствуют решению подобных задач. Сегодня использование и потребление энергии ветра и энергии Солнца, которые преобразуются соответственно в механическую энергию и электрическую энергию переменного и постоянного тока, ведется отдельно, а их простое суммирование невозможно в силу различной природы и параметров указанных видов тока. Стремление суммировать энергию постоянного и переменного токов приводит к созданию неоправданно сложной преобразовательной установки. В настоящее время нет данных о том, что в мировом электромашиностроении разработаны электромеханические преобразователи энергии для использования в системах ВИЭ с возможностью преобразования в одной электрической машине световой энергии Солнца, механической энергии ветра и тепловой энергии (например, Солнца или другого источника тепла, в том числе тепла, вырабатываемого самим преобразователем энергии) в электрическую энергию. Создание многоходовых преобразователей энергии, позволяющих суммировать энергию Солнца, ветра и источника тепла

одновременно преобразовывать полученную суммарную энергию в электрическую позволит оптимизировать систему энергоснабжения локальных объектов на базе возобновляемых источников энергии, повысив энергетические и улучшить массогабаритные и стоимостные показатели установок ВИЭ.

Планируемые к получению результаты работы позволяют создать многоходовые электрические машины для преобразования энергии ВИЭ в электрическую, которые могут быть эффективно использованы в системах электроснабжения локальных объектов.

Бюджет: Р 0.6 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А19-119062890062-8

ИОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ГРАДИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛИ В РЕЧНОЙ И МОРСКОЙ ВОДЕ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Данный проект направлен на решение глобальной проблемы использования возобновляемых источников энергии. В последнее время резко возрос интерес к проблеме прямого преобразования в электроэнергию градиента концентрации соли между соленой и пресной водой с использованием обратного электродиализа.

Установка обратного электродиализа может быть размещена в устье реки и использовать для своей работы энергию смешения морской и речной воды. Потенциал данной технологии достаточно высок, по оценкам специалистов таким способом можно получать до 1000 ГВт электрической энергии.

В настоящее время широкому применению этой технологии препятствует низкая удельная мощность процесса, обычно не превышающая 1 Вт/м².

Целью проекта является разработка научных основ получения электрической энергии из возобновляемого источника методом обратного электродиализа с использованием ионообменных материалов, представляющих собой композиты из матриц профилированных гетерогенных мембран и поверхностной пленки полиэлектrolита.

В ходе выполнения проекта будут получены профилированные и бислойные профилированные мембраны (модифицированные пленкой перфторсульфополимера) с различным микрорельефом и количеством модификатора.

Исследование основных электротранспортных характеристик полученных материалов позволит оценить эффективность их применения в обратном электродиализе.

Применение в процессах обратного электродиализа новых мембранных материалов, таких как профилированные и профилированные бислойные мембраны позволит существенно увеличить его энергоэффективность и будет способствовать

развитию альтернативной энергетики.

Бюджет: Р 1.5 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А19-119091690018-7

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ И МИКРОСЕТЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Цель работы - создание гибридных электрогенерирующих комплексов и микросетей на их основе, обеспечивающих заданное качество электроэнергии и алгоритмы эффективного управления потоками энергии в условиях изменения режимов генерации электроэнергии и параметров нагрузки в статических и динамических режимах.

Содержание работы: поиск путей снижения расхода органического топлива дизельными и газотурбинными агрегатами при изменении параметров нагрузки в широком диапазоне; повышение эффективности преобразования энергии ветра и солнца в электроэнергию, в частности, за счет обеспечения работы возобновляемых источников энергии в режиме выдачи максимальной мощности в широком диапазоне климатических условий; разработка алгоритмов эффективного управления потоками энергии источников различной природы в условиях изменения частоты вращения валов двигателей, использующих органическое топливо, скорости ветра, солнечной инсоляции и параметров нагрузки автономной системы электроснабжения; согласование режимов работы электрогенерирующего и электропотребляющего оборудования; повышение эффективности использования электроэнергии за совершенствования электропотребляющего оборудования, оптимизации режимов его работы; обеспечение электромагнитной совместимости электропотребляющего оборудования и источников питания.

Актуальность, научная и практическая значимость работы: разработка перспективных технических решений, обеспечивающих снижение расхода органического топлива за счет оптимального использования возобновляемых источников энергии и согласования режимов генерации и электропотребления.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ на основе ВИЭ, органических топлив, ВОДОРОДА и ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № АААА-А20-120081290045-4

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ
ОСНОВ УПРАВЛЯЕМОГО СИНТЕЗА
ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ
МЕТОДОМ СПРЕЙ-ПИРОЛИЗА**

Во всех солнечных элементах и умных стеклах присутствует слой прозрачного проводящего покрытия, который представляет собой тонкопленочный материал, чаще всего оксид металла, обладающий высокой электропроводностью и оптической прозрачностью.

Задачи поиска и внедрения новых материалов функциональных слоев солнечных элементов и умных стекол, получения прозрачных проводящих покрытий решают многие зарубежные научные коллективы (Института возобновляемых источников энергии им. Штефенсона, Ливерпуль, Великобритания; Технологического Университета Окинава, Япония; Технологического Университета Ченгду, Китай; химической лаборатории Технологического Университета Тампере, Финляндия; Массачусетского Технологического Университета, США др.), а также отечественные научные школы Московского государственного университета им. М. Ю. Ломоносова, Института химии Санкт-Петербургского государственного университета, Института физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН, Казанского федерального университета и др.

Однако в настоящее время в мировом научном сообществе отсутствует единое системное описание взаимосвязей факторов, влияющих на параметры функциональных слоев солнечных элементов и умных стекол в зависимости от используемых материалов, методов нанесения, технологических режимов.

Это указывает на проблему управляемого синтеза функциональных слоев, имеющих оптимальную структуру для достижения наибольшего значения коэффициента полезного действия. Для решения данной проблемы:

1. Впервые будет предложена методология управляемого синтеза функциональных тонкопленочных покрытий методом спрей-пиролиза, представляющая собой фундаментальные основы управляемого синтеза тонкопленочных функциональных покрытий для солнечных элементов.

2. Будут разработаны новые и усовершенствованы существующие модели взаимосвязи влияющих факторов и свойств прозрачных проводящих покрытий, применяемых в различных солнечных элементах (в том числе, СКЭС, ГОНП).

3. Будет разработана автоматизированная установка синтеза прозрачных проводящих покрытий с заданными свойствами методом спрей-пиролиза, отличающаяся наличием уникальной системы линейного перемещения распылителя раствора с движением по заданной оптимальной траектории, что обеспечивает нанесение на подложку равномерного покрытия, обладающего улучшенными показателями качества.

4. Будет предложена модернизированная технология синтеза прозрачных проводящих покрытий методом спрей - пиролиза с использованием разработанной автоматизированной установки, отличающаяся возможностью управляемого синтеза покрытий с заданными свойствами.

5. Будут предложены новые методики синтеза прозрачных проводящих покрытий посредством предложенной автоматизированной установки; методики оптимизации технологических режимов управляемого синтеза прозрачных проводящих покрытий; методики измерений электрофизических, оптических и морфологических свойств прозрачных проводящих покрытий.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ на основе ВИЭ, органических топлив, ВОДОРОДА и ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

НИОКТР № АААА-А20-120090390041-7

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОТИВОАВАРИЙНОГО
УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭНЕРГОСИСТЕМ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ВО ВРЕМЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

На сегодняшний день в практике оперативно-диспетчерского управления для обеспечения надёжности электроснабжения объединённых энергосистем и изолированных энергорайонов системы противоаварийного управления находят широкое применение.

Особенность существующих систем противоаварийного управления связана с выбором управляющих воздействий для обеспечения устойчивости с учётом априорно заданного перечня аварийных возмущений и использования паспортных данных оборудования для формирования математических моделей энергосистем.

Поэтому при возникновении нерасчётных аварийных процессов надёжность энергосистемы может быть нарушена, что приведёт к повреждению силового оборудования, отключению потребителей, а также значительному времени восстановления электроснабжения.

К настоящему времени опубликовано значительное количество работ, направленных на разработку адаптивных алгоритмов противоаварийного управления режимами энергосистем во время протекания переходных процессов.

В данных работах показано, что основным барьером внедрения подобных алгоритмов является быстроедействие систем измерений и обработки информации.

Проект направлен на разработку алгоритма противоаварийного управления режимами энергосистем на основе синхронизированных векторных измерений, обеспечивающего выбор управляющих воздействий для сохранения динамической устойчивости энергосистем во время переходного процесса, т.е. для актуальной аварийной ситуации и параметров модели энергосистемы.

В качестве управляющих воздействий рассматриваются импульсная разгрузка турбины и отключение генерации.

В рамках тотальной цифровизации электроэнергетики и внедрения значительных объемов новой возобновляемой генерации данная задача является особо значимой как в Российской Федерации, так и в зарубежных странах, т.к. она позволяет увеличить надёжность электроснабжения потребителей, пропускную способность схем выдачи мощности возобновляемых источников энергии, а также снизить риски возникновения каскадных аварий.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А20-120090390044-8

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА СРЕДНЕГО И НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ОПТИМИЗАЦИИ ИХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ

Увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ), развитие силовой полупроводниковой электроники (в том числе инверторов на базе IGBT-транзисторов), рост числа потребителей постоянного тока (электромобили), увеличение мощностей центров обработки данных, работающих на постоянном токе, доказанная эффективность передачи постоянным током на сверхвысоком напряжении являются предпосылками к тому, что в дальнейшем постоянный ток будет применяться в сетях среднего и низкого напряжений.

В этой связи является актуальной задача исследования теоретических основ передачи электроэнергии постоянным током в распределительных сетях среднего и низкого напряжения.

Ожидаемыми результатами проекта является разработка математических моделей:

1. Линий постоянного тока, гибких связей, выпрямителей, инверторов DC-DC, трансформаторов и различных типов потребителей, которые могут использоваться при создании цифровых двойников этих элементов.
2. Установившихся режимов интеллектуальных распределительных сетей переменного-постоянного тока (ИРС ППТ) среднего и низкого напряжений.
3. Оптимизации режимов ИРС ППТ среднего и низкого напряжений. Будут даны рекомендации по наиболее эффективным методам расчета и оптимизации режимов ИРС ППТ среднего и низкого напряжений.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А20-120090790018-5

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ СИСТЕМ С АКТИВНЫМИ ЧАСТЯМИ НА ПРИМЕРЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В настоящее время, малая генерация на основе возобновляемых источников энергии все шире проникает в пассивные распределительные электрические сети, преобразуя их в активные, создавая для них новые задачи по управлению режимами их работы. Без специального управления в таких сетях (0,4–6–10 кВ) уровень аварийных отключений потребителей очень высок и может достигать 40–90 % от общего количества аварийных отключений. Актуальным на сегодняшний день является переход от централизованной к децентрализованной системе электроснабжения потребителей, что привело к появлению концепции Microgrid, являющейся интеллектуальной автоматизированной системой энергоснабжения, объединяющей малую генерацию, потребителей, устройства накопления энергии. Одним из наиболее эффективных способов сокращения аварийных отключений в активных сетях, является применение пунктов секционирования (деление сетей на части). На базе таких пунктов удастся значительно повысить надежность электроснабжения потребителей с применением интеллектуальных реклоузеров. В работе предлагается на основе усовершенствованных реклоузеров разработать и исследовать способы формирования Microgrid в составе активных электрических сетей, децентрализованного противоаварийного разделения сети с островами Microgrid, последующего восстановления сети с синхронизацией и восстановления параллельной работы Microgrid в составе полной сети. На основе реализации предложенного подхода, использования новых способов и средств децентрализованного управления становится возможным достижение нового качества управления системами электроснабжения потребителей, обеспечение независимости Microgrid от внешнего управления, минимизации человеческого фактора, и соответственно, обеспечение повышения качества поставляемой электроэнергии и надежности электроснабжения потребителей.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.7 Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими

НИОКТР № АААА-А20-120092390011-4

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Для снижения расхода топлива и вредных выбросов в

окружающую среду в изолированных энергосистемах применяют автономные гибридные энергоустановки (АГЭУ), включающие в себя традиционную генерацию, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). В используемых в настоящее время системах автоматического управления автономными гибридными энергоустановками (САУ АГЭУ) отсутствует возможность участия ВИЭ и СНЭЭ в процессе регулирования частоты.

Будут разработаны принципы регулирования частоты в изолированной энергосистеме на основе АГЭУ: требования к САУ АГЭУ, критерии эффективности САУ АГЭУ, алгоритм управления, задействующий источники энергии нескольких типов в составе АГЭУ, и алгоритм поддержания оптимального уровня заряда СНЭЭ в процессе регулирования. На их основе будет разработана САУ АГЭУ, оптимальным образом использующая регулировочные способности традиционной генерации, ВИЭ и СНЭЭ.

Будут разработаны методика выбора общих уставок алгоритма управления АГЭУ, методика выбора параметров фильтрации данных на основе режимных параметров энергосистемы, а также методика определения оптимальной доли участия СНЭЭ, традиционной генерации и ВИЭ в регулировании частоты.

Будет разработана математическая модель изолированной энергосистемы, включающая в свой состав АГЭУ и САУ АГЭУ.

Будет проведено исследование эффективности САУ АГЭУ на математической модели и доработка САУ АГЭУ по результатам исследования.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122012100475-7

«Создание тонкопленочного термоэлектрического датчика теплового потока для применения в составе систем теплоснабжения и в технологическом промышленном оборудовании, а также в системах «умный дом»

Экономия энергетических ресурсов и эффективное управление тепловыми потоками сегодня один из главных трендов развития экономики. Управление системами теплоснабжения от тепловых генерирующих систем до конечного потребителя требует применения недорогих, точных, небольших по массогабаритным характеристикам датчиков теплового потока.

Необходимо контролировать тепловой поток от источника до конечного потребителя, на всех этапах теплоснабжения. Тонкопленочный термоэлектрический датчик позволит контролировать состояние технологического оборудования, обе-

спечивая предупреждение и защиту от перегрева.

Бюджет: Р 15 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТОРИОН-ППУ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122020300190-2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И ОБОРУДОВАНИИ СИСТЕМ КЛИМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Управление потреблением энергии зданием на предиктивной основе позволяет существенно снижать как установочную мощность генераторов теплоты, так и эксплуатационный расход тепловой энергии. Одним из путей поиска путей решения по внедрению такого способа управления является выявление характерных особенностей конкретных зданий на основе продолжительных наблюдений с фиксацией большого числа параметров изменения состояния. Наиболее доступным для измерения и эффективным для анализа параметром при этом является температура наружного и внутреннего воздуха, поверхностей, массива ограждающих конструкций. Такие параметры позволяют охарактеризовать здание, его теплоинерционные свойства, особенности работы гидравлических контуров систем передачи тепловой энергии. Полученная характеристика может быть использована при настройке параметров работы систем теплоснабжения, отопления и охлаждения.

Бюджет: Р 7.2 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122033100017-4

Методы и модели комплексного анализа и синтеза надежности централизованно-распределенных теплоснабжающих систем с применением новых технологий интегрированной и интеллектуальной энергетики

Надежное и качественное обеспечение тепловой энергии

ей является одним из приоритетных условий стабильности и развития практически всех отраслей экономики страны. Актуальность работ по обеспечению надежности теплоснабжающих систем (ТСС) возрастает с каждым годом в связи с увеличением износа их оборудования, ростом тепловых нагрузок в многих городах, перспективными направлениями преобразования ТСС с применением технологий распределенной генерации, интегрированной и интеллектуальной энергетики, активных потребителей, возобновляемых источников энергии. Все эти факторы приводят к необходимости пересмотра существующих и разработки принципиально новых методических подходов к оценке, нормированию и обеспечению надежности ТСС. Проект направлен на решение важной научно-технической проблемы обеспечения и повышения надежности ТСС в рамках общего междисциплинарного направления фундаментальных исследований физико-технических проблем развития энергетики. При этом в проекте рассматриваются ТСС нового типа – централизованно-распределенные, переход к которым связан, в первую очередь, с увеличением децентрализованного сектора теплоснабжения и усилением роли потребителя при оптимальном управлении и обеспечении надежности исследуемых систем (технологическая концепция активного потребителя), а также объективными мировыми тенденциями по преобразованию энергосистем путем интеграции различных энергетических технологий в единые мультиресурсные энергосистемы с интеллектуальным управлением. Данные системы соответствуют современной технологической концепции создания систем централизованного теплоснабжения 4-го поколения (4GDH systems). Обозначенная научно-техническая проблема проекта решается с помощью разрабатываемого научно-методического обеспечения для совместного решения основных и вспомогательных задач анализа и синтеза надежности функционирования централизованно-распределенных ТСС с учетом их логической взаимосвязи и методологической совместимости, предполагающего совместное исследование всех технологических этапов производства и распределения тепловой энергии. В сочетании с применением новых технологических решений, учетом условий, структуры и принципов функционирования централизованно-распределенных ТСС, а также повышенных требований к надежности и качеству надежности теплоснабжения потребителей, это обеспечит наиболее эффективные решения по оптимизации и обеспечению надежности функционирования и развития исследуемых систем. Новизна проекта заключается, в первую очередь, в комплексности проводимых исследований, которая достигается, с одной стороны, системным подходом к моделированию случайных процессов функционирования исследуемых ТСС при совместном рассмотрении всех технологических этапов производства и распределения тепловой энергии и, соответственно, различных аварийных состояний на источниках тепла и в тепловых сетях, а с другой стороны, высокой степенью интеграции различных аспектов надежности теплоснабжения (безотказность, готовность, ремонтпригодность, резервирование всех типов и уровней, включая адаптивные свойства активного потребителя и др.) в рамках единой методологии анализа и синтеза надежности централизованно-распределенных ТСС. Другой значимый аспект научной новизны заключается в том, что на основе разработанных в ходе выполнения проекта методов и моделей, а также результатов практических расчетов, будут получены новые знания о свойствах надежности централизованно-распределенных ТСС, закономерностях функционирования этих систем, сформированы новые научно-методические направления исследований в этой области. При решении поставленных в рамках проекта задач будут применяться различные методы и подходы: общие подходы систем-

ного анализа, методические положения системных исследований в энергетике, оптимизационные модели на основе методов линейного и нелинейного программирования, математические модели и закономерности общей теории надежности технических систем, теории вероятностей и случайных процессов (в частности, марковских случайных процессов), методы теории гидравлических цепей (ТГЦ), метод статистических испытаний, имитационное моделирование, методы двухуровневого программирования, фундаментальные закономерности теплофикации и процессов теплопередачи и другие методы. Апробация разработанного методического обеспечения осуществляется как на тестовых, так и действующих схемах ТСС. Будут проведены практические исследования по преобразованию действующих (реальных) расчетных схем ТСС к централизованно-распределенным системам с использованием разработанного методического обеспечения и анализ полученных результатов и возможных энергетических и экономических эффектов. В итоге должны быть разработаны практические рекомендации по оптимальному преобразованию действующих (реальных) ТСС в централизованно-распределенные системы с активными потребителями для повышения их энергетической и экономической эффективности, надежности и безопасности теплоснабжения потребителей.

Бюджет: Р 1.46 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122050500037-5

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

Цель работы: Исследование и совершенствование способов управления технологическими процессами теплоэнергетических установок, структуры систем теплоснабжения и технологий обеспечения их базовой и пиковой мощности, повышение энергетической эффективности теплотехнологических процессов и установок, разработка энергетически и экологически эффективных технологий водоподготовки и очистки загрязненного воздуха, применения тепловых насосов в теплоэнергетических установках и системах теплоснабжения, повышение энергоэффективности установок системы холодоснабжения. Общие положения: Разработка и совершенствование методов исследования термодинамических основ повышения энергоэффективности теплотехнологических процессов и установок. Создание на основе современных материалов и средств автоматизации процессов и установок, функционирующих с учётом требований энергоэффективности и экологических норм. Совершенствование методов и технических средств систем теплоснабжения и теплоэнергетических установок. Расчетный анализ методов и средств определения технического состояния функционирования теплотехнологического оборудования. Разработка математических моделей для инженерных расчетов. Разработка и исследование новых эколого - энергосберегающих технологий и технологических процессов малой энергетики. Проектирование теплоэнергетического и теплоиспользующего

оборудования, систем и установок искусственного климата. Повышение энергетических показателей холодильных агрегатов и основных элементов оборудования, применение современных средств регулирования и автоматизации. Внедрение энергоэффективных теплотехнологических процессов и установок позволит повысить эффективность использования энергоресурсов и производительность производства.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122092700005-2

«ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН» - ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В результате выполнения работы планируется: разработать эскизный проект конструкторской документации (в соответствии с ГОСТ 2.103-2013) на макет и компоненты газо-угольных установок; разработать макет и компоненты газо-угольной установки; разработать методику моделирования системы управления объектами электрогенерации различного генезиса; разработать прототип тестовой платформы для моделирования управления компонентами системы энергогенерации различного генезиса; получить перечень исходных данных для разработки цифровых моделей котлоагрегатов и турбоагрегатов реконструируемой Владивостокской ТЭЦ-2; разработать концепцию цифровой модели реконструируемой Владивостокской ТЭЦ-2.

Бюджет: Р 20 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122102800004-0

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ-ГАЗОВАЯ ТУРБИНА

Предлагается создание технологии полного цикла утилизации газообразных органических водородосодержащих отходов нефтехимических и др. производств для получения электроэнергии на тепловых электрических станциях на ос-

нове цифрового моделирования процессов в гибридных установках с твердооксидным топливным элементом. Наиболее важной проблемой, на решение которой направлен проект, является создание цифровых моделей электрохимических и тепломассообменных процессов в гибридной энергоустановке топливный элемент-газовая турбина с последующей разработкой на основе расчетов по цифровой модели технологий и установок экологичной и высокоэффективной утилизации водородосодержащих отходов предприятий. нефтепереработки и химкомбинатов, содержащих углеводороды, оксиды углерода и водород, т.е. топливную смесь, пригодную для электрохимических превращений в топливном элементе с предварительным риформингом с получением электроэнергии

Бюджет: Р 53.7 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122112300046-4

ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ (ИНЖЕНЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ) ТЭК (ЭТАП 2022 г.).

Актуальность данного исследования заключается в решении соответствующих больших (фронтирных) инженерных задач в интересах высокотехнологичной промышленности и обеспечение импортозамещения, технологического суверенитета и национальной безопасности в условиях мобилизационной экономики.

Параметры инженерных задач определены в Стратегии ТЭК до 2030 года, утвержденной Министерством энергетики Российской Федерации.

Актуальность выбранного направления также определяется тем, что одной из характеристик результатов Стратегии ТЭК является реализация цифровых двойников для не менее 80 % объектов ТЭК к 2030 году.

В частности, в настоящее время проектирование и эксплуатация большинства объектов российского ТЭК осуществляются на основании традиционных подходов путем тиражирования стандартного набора технических решений без моделирования состояния объекта в реальных условиях эксплуатации.

Такой подход приводит к тому, что проверенные технические решения при изменении внешних факторов, зависящих от реальных условий эксплуатации объектов, не дают заявленной эффективности, а применяемое оборудование и материалы требуют ремонта и технического обслуживания значительно чаще, чем требуется по техническому состоянию оборудования что приводит к значительным эксплуатационным издержкам, не учитываемым при проектировании объектов.

Результаты исследований будут использованы для рас-

чета фактической стоимости всего жизненного цикла проектируемых объектов ТЭК и при эксплуатации существующих объектов для эффективного планирования эксплуатационных расходов, своевременной реализации мероприятий для упреждающего реагирования на возможные отказы оборудования и повышения надежности, а также принятия обоснованных решений на необходимость проведения модернизации оборудования отдельных узлов и конкретных объектов в целом.

Тематика проекта «Разработка алгоритмов работы интеллектуальной системы управления инженерными объектами топливно-энергетического комплекса (ТЭК) путем оптимизации и трансформации бизнес-процессов(моделей) на основе технологии цифровых двойников, модельно-ориентированного системного инжиниринга и информационных технологий в интересах высокотехнологичных компаний» определена в соответствии с Энергетической Стратегией Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденной Правительством Российской Федерации распоряжением № 1523-р от 9 июня 2020 года – «Ускоренный переход энергетического сектора на новый управленческий и технологический уровень, обеспечивающий условия для развития ТЭК и долгосрочного устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации путем оптимизации и трансформации бизнес-процессов(моделей) с применением цифровых технологий и платформенных решений в условиях высокой динамики изменений и внешних факторов».

Реализации проекта на примере газораспределительной станции (ГРС) и малой ГЭС предполагает последовательное решение следующих задач:

- Построение цифровых паспортов сложных промышленных объектов (инженерных объектов) ТЭК;
- Разработка цифровых моделей процессов эксплуатации с учетом всех специфических особенностей;
- Разработка интеллектуальной системы управления эксплуатацией сложного промышленного объекта, для оптимизации бизнес-процессов.

Результатами проекта будут являться:

- Методика формирования цифрового паспорта сложного промышленного объекта ТЭК;
- Методика построения цифровых моделей процессов эксплуатации на предприятиях ТЭК
- Методика интеграции цифрового паспорта и цифровых моделей процессов эксплуатации для создания интеллектуальной системы управления сложными промышленными объектами ТЭК.

Разработанные методики лягут в основу разработки отраслевого стандарта по построению цифровых моделей сложных промышленных объектов (инженерных объектов) предприятий ТЭК, таких как газораспределительные станции, малые ГЭС, «цифровое месторождение» и другие.

Бюджет: Р 2.54 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 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

НИОКТР № 122122900030-6

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Характеристика основной темы. На текущий момент имеется два действующих способа проведения технико-экономических расчетов и подготовки технической документации теплоснабжающей организации - ручная самостоятельная обработка технико-экономических расчетов и подготовка документации силами сотрудников теплоснабжающей организации или обработка технико-экономических расчетов и подготовка документации силами экспертных организаций.

Научно-технические проблемы, на решение которых направлено выполнение НИОКР: 1) Отсутствие системности в подходах к проведению технико-экономических расчетов теплоснабжающих организаций, использование устаревших шаблонов и методик. 2) Высокая продолжительность проведения технико-экономических расчетов теплоснабжающих организаций. 3) Высокая себестоимость проведения технико-экономических расчетов теплоснабжающих организаций.

Цель НИОКР: Разработать и провести тестирование прототипа системы автоматизации технико-экономических расчетов и технической документации теплоснабжающей организации. Новизна предлагаемого решения заключается в создании нового метода проведения технико-экономических расчетов и подготовки технической документации теплоснабжающей организации. Актуальность НИОКР определяется необходимостью повышения энергетической эффективности недофинансированной отрасли энергетики и ЖКХ России, перераспределения финансовых ресурсов в рамках организации.

Результат: веб-сервис (система «Норма-ТЭК»). Области применения - бизнес-процессы теплоснабжающей организации (проведение технико-экономических расчетов и подготовка технической документации) Категории потенциальных потребителей - теплоснабжающие организации на территории России и стран СНГ.

Внедрение системы «Норма-ТЭК» в процессы теплоснабжающей организации позволит: 1) Сократить продолжительность проведения технико-экономических расчетов и подготовки документации. 2) Снизить себестоимость проведения технико-экономических расчетов и подготовки документации (отказаться от использования экспертных организаций и дорогостоящих компетентных специалистов). 3) Систематизировать информацию о системах теплоснабжения организации. 4) Обеспечить сохранность информации с целью проведения технико-экономических расчетов в будущих периодах.

Бюджет: Р 4 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «Т ЭНЕРГЕТИКА»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.9 Технологии аккумуляирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими

НИОКТР № 122011300259-4

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИБРИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ И ФУНКЦИОНАЛОМ

В отчете представлены полученные в ходе НИР научные и имеющие прикладной характер результаты этапа «Синтез новых типов гибридных композиций, сочетающих два различных вида углеродных наноструктур».

Исследование ключевых компонентов созданных в ходе предыдущих исследований гибридных композиций» работ 2021 года по теме «Исследование углеродных наноструктур для создания гибридных композиций с новыми свойствами и функционалом».

В данном исследовании в качестве компонентов гибридных структур изучены углеродные нанотрубки (УНТ) разного генезиса, в том числе полученные методом флот-катализа из газового потока, в котором распределены каталитически активные аэрозольные частицы; углерод-керамические нити, полученные покрытием ПАН-волокна α -Al₂O₃, а также образующиеся при пиролизе газа углеродные наноразмерные объекты луковичной структуры (УЛС), вводимые в состав эпоксинанокомпозиций и полимерные составляющие графитовых паст для медицинского назначения с целью получения биосенсоров.

В ходе работы исследованы структуры созданных на предыдущих этапах проекта гибридных композиций методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа, их функциональные (каталитические и сорбционные) свойства; синтезированы новые типы гибридных композиций, сочетающих два различных вида углеродных наноструктур, в том числе углеродные нанотрубки и графитированный волокнообразующий нефтяной пек, терморасширенный графит и карбонизированные фенол-формальдегидные смолы и т.п. Показано, что введение углеродных материалов (терморасширенный графит, элементный графит, коллоидный графит, канальная сажа, углеродные нанотрубки) в состав композита влияет на физико-химические и каталитические свойства получаемых кобальтсодержащих каталитических систем.

Найдено, что образующийся при этом теплопроводящий скелет необходим для поддержания стабильной работы гранул высокопроизводительного катализатора синтеза Фишера-Тропша.

Проведенные исследования позволили идентифицировать перспективные свойства созданных гибридных композиций, сочетающих несколько видов углеродных наноструктур, для развёртывания в будущем ряда работ и их применения для металл-ионных электрохимических аккумуляторов, высокоомодульных теплопроводных углеродных волокон, в области малоинвазивных электродов для медико-биологических измерений, защитных радиопоглощающих покрытий и других применений.

Бюджет: Р 15.64 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ И НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.9 Технологии аккумуляирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими

НИОКТР № 122082200099-7

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Создание и развитие литий-ионных аккумуляторов стало революционным во всех сферах жизни человека. Благодаря высокой гравиметрической и объемной плотности энергии, высокой удельной мощности, длительному сроку службы и низкому саморазряду литий-ионные аккумуляторы сегодня являются одними из важнейших возобновляемых источников энергии. Однако в связи с растущим спросом возникает необходимость в разработке новых типов аккумуляторов, обладающих большими показателями гравиметрической или объемной плотности энергий или их более доступных аналогов.

Перспективным подходом для достижения наибольших плотностей энергии, а также лучшей цикличности и безопасности считается переход к полностью твердотельным аккумуляторам, в которых используется твердый электролит. Главным преимуществом твердых электролитов считается их повышенная термическая стабильность и устойчивость к дендритообразованию, благодаря которым, они демонстрируют большую циклируемость и более безопасны.

Традиционно аккумуляторы с металлическим литием в качестве анода или аккумуляторы с анодом с щелочными металлами (Na⁺, K⁺) рассматриваются как наиболее перспективные альтернативы литий-ионным аккумуляторам. В литиевых аккумуляторах наилучшие показатели ионной электропроводности, сравнимые с жидкими органическими электролитами, достигаются в сложных трех и четырех компонентных системах, содержащих атомы серы и фосфора.

Другой перспективный класс твердых электролитов - германий содержащие твердые электролиты. Несмотря на регулярное появление публикаций с новыми электролитами и более детальными исследованиями уже открытых твердых электролитов, в том числе составов M-P-S и M-Ge-S (M = Li, Na, K), информация о электролитах такого состава все еще остается преимущественно не систематизированной и разрозненной.

Использование современных и эффективных методов предсказания кристаллических структур таких как генеративно-состязательные сети CrystalGAN и эволюционный алгоритм USEPX позволит найти новые, еще не исследованные соединения составов M-P-S и M-Ge-S, где M = Li, Na, K. Применение методов квантовой химии, машинного обучения (MLIP) и молекулярной динамики позволят достоверно оценить термодинамические, механические и кинетические свойства новых твердых электролитов, в том числе коэффициенты диффузии и значения ионной электропроводности. Важным достоинством этого подхода является способность прогнозировать свойства экспериментально еще не изученных соединений, синтез и анализ которых может представлять задачу, требующую больших материальных и временных затрат.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.9 Технологии аккумулярования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими

НИОКТР № 122103100029-7

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВИДЕ ГИБРИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО НА СПЛАВЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

В данном проекте разрабатывается топливный элемент, работающий на сплаве щелочных металлов (ТЭ). Предлагаемое устройство является хранилищем электроэнергии высокой ёмкости. При этом возможна как зарядка устройства от сети, так и заправка готовым топливом. В качестве топлива используется жидкий сплав щелочных металлов, который образуется при зарядке ТЭ из отработанного топлива. В качестве топлива можно использовать любой жидкий сплав на основе щелочных металлов, что позволит варьировать параметры ТЭ в зависимости от внешних условий. Разработанный ранее на этапе НИР лабораторный макет имеет энергоёмкость примерно 1200 Втч/кг активного вещества. Для сравнения литий-ионный аккумулятор имеет 250 Втч/кг, а натрий-серные батареи – до 350 Втч/кг. Основное назначение – это использование предлагаемого устройства в качестве источника электроэнергии в электромобилях. Также предлагается использовать его в портативных и стационарных буферных хранилищах электроэнергии в домах и электростанциях для энергетического сдвига.

Бюджет: Р 30 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИСТ-КАПИТАЛ»

Заказчик: НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПО ИСПЫТАНИЯМ И ДОВОДКЕ АВТОМОТОТЕХНИКИ ФГУП «НАМИ» (НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ»)

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 4.9 Технологии аккумулярования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими

НИОКТР № 122112100037-4

ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Данное исследование направлено на разработку технологий создания новых материалов для химических источников тока и апробация новых материалов в экспериментальных образцах устройств.

Разработка и создание современных эффективных и экологически безопасных источников энергии является важнейшим направлением научно-технического прогресса, одним из главных факторов и условий поступательного развития всех сфер человеческой деятельности, экономики, улучшения качества жизни людей.

Основные глобальные технологические тренды - индивидуализация, мобильность, распределенность, - которые прослеживаются в мире во всех отраслях, в полной мере применимы и к развитию источников энергии. Необходимость и реальная возможность разработки отечественных технологий получения материалов, процессов создания таких электрохимических устройств, как топливные элементы, металл-ионные аккумуляторы и проточные редокс-батареи, а также получения водорода обеспечивают высокую актуальность развития этих направлений.

Предполагаемым конечным результатом исследования будут: - Данные по влиянию состава каталитического слоя, в том числе гидрофобных и стабилизирующих добавок и связующего на эффективность работы катализатора в составе анодного и катодного слоев водородно-воздушных топливных элементов. Анализ скорости механизмов деградации. - Результаты исследования электрохимических свойств, в том числе проводимости, катион-обменных перфторированных сульфокатионитных мембран с короткой боковой цепью по катионам H⁺, Na⁺, K⁺ и др. - Плазмохимическая установка для генерации водорода из метана с выработкой водорода и технической сажи. Данные по разложению метана в плазменном потоке аргона и (или) азота, результаты анализа получаемого углерода и состава получаемой смеси газов, оптимизации установки. - Макетный образец металл-ионного аккумулятора различного типа (дисковые/пуговичные/монетные (coin), пакетные (pouch) и цилиндрические) на основе полученных электродных материалов и электролитов. - Лабораторная методика испытаний опытного образца стека ванадиевой ПРБ, протокол испытаний опытного образца стека ванадиевой ПРБ, Эскизная документация опытного образца стека ванадиевой ПРБ, 3D модель опытного образца стека ванадиевой ПРБ, акт об изготовлении опытного образца стека ванадиевой ПРБ.

Бюджет: Р 51.88 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Отрасль: водородная энергетика

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122012000174-0

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ, НАНОФОТОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

С целью разработки безэталонного метода анализа образцов микроэлектроники с помощью вторично-ионной масс-спектрометрии будут проводиться исследования по применению физической эмиссионной теории распыления для объяснения экспериментальных результатов. Будет исследован процесс низкотемпературного парциального окисления этанола с целью получения водорода и проведено сравнение низкотемпературных процессов реформинга этанола на ранее разработанном никелевом катализаторе, нанесённом на оксид цинка. С целью уменьшения активационных потерь и увеличения эффективности метанольного топливного элемента будет исследована возможность уменьшить проницаемость протонообменной мембраны Nafion по топливу и снизить влияние кроссовера на производительность топливного элемента путём модифицирования мембраны.

Бюджет: Р 15.35 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ОСОБОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122031400258-4

СОЗДАНИЕ НОВОГО ТИПА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ БИОСЫРЬЯ

Проект направлен на создание новых высокоэффективных катализаторов получения водорода из спиртов биогенного происхождения. Водород является перспективным видом топлива, применение которого позволяет значительно снизить углеродный след ряда отраслей экономики, или даже перейти к полностью безуглеродной экономике. Конкретной задачей проекта является создание не содержащих благородных металлов катализаторов паровой конверсии изобутанола на основе переходных металлов и углеродного носителя, полученного карбонизацией биомассы. Данный подход отвечает принципам зеленой химии, поскольку для синтеза носителя катализаторов будет использовано возобновляемое сырьё, а получение водорода будет осуществляться паровой конверсией изобутанола, производство которого из возобновляемого сырья освоено в промышленном масштабе. В совокупности это позволит реализовать процесс получения водорода с нейтральным углеродным балансом. Одной из задач проекта является создание эффективного метода формирования

стабильных катализаторов на основе карбонизированной биомассы для паровой конверсии изобутанола. Применение гидротермальной карбонизации позволяет, с одной стороны, решить проблему утилизации древесных отходов, которые в настоящее время утилизируют преимущественно путём сжигания и захоронения. С другой стороны, даёт возможность получить перспективный углеродсодержащий носитель для катализаторов получения водорода из продуктов переработки биосырья. В ходе выполнения проекта будут систематически изучены физико-химические свойства получаемых углеродсодержащих катализаторов превращения изобутанола. Будет исследовано влияние времени контакта, температуры, соотношения спирт/вода на селективность образования водорода.

В рамках проекта предполагается осуществление качественного и количественного анализа возможных промежуточных кислородсодержащих соединений, формирующихся в ходе паровой конверсии изобутанола на разработанных катализаторах. На основе полученных данных предполагается построение схемы протекания процесса. Будет проведено сравнение экспериментально полученных результатов с расчетами термодинамического равновесия парового риформинга изобутанола (равновесные степени конверсии и селективности) для температур и соотношений реагентов, охватывающих рабочий диапазон превращения изобутанола на разрабатываемых катализаторах. Впервые будет предложен дизайн каталитических систем на основе карбонизированной биомассы, с использованием которых впервые будет исследована паровая конверсия биоизобутанола.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122051800001-0

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проект направлен на решение двух взаимосвязанных задач. Первая задача: разработка лазерно-плазменного метода, позволяющего, при использовании относительно компактного оборудования, разлагать природный газ на водород и твердый углерод без образования парниковых газов. Это не только позволит продолжить использование природного газа в качестве ископаемого источника энергии при соблюдении экологической нейтральности, но и продолжить эксплуатацию существующих газотранспортных сетей без необходимости их модернизации для транспортировки водорода. Последнее обусловлено компактностью оборудования и, соответственно, возможностью его расположения в конце газотранспортной сети, в непосредственной близости от потребителя. Благодаря этому одновременно будут минимизированы расходы на разработку и создание системы доставки водорода до потребителя и связанные с этим экологические, экономические риски и риски в области обеспечения безопасности. Вторая задача – исследование механизмов и скоростей химических процессов при фотолизе/пиролизе метана посредством изу-

чения поведения когерентных ансамблей молекул методом фемтосекундной спектроскопии с временным разрешением. Результаты этого исследования будут полезны не только для решения первой задачи, но и целого ряда других проблем. Так, например, в последнее десятилетие возобновился интерес, связанный с возможностью использования метана в качестве реактивного топлива для гиперзвуковых аппаратов. В этом контексте необходимо установить механизм и кинетические параметры химического поведения топлива во время его пиролиза, чтобы использовались их в моделировании гидродинамических процессов. Учитывая, что скорость подобных реакций, как правило, лежит в субпикосекундном диапазоне, методы фемтосекундной спектроскопии становятся безальтернативными для решения подобных задач.

Бюджет: Р 1.5 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122080200056-6

Получение высокочистого водорода с помощью мембранного модуля на основе никелевых мембран

Данный проект направлен на решение проблемы получения высокочистого водорода, который затем может быть использован как топливо для топливных элементов с протонообменной мембраной. Выбросы от транспортных средств вносят наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха, особенно в крупных городах. Для снижения количества выбросов предлагается перевести хотя бы часть транспортных средств на топливные элементы, в частности, элементы с протонообменной мембраной. Наряду с очевидными преимуществами существенным ограничением этого типа устройств является необходимость использования в качестве топлива водорода высокой степени чистоты (не менее 99.5 об. %). Современные методы получения и сепарирования водорода преимущественно ориентированы на крупнотоннажное непрерывное производство, в то время как потребность в водородном топливе для транспортных средств меняется в зависимости от сезона, обстоятельств владельцев транспорта и других факторов, а долговременное хранение водорода сопряжено с его серьезными потерями из-за высокой летучести и проникающей способности. Поэтому существует потребность в компактных установках для получения водорода высокой степени чистоты, способных с высокой эффективностью и быстрым выходом на рабочий режим производить относительно небольшие количества водорода (порядка нескольких нм^3 в сутки), который затем будет либо незамедлительно утилизироваться в топливном элементе на борту транспортного средства, либо храниться в сжатом виде относительно недолгое время. Такие установки должны включать в себя реактор для получения богатых водородом газовых смесей, например, в результате каталитического риформинга углеводородсодержащего сырья, а также устройства для селективного сепарирования водорода. Мы предлагаем использовать в качестве такого устройства мембранные мо-

дули, состоящие из водород-селективных мембран на основе капилляров из металлического никеля. Геометрические размеры производимых промышленно никелевых капилляров позволяют достичь высокой плотности их упаковки в устройстве и тем самым уменьшить его размеры. Никель как мембранный материал обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными материалами мембран: относительно низкой стоимостью, высокой коррозионной устойчивостью и стабильностью характеристик в температурном диапазоне работы каталитических риформеров, практическим отсутствием явления водородного охрупчивания и т.д. В ходе реализации проекта планируется создание модифицированных мембран на основе никелевых капилляров, исследование механизма транспорта водорода и поиск путей повышения потока водорода через них. Предлагаются подходы по созданию надежной и долговечной герметизации мембран. По итогам подробного исследования единичных мембран и способов их коммутации будет собран и испытан прототип мембранного модуля, сочетающий в себе компактность, надежность, эффективность и низкую стоимость материалов. Также будут сформулированы рекомендации по сборке модулей большей производительности. Реализация проекта поможет в решении проблемы производства водорода высокой степени чистоты и снижении загрязнения атмосферного воздуха выбросами транспорта.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122082600015-3

ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель НИР - разработка конвертера метана в водород для использования на автомобильной газонаполнительной станции. В ходе выполнения НИР должны быть выполнены следующие работы:

1. Моделирование неравновесного цепного пиролиза метана в микропузырьках барботажного реактора, в том числе в присутствии катализатора (Ni, Fe и др.) при иницировании газовым разрядом, оптимизация конструкции блока плазмохимической конверсии и температурного режима реактора, выбор катализатора.

2. Моделирование распределения температуры и электрического поля в объеме реактора с диэлектрическим расплавом при барботировании метана. Моделирование развития самостоятельного газового разряда в объеме пузырька с метаном. Режим работы высоковольтного источника - постоянное напряжение и импульсное напряжение с частотой следования импульсов до 0.1 МГц. При моделировании определить условия развития пробоя по газу в объеме пузырька и подавления пробоя по границе раздела метан-расплав на поверхности пузырька.

3. Разработка метода утилизации мелкодисперсного углерода, в том числе с получением пластографита. Моделирование формирования высокомолекулярных углеводородов (алканы и др.) на поверхности частиц мелкодисперсного

углерода и выбор дополнительных катализаторов полимеризации, оптимизация температурного режима и скорости газового потока в зоне полимеризации.

4. Разработка системы автоматизации нагрева и стабилизации температуры в барботажном реакторе с регулировкой распределения температуры в реакционной зоне и зоне полимеризации.

5. Подготовка заявки на изобретение/полезную модель, права на которую будут принадлежать Томскому политехническому университету.

6. Подготовка обоснования технической и экономической возможности и целесообразности выполнения НИОКР.

Бюджет: Р 2 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКР № 122092900004-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА И РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПИРОЛИЗА МЕТАНА

Разработка научных основ технологии – варианта каталитического пиролиза природного газа (КППГ) с применением наноструктурированных маталл-углеродных катализаторов. Разработка лабораторной установки для испытания процесса. Каталитическое разложение метана является неокислительным одностадийным процессом, протекающим по реакции: $\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$. Отсутствие оксидов углерода в продуктах реакции при целевом получении водорода исключает необходимость улавливания CO_2 , а в случае производства метано-водородных смесей возможно использовать продукт реакции без дополнительной очистки, что является преимуществом для выбора данного одностадийного процесса. В отсутствие катализатора значительная конверсия достигается при температуре не менее 1200 °С ввиду кинетических ограничений и высокой энергии активации разрыва связи C–H молекул метана. Энергия активации некаталитического процесса составляет от 350 до 450 кДж/моль.

Существенная интенсификация процесса при пониженной температуре может быть обеспечена применением катализаторов различного типа, наиболее широко протестированы катализаторы на основе углерода и переходных металлов. Так, использование углеродных катализаторов: активированные угли, технический углерод, - позволяет понизить энергию активации до 200–240 кДж/моль и, соответственно, обеспечивает проведение процесса при температуре 800–900 °С. Более эффективны катализаторы на основе переходных металлов: главным образом никеля, а также железа и кобальта. В случае энергии активации снижается до приблизительно 100 кДж/моль (для никеля), а разложение может быть проведено при приемлемой температуре порядка 650–750 °С. Результаты НИОКР будут использованы при разработке аппаратного оформления для лабораторных испытаний процесса ката-

литического пиролиза природного газа, включая испытания различных вариантов катализатора и испытания режимных параметров процесса. Результаты могут быть использованы при разработке УГТ 3.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ЦЕНТР НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ОМСКИЙ ФИЛИАЛ)

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКР № 122092900005-0

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА

Получение водорода паровым риформингом метана с применением катализаторов повышенной устойчивости к примесям сырья.

Для перехода к низкоуглеродной экономике на основе крупнотоннажного производства водорода необходимо улучшение имеющихся технологий получения водорода (парового риформинга), которое может быть реализовано за счет разработки и применением усовершенствованных каталитических систем.

Традиционно для получения водорода из природного газа применяются следующие технологии: риформинг, пиролиз и газификация углеродосодержащего сырья, а также электролиз воды. Паровой риформинг отличается жесткостью условий реализации, что накладывает дополнительные требования на структуру и свойства используемых катализаторов. Дополнительное пагубное влияние на каталитические центры системы оказывают присутствующие в сырье серусодержащие соединения. Катализаторы, имеющие устойчивость к подобному классу соединений, выгодно отличаются от аналогов.

В работе предлагается разработка и изготовление лабораторной установки парового риформинга метана, а также разработка каталитических систем, имеющих повышенную устойчивость к примесям сырья. Полученные каталитические системы позволят обеспечить продолжительную непрерывную работу установок.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: ЦЕНТР НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА ИМ. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ОМСКИЙ ФИЛИАЛ)

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122101200005-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НАКОПЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРОДА

1. Цель НИР: – разработка математических моделей и программного обеспечения для инновационных пиролизных технологий генерации водорода из природного газа. – разработка эффективных катализаторов и органических носителей для безопасного хранения и транспортировки водорода. 3. Задачи и содержание НИР Достижение поставленных целей базируется на решении следующих научно-технических задач. 4.1. Разработка математической модели термического разложения метана. 4.2. Разработка математических моделей химических, тепловых и газодинамических процессов, протекающих в газофазном реакторе генерации водорода. 4.3. Разработка новых аналитических и численных методов расчета химических, тепловых, газодинамических процессов, протекающих в газофазном реакторе; составление вычислительных алгоритмов и создание программных пакетов для расчета указанных процессов. 4.4. Исследование влияния тепловых, массообменных и газодинамических параметров на процесс термического разложения метана в газовой фазе. 4.5. Определение допустимых пространственных градиентов температур, обеспечивающих надежность работы установки пиролиза метана, путем расчета квазистатических температурных напряжений. 4.6. Разработка методов синтеза нанесенных катализаторов для процессов прямого гидрирования и дегидрирования органического носителя водорода, способных сохранять активность в реакциях накопления и извлечения водорода не менее чем в 4 циклах. 4.7. Установление взаимосвязи между физико-химическими характеристиками катализаторов и показателями их каталитической активности в процессах прямого гидрирования-дегидрирования жидкого органического носителя водорода в водородной среде.

Бюджет: Р 5 млн

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

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

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122111000102-3

РАЗРАБОТКА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Итогом проекта станет разработанная технология по получению водорода путем пиролиза попутного нефтяного газа с конверсией не менее 60 %. Оформление прав на результат интеллектуальной деятельности (заявка на патент). Разрабо-

танная технология позволит получать прибыль из попутного нефтяного газа, существенная часть которого на сегодняшний день сжигается факельным способом. Назначение технологии направлено на получение дополнительного дохода в связи с утилизацией отходов нефтедобычи. Потенциальным использованием разработанной технологии будет являться разложение природного газа до водорода, проектирование водородных заправок основой которых станет разработанная технология. Побочный продукт в виде углерода может продаваться на предприятия, изготавливающие резину, искусственные алмазы, углеродистые трубы.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: ИННОВАЦИОННЫЙ ФОНД САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122112400090-6

ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА «ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ»: ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ЭТАП 2022 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 «Силловые 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 Российской Федерации позволит осуществить полномасштабное и глобальное лидерство российских энергетических компаний на водородном рынке, а также стать передовой страной в области энергоперехода и рас-

ширить 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 России 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 промышленных партнеров. Полученные результаты способствуют импортозамещению в части отечественных технологий водородной энергетики. Так, на глобальном уровне, большинство методов получения и использования водорода находится на научно-исследовательской стадии. Прорыв в этой области позволит стать мировым лидером и диверсифицировать продуктовую экспортную линейку России. Совместно с промышленным партнером будет выполнено поэтапное масштабирование установок получения водорода с полным спектром инженеринговых задач, включая создание и обеспечение синергии математических моделей: гидродинамических, тепловых, термодинамических, диффузионных, прочностных, вибрационных и прочих процессов в рамках водородных 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 инженеринге технологий получения водорода и родственных процессах: математическое и компьютерное моделирование сложного оборудования, конструирование оборудования; оптимизация технологических процессов, моделирование ката-

литических 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 Российской Федерации в области водородных технологий.

Бюджет: Р 4.23 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122120200009-5

Создание технологического экспериментально-демонстрационного комплекса для развития технологий производства водорода из природного газа

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка принципиальной технологической схемы технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, схемы автоматизации технологических процессов, принципиальные технологические схемы вспомогательных систем технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, требований к аппаратам и оборудованию производства технологического экспериментально-демонстрационного комплекса, расчет аппаратов и оборудования, исходных требований на основные покупные комплектующие изделия с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков, разработка монтажных схем и схем систем безопасности, программы и методики проведения экспериментальных работ по развитию технологий производства водорода из природного газа до уровня готовности к опытным работам, стендового технологического регламента на проведение экспериментальных работ по развитию технологий производства водорода из природного газа до уровня технологий готовых к опытным работам и рабочих инструкций для персонала. Результаты работы – Технологическая документация технологического экспериментально-демонстрационного комплекса для развития технологий производства водорода из природного газа; Технологический экспериментально-демонстрационный комплекс для развития технологий производства водорода из природного газа. Результаты работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122121200002-3

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ
КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В СИНТЕЗ-
ГАЗ И ВОДОРОД В РЕАКТОРАХ С ЭФФЕКТИВНОЙ
РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ.**

Будет проведено исследование возможности проведения конверсии горючих газов и легкокипящих жидкостей в синтез-газ и водород посредством парциального окисления в режиме горения со сверхadiaбатическим разогревом с использованием нового типа реактора с высокой степенью рекуперации тепла продуктов - реакторе типа вложенных спиралей (Swiss roll). Отличительной чертой реактора, который предлагается исследовать, является раздельный ввод реагентов. В отличие от конверсии заранее перемешанных реакционных смесей, раздельный ввод реагентов позволяет достичь более высокого предварительного разогрева реагентов и таким образом, достичь более высокого сверхadiaбатического разогрева. Будет построена качественная модель процесса в указанном типе реактора в зависимости от геометрических параметров реактора, состава (и, следовательно, заданных термодинамических и кинетических характеристик) и расходов реагента. Будет разработана конструкция экспериментального лабораторного реактора и экспериментально проверены выводы теоретической модели. В частности, будет исследовано влияние инертного пористого материала, помещённого в канал течения газов на скорость теплообмена в системе. Непосредственным практическим результатом выполнения проекта может стать создание практического мало-масштабного конвертора, позволяющего получать синтез-газ и водород посредством парциального окисления органических топлив.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122122600006-4

**РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО
РЕАКТОРА СЖАТИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ВОДОРОДА ПУТЕМ ПИРОЛИЗА МЕТАНА**

Химический динамический реактор сжатия (ХДРС) представляет собой установку с подвижными цилиндрами и поршнями, предназначенную для получения водорода термическим пиролизом метана. В камере реактора за счет адабатического сжатия до 150 атм происходит нагрев до 1500 °С, благодаря чему происходит разложение метана. При этом водород и углерод образуются в газообразной форме и выпускаются в верхней мертвой точке цикла реактора, что подавляет протекание обратной реакции. Далее, при охлаждении

углерод переходит в твердую фазу. Благодаря разработанной нами технологии термоэлектрохимического окисления трущиеся поверхности поршней и цилиндров работают без смазки, процесс протекает в адабатическом режиме за счет теплоизоляционных свойств покрытия, тем самым достигаются высокие давления и температуры в камере реактора. Компрессионный нагрев и отсутствие смазки поршневой группы дают как минимум 90 % конверсию. Одним из наиболее перспективных путей применения предлагаемой к созданию технологии получения водорода путем пиролиза метана с использованием ХДРС является ее использование на объектах существующей газотранспортной системы, например, на метановых городских заправках.

Бюджет: Р 4 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТЭХО ТЕХНОЛОГИИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.1 Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.

НИОКТР № 122122900042-9

**МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В рамках создаваемой лаборатории предлагается проведение работ по трем направлениям: I. Создание технологии глубокой очистки водорода с помощью микротрубчатых водород-проницаемых мембран на основе палладийсодержащих и никелевых сплавов. II. Разработка лабораторных прототипов каталитических мембранных реакторов (КМР) конверсии углеводородов для получения водорода с использованием микротрубчатых и мультиканальных мембран. III. Разработка лабораторных образцов высокотемпературных твердооксидных электролизеров (микротрубчатых и мультиканальных) для получения водорода. Тематика работ Лаборатории материалов и технологий водородной энергетики соответствует направлению стратегии научно-технологического развития Российской Федерации – «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». Предлагаемые работы являются актуальными в свете реализации принятой в России концепции развития водородной энергетики (распоряжение Правительства Российской Федерации № 2162-р от 5 августа 2021 г.). Водород высокой степени чистоты востребован в целом ряде приложений: в топливных элементах с протонообменной мембраной, устанавливаемых на экологически чистый транспорт; в микроэлектронике и производстве полупроводников; в металлургии для выплавки стали и снижения выбросов углекислого газа; в химической промышленности для получения ценных химических продуктов и т.д. Предлагаемые к разработке технологии и устройства получения водорода имеют ряд преимуществ перед традиционными: I. Разработка (при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером – ОАО «Красцветмет») мембранных модулей для сепарации водорода из газовых смесей на основе газоплотных мембран из сплавов палладия позволит: - создать в рамках импортозамещения конкурентоспособный российский мембранный модуль для глубокой очистки водорода; - с помощью мем-

бранной технологии глубокой очистки водорода, в отличие от других методов (КЦА, криогенный, полимерные мембраны), получить водород чистотой более 99.99 об.%, пригодный для использования в низкотемпературных топливных элементах, устанавливаемых на транспорте, в мобильных и портативных энергоустановках, в том числе, не требующих обслуживания, что востребовано при работе в условиях Сибири и Арктики; - создать дополнительную рыночную нишу потребления палладия в России и мире за счет разработки конкурентоспособной технологии глубокой очистки водорода, востребованной современной водородной энергетикой, основанной на использовании топливных элементов (распределенная энергетика, водородная заправка, транспорт, производства полупроводников и т.д.). Следует отметить, что при сравнимых капитальных затратах (CAPEX), даже при использовании дорогостоящего палладия, мембранные установки требуют более низких операционных затрат (OPEX). Компания АО «Красцветмет» разработала эффективные маркетинговые мероприятия для решения проблемы конкурентоспособности палладиевых мембранных блоков. II. Разработка каталитических мембранных реакторов (КМР) парциального окисления метана и конверсии других углеводородов на базе керамических кислородпроницаемых мембран (при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером ООО «Инэнерджи») позволяет на 30–40 % снизить затраты при получении синтез-газа и водорода по сравнению с традиционной паровой конверсией метана. Использование КМР приводит к снижению расходов за счет отсутствия азота и его оксидов в продуктах конверсии, а также за счет «ухода» от криогенного кислорода. При этом в КМР происходит повышение селективности процесса конверсии углеводорода в синтез газ ($\text{CO} + \text{H}_2$) за счет формирования активных форм кислорода на поверхности кислородпроницаемой мембраны. Повышение производительности можно добиться смещением равновесия процесса конверсии за счет селективного удаления водорода из реакционной зоны с помощью водородпроницаемых мембран. III. Применение высокотемпературных твердооксидных электролизеров (ТОЭ) водяного пара (разрабатываемых при поддержке и в сотрудничестве с индустриальным партнером ООО «Инэнерджи») позволяет использовать отработанное тепло (например, после паровых турбин на электростанциях) и снизить затраты на получение водорода до 3 кВт·ч/нм³ H₂ против 5–6 кВт·ч /нм³ H₂ для традиционных методов электролиза воды. Использование микротрубчатых и мультиканальных электролизеров позволяет увеличить производительность и степень конверсии, обеспечить быстрый запуск и отключение по требованию потребителя, что необходимо для портативных и мобильных устройств.

Бюджет: Р 53.7 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 115012330032

Создание щелочных электролизеров воды нового поколения

Повышение температур, плотностей тока и давлений при

электролизе воды может рассматриваться как один из путей снижения энергозатрат на производство электролитического водорода и кислорода. В предыдущих проектах РФФИ коллективом предлагаемого проекта разработаны методы фазовой инверсии и электроспиннинга для создания пористых диафрагм низкотемпературного щелочного электролиза воды. В данном проекте в качестве основы электродно-диафрагменных блоков будут использованы новые типа композиционных диафрагм на основе полимеров полисульфонового ряда, модифицированного гидрофильным наполнителем, а также микропленочные гидроксипроводящие мембраны на основе полибензимидазола и мембранно-электродные блоки на их основе, способные функционировать при высоких плотностях тока и температуры. Будут разработаны также новые композитные электрокатализаторы на основе никеля при их интенсивной эксплуатации. Интенсивный процесс электролиза требует создания расчетных моделей тепломассобмена как в отдельной ячейке, так и в электролизере в целом. Наряду с оптимизацией структурных параметров отдельных элементов электролизной ячейки, на заключительном этапе предполагается оптимизация плотностей тока, температур и давлений электролизера.

Бюджет: Р 0.58 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122022600142-2

Дизайн новых функциональных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками для электрохимических устройств и процессов в интересах водородной и ядерной энергетики

Проект направлен на разработку перспективных технологий производства высокочистого электролизного водорода для аккумулирования избыточной электрической энергии в водородном цикле с целью последующих поставок водорода как энергоносителя на внутренние и экспортные рынки. Технология высокотемпературного электролиза воды все еще находится в стадии предварительных и фундаментальных исследований. Проект предполагает разработку новых материалов и инновационных технологий для создания нового поколения твердооксидных электролизеров получения водорода с меньшими удельными затратами электроэнергии и меньшими массогабаритными характеристиками по сравнению с существующими продуктами. Создание технологий, напрямую связанных с генерацией энергии, невозможно без создания систем хранения энергии, установок генерации топлива, переработки топлива и отработанных материалов, устройств контроля. Для создания систем накопления энергии нового поколения требуются новые методики синтеза и более глубокое исследование свойств получаемых материалов. Также предъявляются повышенные требования к исходным материалам, что делает актуальным исследование процессов извлечения редко-земельных и других элементов из различных сред. Кроме того, нерешенной остается проблема безо-

пасного хранения и транспортировки водорода. Задачи проекта: - Синтез, исследование физико-химических свойств и электрохимических характеристик материалов для устройств накопления и преобразования энергии; - Разработка новых методов для создания материалов на основе ресурсосберегающих технологий. Разработка технологии выделения, разделения и очистки редких и редкоземельных материалов; - Поиск новых и оптимизации характеристик известных материалов с целью повышения их эффективности и практического применения, поиск новых областей применения разрабатываемых материалов.

Бюджет: Р 80.15 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122052500031-7

НОВЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АНОДИРОВАНИЯ

Водород является многообещающим альтернативным возобновляемым топливом для удовлетворения растущих мировых потребностей в энергии. В настоящее время существует множество методов промышленного производства водорода такие как производство водорода из мусора, этанола, металлургического шлака, биомассы. Отдельный интерес представляют методы расщепления воды для получения чистого водорода, к которым относят электролиз, пиролиз, радиолиз, фотоэлектрохимическое расщепление и др. Данный проект посвящен разработке нового плазмонного фотокаталитического материала, чувствительного к солнечному свету, для фотоэлектрохимического расщепления воды, что позволит повысить эффективность процесса получения чистого водорода. Основная идея заключается в усилении абсорбционных свойств наноструктурированного оксида титана за счёт возбуждения на его поверхности широкополосного таммовского плазмон-поляритона. Это должно привести к усилению возникающего фототока окисления и увеличению эффективности выделения водорода. Среди всех полупроводниковых материалов диоксид титана является предпочтительным выбором в качестве материала фотоэлектрода для ФЭХ приложений благодаря своей замечательной фотостабильности, нетоксичности и низкой стоимости. В последнее время одномерный наноструктурированный TiO_2 , такой как наностержень, нанопроволока и нанотрубка, привлек значительное внимание из-за его удержания света, эффективного разделения зарядов и свойств высокой подвижности носителей, которые полезны для повышения производительности ФЭХ расщепления воды. Новизна проекта определяется тем, что впервые будет разработана методика синтеза анодного фотонного кристалла с модулированными по ширине порами из TiO_2 и исследованы его спектральные и фотокаталитические свойства. Кроме того, элементом новизны является предложение использовать широкополосный таммовский плазмон поляритон для усиления абсорбционных характеристик изготовленного фотоэлектрода. В рамках проекта также будут разработаны математи-

ческие модели для описания и предсказания спектральных свойств полученных фотонных кристаллов в зависимости от параметров синтеза.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122062400002-7

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВКИ

В последние 5 лет можно констатировать, что внедрение технологий водородной энергетики в повседневную жизнь действительно началось: появились доступные к покупке серийные автомобили, беспилотные летательные аппараты и стационарные системы электроснабжения. Суммарная установленная мощность поставленных потребителям топливных элементов (ТЭ) за последний год превысила 1 ГВт. Европейский союз и ряд других государств составляют планы перехода к так называемой безуглеродной экономике, в которых водородная энергетика занимает одно из центральных мест. В России в 2020 году открылась первая водородная заправка в подмосковной Черноголовке, и были завезены первые водородные автомобили Toyota Mirai. Более быстрому развитию водородной энергетики в России среди прочего препятствует отсутствие инфраструктуры получения, транспортировки и хранения водорода, в частности водородных заправок. Фактически, имеет место проблема «курицы и яйца» - пока нет инфраструктуры, нет потребителей, пока нет потребителей, не появляется инфраструктура. Водородные заправки можно разделить на 3 типа: 1) имеют резервуары с чистым водородом, поставляемым с заводов; 2) водород получают непосредственно на заправке электролизом воды; 3) водород получают из природного газа непосредственно на заправке. По нашему мнению, в случае России, где имеются большие запасы природного газа (ПГ) и достаточно развитая сеть газопроводов, именно последний вариант является наиболее привлекательным. Кроме того, существующая газотранспортная инфраструктура в будущем может быть использована для транспорта синтетического ПГ, получаемого с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также способна обеспечить плавный переход от ископаемых к возобновляемым топливам. Традиционная схема получения чистого водорода в масштабах водородной заправки включает стадии паровой конверсии метана, паровой конверсии СО и короткоциклового адсорбции CO_2 (КЦА). Применение КЦА требует проводить процесс при повышенном давлении, хотя бы 1 МПа и выше, что негативно сказывается на равновесном превращении метана. Кроме существующие катализаторы реакций паровой конверсии метана и СО предназначены для крупнотоннажных аппаратов и плохо подходят для применения в рамках компактной водородной заправки. Поэтому разработка новых каталитических материалов и технологий для российской водородной заправки является весьма актуальной задачей. Настоящий проект направлен на решение проблемы получения чистого водорода из природного газа (ПГ) в рамках водородной заправки. Новизна данного проекта заключается в разработке каталитических материалов и

процессов для интенсификации реакций получения и очистки водорода непосредственно в рамках инфраструктуры водородной заправки. В частности, в качестве одного из этапов получения чистого водорода предлагается процесс сорбционно-каталитической паровой конверсии CO, который позволит существенно улучшить термодинамику реакции паровой конверсии CO и исключить стадию КЦА. Новизна также заключается в разработке сорбционно-каталитического материала с возможностью регенерации в циклах повышения/понижения температуры с применением воздуха, дымовых газов или паров воды для удаления адсорбированного CO₂. Для интенсификации эндотермической реакции паровой конверсии метана предполагается использовать реактор-теплообменник со структурированным катализатором паровой конверсии природного газа внутри трубок и структурированным катализатором полного окисления для беспламенного сжигания природного газа на внешней поверхности трубок. Предполагается применение композитных катализаторов типа «наночастицы металлов/наночастицы активного оксида/структурный оксидный компонент/структурированная металлическая подложка». Структурированная металлическая подложка обеспечивает эффективный отвод/подвод тепла для экзо-/эндотермических реакций, обладает хорошими гидродинамическими характеристиками и облегчает масштабный переход. Структурный оксидный компонент (оксид алюминия) обеспечивает термическую и коррозионную устойчивость и высокую удельную поверхность каталитического покрытия, выполняя защитную функцию для металлической подложки. Активный оксидный компонент (преимущественно оксиды церия-циркония) повышает устойчивость к зауглероживанию за счет кислородной подвижности и поддерживает высокую дисперсность активного компонента за счет сильного взаимодействия металл-носитель. Наночастицы металлов (Pt, Rh, Ru, Ni) размером 1–2 нм участвуют в активации молекул-субстратов. Сочетание паровой конверсии метана и сорбционно-каталитической паровой конверсии CO позволит: 1) радикально увеличить равновесную конверсию CO и снизить требования к низкотемпературной активности катализаторов; 2) исключить дорогостоящую КЦА из схемы процесса; 3) снизить давление до 1–3 атм, что увеличивает равновесную конверсию метана при его паровом реформинге; 4) увеличить тепловую эффективность процесса за счет использования остаточного тепла домовых газов после паровой конверсии метана для регенерации адсорбента CO₂.

Бюджет: Р 18 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122080500042-6

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ
ФОТОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ
ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ
ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА**

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу в свя-

зи с обострившимися экологическими рисками. Производство «зеленого водорода» и использование его в качестве энергоресурса позволит снизить или нивелировать пагубное антропогенное влияние на окружающую среду. Однако на сегодняшний день технологии производства водорода без выбросов CO₂ являются слишком дорогостоящими для их широкого применения. Одним из наиболее перспективных методов получения «зеленого водорода» является фотоэлектролиз. Фотоэлектрохимическое получение водорода основано на реакции разложения воды на молекулярные водород и кислород на полупроводниковых электродах под действием солнечного излучения. Результатом этого процесса является прямое преобразование солнечной энергии в химическую энергию топлива (водорода). Метод фотоэлектролиза очень перспективен с точки зрения простоты создания фотоэлектрохимических преобразователей, поскольку в качестве фотоэлектродов могут использоваться тонкие пленки полукристаллических оксидов переходных металлов. Однако на сегодняшний день основным препятствием для коммерциализации фотоэлектролизеров является низкая эффективность преобразования солнечного излучения и низкая стабильность материалов фотоэлектродов в условиях продолжительного фотоэлектролиза. Данная ситуация осложняется тем, что кинетика целевых реакций фотоэлектролиза (реакций выделения водорода (РВВ) и кислорода (РВК)) крайне замедлена, а материалы фотоэлектродов, как правило, не являются эффективными катализаторами этих реакций. Одной из наиболее выигрышных стратегий повышения каталитической активности и стабильности фотоэлектрокатализаторов является нанесение на поверхность материалов фотоэлектродов тонких слоев других соединений, функция которых может заключаться в i) защите поверхности фотоэлектрода от прямого контакта с электролитом; ii) подавлении поверхностной рекомбинации; iii) понижении активационного барьера межфазного переноса фотоиндуцированного носителя заряда через границу электрод/раствор. Наиболее часто ожидается проявление именно электрокаталитической функции (iii) при нанесении сокатализатора, однако нанесение классических электрокатализаторов на тонкопленочные электроды не всегда приводит к желаемому повышению активности и стабильности. На сегодняшний день роль сокатализатора остается неизученной для большинства известных фотокатодов и фотоанодов на основе оксидов переходных металлов, что существенно затрудняет прогресс в области фотоэлектрохимической генерации водорода. Настоящий проект направлен на выявление роли сокатализатора в повышении эффективности и стабильности фотоэлектрокатализаторов РВК и РВВ на основе оксидов переходных металлов. Решение данной задачи возможно на основании проведения многофакторного анализа влияния компонентов фотоэлектрохимической системы на наблюдаемую фотоэлектрокаталитическую активность и стабильность. Научная новизна проекта заключается в установлении неизвестной на сегодняшний день преобладающей функции сокатализатора в различных экспериментальных условиях на основании систематического экспериментального подхода, позволяющего независимо варьировать различные факторы (природа материала фотоэлектрода, толщина и сплошность слоя фотокатализатора, pH среды). Данный подход позволит впервые сформулировать рациональные стратегии повышения стабильности и активности фотоэлектрокатализатора на основании понимания механизма действия сокатализатора. Актуальность решения данной проблемы обусловлена интенсификацией усилий, как в России, так и в других странах мира, направленных на переход к экологически чистой и возобновляемой энергетике. Разработка способов стабилизации и повышения активности фотоэлектродов в водных растворах

электролитов позволит реализовать один из самых перспективных способов генерации «зеленого» водорода для применения в качестве топлива в различных секторах экономики.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122081500075-1

**РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ
АВТОНОМНО РЕГУЛИРУЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ
ВОДОРОДА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПУТЕМ ОКИСЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА
ОСНОВЕ СПЛАВОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ**

В настоящее время большинство развитых стран уделяет особое внимание развитию водородных технологий. В России тренд на создание и внедрение энергоустановок на водородном топливе, наряду с разработкой решений по его экологически чистому получению, также набирает обороты. Источники электропитания на основе водородных топливных элементов рассматривают в качестве альтернативы аккумуляторным батареям ввиду большей удельной энергоемкости и производительности при низких температурах. Они уже находят широкое применение в транспортной отрасли, для оснащения дронов и роботизированных платформ, систем резервного и децентрализованного тепло- и электроснабжения. На сегодняшний день существует ряд способов крупномасштабной генерации «мало-», «средне-» и «высокоуглеродного» водорода; формируется стратегия перехода к производству «безуглеродного» водорода методом электролиза с использованием возобновляемых источников энергии и на атомных станциях. Однако проблемы, связанные с безопасным хранением и транспортировкой этого взрывоопасного газа, пока остаются нерешенными. Создание и поддержание работы соответствующей инфраструктуры с обеспечением ее безопасности потребует колоссальных затрат, поэтому предполагается создание решений по распределению около 90 % водородного топлива потребителям непосредственно после наработки. Настоящий проект направлен на создание систем регулируемой генерации водорода посредством окисления энергоносителей на основе сплавов алюминия и магния в воде и водных солевых растворах для топливных элементов. Основное преимущество такого решения состоит в обеспечении водорода в необходимом количестве непосредственно на месте потребления, что в принципе исключает проблемы его хранения и транспортировки. Использование алюминия — еще одно преимущество, так как это первый по распространенности металл в земной коре. С недавнего времени ведется реализация проектов по модернизации алюминиевой промышленности: ALLOW (производство «низкоуглеродного» алюминия с использованием «безуглеродных» источников энергии, главным образом — гидроэнергетики), ELYSIS и поддерживаемые «Русал» работы Лаборатории фундаментальных исследований проблем получения алюминия при МГУ (выплавка алюминия с использованием «безуглеродных» («инертных») электродов, с выделением кислорода вместо углекислого газа). Таким образом, в обозримом будущем реален переход к производству «зеленого» алюминия. Продукты окисления алюминия безопасны для окружающей среды

и могут быть возвращены в цикл производства алюминия в качестве исходного сырья. Новизна проекта состоит в создании источника водорода с автономным регулированием выделения водорода по давлению газа в системе, для которого впервые будут проведены экспериментальное и расчетное исследование процессов тепломассопереноса. Также впервые будет исследована теплоотдача от поверхности образцов реагирующих с раствором сплавов в приповерхностный газожидкостный слой и кинетика их окисления в водных средах разного состава.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122081500084-3

**ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА С НИЗКИМ УГЛЕРОДНЫМ
СЛЕДОМ ИЗ СМЕСЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С
МЕТАНОМ И УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ,
КОМПРЕССИИ И ХРАНЕНИЯ В МЕТАЛЛОГИДРИДАХ**

Водород может быть использован для накопления, хранения и доставки энергии и рассматривается в качестве перспективного энергоносителя и инструмента для решения задач по развитию низкоуглеродной экономики и снижению антропогенного влияния на климат. Основными преимуществами водорода являются возможность его получения из различных источников и отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя. В низкоэмиссионных энергосистемах водород часто используется в смесях с метаном (энергетические смеси) и (или) углекислым газом (в том числе биоводород) с малой (менее 50 %) концентрацией и, соответственно, низким парциальным давлением водорода. Выделение водорода из таких смесей, его компрессия и хранение представляют сложную задачу, поскольку современные коммерческие системы очистки водорода ориентированы на разделение смесей с большой (более 70 %) концентрацией водорода, а при ее снижении утрачивают термодинамическую эффективность. Металлогидриды позволяют селективно поглощать и хранить водород в твердофазном связанном состоянии при температурах и давлениях, близких к нормальным условиям, а также эффективно сжимать и очищать водород. Концепция водородной энергетики Российской Федерации (распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. № 2162-р) причисляет металлогидриды к технологиям водородной энергетики, разработку которых необходимо организовать в приоритетном порядке и которые должны быть доведены до промышленного внедрения. Металлогидриды могут быть использованы для эффективного разделения смесей водорода с метаном и (или) углекислым газом, таким образом, они могут быть применены в цикле для производства энергетических смесей на основе водорода, а также для улавливания углекислого газа возобновляемых источников энергии и других источников энергии с низким уровнем выбросов углекислого газа. В настоящее время наиболее экономически эффективным способом получения водорода является его централизованное производство методом паровой конверсии метана или газификации угля, при этом необходимо обеспечение улавливания угле-

кислого газа, поскольку выбросы парниковых газов в этих процессах составляют порядка 75 г CO₂eq/МДж H₂ и выше, в то время как низкоуглеродным считается водород с углеродным следом менее 36.4 г CO₂eq/МДж H₂. Наиболее экологичный способ производства водорода основан на электролизе воды за счет электроэнергии атомных и гидро- электростанции, а также электроэнергии возобновляемых источников энергии. Еще одним источником водорода с низким углеродным следом может стать биомасса, при этом существуют методы биологического производства водорода в качестве продукта жизнедеятельности некоторых микроорганизмов. При этом в качестве источника водорода могут быть использованы сельскохозяйственные и бытовые органические отходы, что увеличивает экологическую привлекательность этого метода. Однако в настоящее время все низкоуглеродные методы существенно дороже способов производства из ископаемого сырья, и в общем производстве водорода они составляют менее 1 %. Целью развития технологий на базе возобновляемых источников энергии является снижение к 2050 году стоимости низкоуглеродного водорода до уровня менее 2 долларов США за килограмм, что сделает его конкурентоспособным с ископаемыми топливами. Еще одной важной проблемой является транспортировка и хранение водорода. Водород из ископаемых источников используется в основном на месте производства в нефтехимической или аммиачной промышленности, для использования в низкоуглеродной энергетике необходимо его доставлять потребителю, в том числе на дальние расстояния. Для этого предлагается использовать энергетические смеси, в первую очередь водорода с метаном (природным газом), которые могут быть использованы в обычных газовых сетях. Концентрация водорода в таких смесях мала (обычно 5–10 %), поэтому его извлечение становится трудной и дорогостоящей задачей, поскольку современные коммерческие методы очистки водорода (мембранные, КЦА) ориентированы в первую очередь на смеси с высоким содержанием водорода, и становятся неэффективны, когда водород является второстепенным компонентом смеси. Схожие проблемы наблюдаются и в производстве биоводорода. Типичный продукт биологической переработки органического сырья представляет собой влажную смесь газов с низким парциальным давлением водорода (< 1 бар). Также для повышения конверсии органики всю большую популярность приобретают многостадийные методы, в которых производится смесь водорода и метана биологического происхождения. Для решения этой задачи мы предлагаем выполнить мультидисциплинарные исследования, чтобы разработать методы получения водорода при повышенных гидростатических давлениях с использованием экстремофильных микроорганизмов. Недавние исследования показывают, что водородный метаболизм гораздо более распространен в природе, чем это раньше предполагалось, и в том числе свойственен некоторым глубоководным микроорганизмам, адаптированным к окружающей среде с высоким давлением. Обеспечение высоких гидростатических давлений внутри биореакторов требует гораздо меньших затрат энергии, чем сжатие продуктовых газов, таким образом использование пьезотолерантных или пьезофильных микроорганизмов сможет решить проблему предварительного сжатия биоводорода. Цель проекта заключается в исследованиях и разработке фундаментального базиса для устойчивого производства очищенного водорода с низким углеродным следом из смесей с метаном и (или) углекислым газом, включая смеси биологического происхождения, с применением металлгидридов. Исходным продуктом должна быть смесь с давлением ниже 1 МПа с парциальным давлением водорода ниже 0.2 МПа. Должно быть исследовано биологическое производство во-

дорода темновой ферментацией при повышенных гидростатических давлениях для поиска возможности обеспечения достижимости требований к исходной смеси. Водород должен быть очищен с помощью металлгидрида с коэффициентом извлечения свыше 70 % и аккумулирован в металлгидридах с использованием низкопотенциального (менее 100 град С) тепла. Продуктом должен быть чистый водород, пригодный для использования в топливных элементах с твердополимерным электролитом, с давлением свыше 1 МПа для использования в качестве первой ступени в дальнейшей компрессии водорода до 35–70 МПа. Новизна проекта подтверждается литературными обзорами, которые показывают, что в настоящее время наблюдается недостаток исследований посвященных оптимизации эффективности производства низкоуглеродного водорода и его кондиционирования с помощью металлгидридов. Большая часть исследований выполнена на лабораторном уровне с использованием малых количеств металлгидридов, и исследования по масштабированию металлгидридных технологий важны для вывода реальных приложений на рынок. Исследования показали, что металлгидридные технологии очистки могут быть более эффективны по сравнению с традиционными методами для низкотемпературных применений. Использование изотермических режимов работы металлгидридных реакторов, рекуперация тепла и использование температуры окружающей среды рассматриваются как перспективные способы для повышения КПД устройств. Биоводородные технологии, особенно темновая ферментация рассматриваются в качестве перспективных для производства биоводорода на коммерческом уровне. Наблюдается недостаток данных по масштабированию технологии до полупромышленного уровня с целью достижения лучших показателей по мощности, жизнеспособности и экономической эффективности производства биоводорода, отмечается, что необходим анализ процесса очистки водорода наряду с процессом ферментации, что важно для использования биоводорода. Команда проекта специализируется на междисциплинарных исследованиях и включает высококвалифицированных специалистов в области возобновляемой и водородной энергетики, а также тепломассопереноса, химии и биологии. Опыт и квалификация команды подтверждаются множеством публикаций в тематической области проекта, а также международным и российским признанием, в состав коллектива входят лауреат Государственной премии Российской Федерации для молодых ученых и лауреат 2021 года премии «Глобальная энергия» за выдающийся вклад в развитие альтернативной энергетики. Научно-технических задел команды показывает, что предложенная стратегия является технически осуществимой, таким образом ее помощью можно получить практически значимые результаты.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122101300013-0

РАСШИРЕНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ТЭЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АККУМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГИИ

Неравномерность потребления электроэнергии требует

повышения маневренности оборудования. Рост доли атомных станций, гидроэлектростанций без регулируемого стока, а также строительство станций возобновляемой энергетики на базе ветроэнергетических и солнечных установок усугубляет ситуацию. Вся тяжесть регулирования графика нагрузки ложится на тепловые электрические станции. Для расширения регулировочного диапазона ТЭЦ, при работе ее по тепловому графику, планируется использовать аккумуляторы сетевой воды, а также получение водорода в часы провала нагрузки методом электролиза. Получение водорода методом электролиза обеспечит разгрузку оборудования в часы провала электрической нагрузки на 90 %. Водород, универсальный высокопотенциальный теплоноситель, с самой высокой теплотой сгорания. Он может быть использован для простого сжигания, получения энергии в часы пиковых нагрузок в топливных элементах с увеличением выдачи мощности до 15 %, а также в других отраслях, как товарная продукция. В результате исследований будут разработаны технологические схемы включения аккумуляторов сетевой воды и схемы получения водорода для расширения регулировочного диапазона ТЭЦ при работе по тепловому графику, определены технико-экономическая эффективность и пределы использования предлагаемых решений. Планируется увеличение верхней границы регулировочного диапазона на 10–15 %, а нижней – на 30 %.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122101800002-9

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЁР С СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ ГЕНЕРИРУЕМЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С ВОДОРОДНЫМ ЦИКЛОМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Проект направлен на разработку новых технологий щелочного электролиза для энергетических систем с водородным циклом накопления энергии, в том числе на основе возобновляемых источников энергии. В ходе исследований разработаны новые диафрагменные/мембранные материалы, электрокаталитические композиции, предложены новые конструкционные решения, и создан экспериментальный стенд щелочного электролиза высокого давления.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № 122112900019-2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СОЗДАНИЮ ПИЛОТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Одним из трендов развития мировой энергетики является переход к водородной энергетике, когда водород используется в качестве основного топлива для запасаения и получения электрической и тепловой энергии. Одним из широко распространенных методов получения водорода в настоящий момент является электролиз воды. Чаще всего применяются электролизные установки на базе щелочных (alkaline) и полимерных (протон-обменных, proton-exchange membrane, PEM) электролизных элементов. Потребление электроэнергии на производство 1 кубического метра водорода при атмосферном давлении составляет для электролизеров на базе щелочных и полимерных электролизных элементов около 7–8 и 5–6 кВт·ч соответственно. Альтернативой является разработка и последующее применение более эффективных систем на базе твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ), для которых экспериментально показана возможность снижения потребления электроэнергии до 3–4 кВт·ч/м³. Таким образом, задачи фундаментальных исследований и последующих прикладных разработок по созданию пилотных образцов электролизных установок на базе ТОЭЛЭ являются крайне значимыми и актуальными в свете широкого развития водородной энергетики. На базе выполненной НИР по созданию экспериментальных образцов генераторов водорода на базе ТОЭЛЭ есть возможность развернуть ОКР по созданию опытных образцов таких высокоэффективных генераторов водорода. Индустриальными партнерами ИФТТ РАН по задачам, связанным с получением водорода методом высокотемпературного электролиза на твердооксидных электролизных элементах являются АО «ТВЭЛ» (Госкорпорация «Росатом»), а также частная инжиниринговая компания ООО «ИНЭСИС» (Группа компаний «ЭФКО»). Основное преимущество разрабатываемой в рамках получения основного результата Лаборатории технологии ТОЭЛЭ по сравнению с конкурирующими технологиями получения водорода – рекордно низкое потребление электрической энергии на получение кубического метра водорода. В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют завершённые разработки указанной технологии, таким образом, присутствует несомненная научная новизна и актуальность данных разработок. В рамках данного научного исследования планируется достижение следующего результата, необходимого реальному сектору экономики: Разработка технологии изготовления твердооксидных электролизных элементов (ТОЭЛЭ) на несущем трехслойном электролите толщиной 150 мкм размером 100х100 мм, а также батарей ТОЭЛЭ на их основе для высокотемпературного электролиза воды. Для достижения указанной цели требуется выполнение следующих задач:

- Поиск и оптимизация электродных материалов для изготовления многослойных композиционных катода и анода ТОЭЛЭ.
- Разработка технологий нанесения многослойных композиционных катода и анода ТОЭЛЭ на трехслойные мембраны твердого электролита с анионной проводимостью размером 100х100 мм.
- Изготовление и электрохимические испытания единичных ТОЭЛЭ размером 100х100 мм, в том числе в составе маломасштабных сборок из 2-10 элементов.
- Разработка конструкции батарей ТОЭЛЭ: биполярных и концевых токовых коллекторов, прокладок

высокотемпературного герметика, контактных сеток и других вспомогательных узлов. • Изготовление и электрохимические испытания батарей ТООЭ с целью получения исходных данных для внесения изменений в конструкцию многослойных электродов и токовых коллекторов. • Разработка оптимальной схемы электролизных установок на ТООЭ.

Бюджет: Р 53.7 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.2 Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз)

НИОКТР № АААА-А19-119102990012-5

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ СИСТЕМНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭС И АЭС

Исследование системной адаптации АЭС с ВВЭР новых проектов. Развитие научных основ построения водородных циклов в интеграции с влажно-паровыми АЭС. Исследование перспективных типов энергогенерирующих мощностей с учетом неравномерных графиков энергопотребления с целью повышения системной эффективности ТЭС. Исследование путей повышения системной эффективности использования и устойчивого развития ТЭС и АЭС в условиях конкуренции на энергетических рынках. Исследование путей повышения эффективности воздушно-аккумулирующих газотурбинных электростанций. Исследование системной эффективности использования высокотемпературного электролиза на АЭС с ВВЭР. Исследование эффективности тепловых схем энергетических комплексов на органическом и ядерном топливах. Исследование путей эффективного участия атомных электростанций в регулировании частоты тока в энергосистеме.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей

НИОКТР № 122012000387-4

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛ-КЕРАМИЧЕСКИХ ЛАМИНИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПРЕКЕРАМИЧЕСКИХ БУМАГ

Проект направлен на разработку и получение новых функциональных материалов на основе металл-керамических ламинированных структур. Актуальность данного проекта заключается в создании новых материалов, способных обеспечить устойчивое развитие технологий в аэрокосмической, транспортной и энергетической отраслях. В проекте предполагается создание ламинированных композитов на основе МАХ-фаз, сочетающих в себе уникальные характеристики металлов

и керамики, таких как высокая прочность, малая плотность, высокая тепло- и электропроводность, высокая коррозионная стойкость, стойкость к термическим ударам и механическая обрабатываемость. В качестве исходных материалов будут использованы прекерамические бумаги с порошковым наполнителем и металлические фольги, что открывает перспективы получения ламинатов с заданной структурой и свойствами. Предлагаемый новый подход, основанный на создании ламинированных структур на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C и пластичных тугоплавких металлов позволит решить ряд актуальных задач, связанных с предотвращением хрупкого разрушения и повышения физико-механических характеристик керамических композитов, а также приданию материалов необходимых функциональных свойств. В результате реализации проекта впервые будут получены ламинированные металл-керамические композиты на основе Nb/Ti-Si-Al-C и Pd/Ti-Si-Al-C, установлены закономерности их формирования, механические свойства, а также разработаны и определены характеристики ламинированных композитов Pd/Ti-Si-Al-C для очистки водорода.

Бюджет: Р 1.2 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей

НИОКТР № 122012400186-9

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработка новых высокоэффективных металлических и композиционных металл-полимерных материалов для создания компактных источников водорода гидролизного типа, мембранного выделения водорода из газовых смесей и его хранения в химически связанном виде.

Бюджет: Р 15 млн

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

Заказчик: ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.3 Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей

НИОКТР № АААА-А19-119052890012-4

МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫЕ МЕМБРАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Цель проекта заключается в разработке новых композитов на основе гидридообразующих металлических сплавов для мембранного выделения водорода из газовых смесей.

В качестве основного метода синтеза композитов предлагается применение механохимической обработки, приводящее к повышению адгезионной способности металлических части для лучшего сопряжения с полимерным связующим и повышения устойчивости к отравляющему действию газовых примесей.

Использованием легирующих компонентов гидридообразующие свойства наполнителя будут адаптироваться к конкретным условиям газоразделительного процесса

Бюджет: Р 17.5 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122012000473-4

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ГЕНЕРАТОРОМ С ВОДОРОД-ВОЗДУШНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ И НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ, ЛЕГКОВЫХ И МАЛОТОННАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Разрабатывается новая система хранения водорода в сжатом виде, которая отличается повышенной безопасностью, за счет применения диссипативного (многополостного) баллона и повышенным давлением до 120 МПа. Результат достигается за счет создания баллона с намоткой из углеволокна, внутренний объем которого представляет собой пористое тело, с правильной, математически заданной структурой пор, выполненное зацело с лейнером (герметичной оболочкой баллона) методом 3D печати. Пористое тело не позволяет газу мгновенно расширяться при повреждении баллона и тем самым предотвращает взрыв. При этом пористое тело может иметь несколько независимых систем пор, часть из которых заполняются смолой, для повышения прочности и герметичности. Результатом работы будут две системы – для наземного и для воздушного транспорта. Системы позволят обеспечить безопасное использование водорода на транспорте, и улучшить экономические показатели. Основные потребители результатов – компании, занимающиеся разработкой и изготовлением водородных энергетических установок, водородного транспорта и других систем, использующих сжатый водород.

Бюджет: Р 39 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПОЛИФЕМ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122012500156-1

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Наименование темы проекта: Электрохимические источники тока для возобновляемой энергетики. Цели НИР: Разработка новых источников энергии (топливные элементы, пост-литиевые аккумуляторы, редокс-батареи, системы на-

копления на основе водородного цикла), способных эффективно работать в условиях Сахалина и Курил. Актуальность НИР: В последние годы активно ведутся работы по развитию альтернативных источников энергии. Так, распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р утвержден план мероприятий по развитию водородной энергетики в России до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также включение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту [<https://minenergo.gov.ru/node/19194>]. Более того, согласно Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р, предполагается переход к энергетике нового поколения с опорой на новые технологии, где водород рассматривается как приоритет, а один из показателей реализации Стратегии является экспорт водорода. Это связано с мировой тенденцией сокращения использования углеродсодержащих топлив в целях уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Для выполнения плана помимо получения эффективно работающих водородных источников энергии (ВИЭ), для непрерывной работы необходимо не просто получать энергию, но и научиться эффективно ее хранить. Для достижения этого должны создаваться новые и дешевые накопители энергии (пост-литиевые аккумуляторы, редокс-батареи, системы накопления на основе водородного цикла). Тематика производства и использования водорода особенно актуальна для Сахалинской области и является одним из стратегических приоритетов научно-технологического развития региона. Это связано с рядом факторов. Во-первых, Сахалинская область является пилотным регионом, задачей которого является достижение углеродной нейтральности к 2024 г. Во-вторых, регион имеет стратегически удобное положение для экспорта водорода в страны АТР. Кроме того, Сахалинская область имеет большой потенциал для создания пилотных проектов в сфере водородного транспорта, так как (1) цены на бензин на 20 % выше, чем в других регионах России, что может сделать внедрение транспортных водородных проектов целесообразным с экономической точки зрения для конечных потребителей автомобильного транспорта; (2) островная железная дорога о. Сахалин, обособленная от железнодорожной системы России, может быть переоборудована для пилотного проекта по водородному локомотиву. Так, в Сахалинской области реализуется ряд проектов по тематике водородной энергетики, в частности: 1. Сахалинская область принимает активное участие в работе водородного кластера в рамках подписанного соглашения между Минвостокразвития России, Правительством Сахалинской области и ГК «Росатом». 2. В регионе запланировано строительство завода по производству водорода АО «Русатом Оверсиз» совместно с Air Liquide для экспорта водорода в Японию и другие страны АТР, в рамках трехстороннего меморандума с Правительством Сахалинской области. 3. В регионе запланирована реализация проектов по использованию водорода на железнодорожном транспорте в рамках Соглашения между АО «РЖД», ГК «Росатом», АО «Трансмашхолдинг» и Правительством Сахалинской области о создании железнодорожного сообщения на поездах с использованием водородных топливных элементов. Назначение и предполагаемое использование результатов: В результате выполнения исследовательских экспериментальных и расчетных работ планируется получение новых полимерных и твердых электролитов для электрохимических накопителей с протонной проводимостью и по ионам лития, натрия, калия, магния, а также электродных материалов для создаваемых литиевых и пост-литиевых аккумуляторов и топливных элементов, в том

числе систем с несколькими накопителями энергии. Создание новых материалов для системы накопления энергии на основе водородного цикла и безопасного хранения водорода. На основе данных изучения графиков генерации и потребления энергии существующих на Сахалине и Курилах и планируемых к внедрению ветровых и солнечных электростанций и моделирования работы каждой из выбранных станций планируется изготовить оптимальные системы хранения энергии с учетом местных особенностей для выбранных объектов.

Бюджет: Р 44.79 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122021000035-6

**СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
НАНОМАТЕРИАЛЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ
КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ
МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ. ШИФР «Функция»**

Создание перспективных наноматериалов с уникальными функциональными свойствами составляет важную и актуальную научную и практическую задачу. Значительный интерес представляют нанокompозитные 2D и 3D-среды, содержащие ферромагнитную и (или) металлическую компоненты. Из-за сильнейшей неоднородности электромагнитных полей внутри нанокompозита возникает возможность необычного проявления ферромагнитного резонанса и антирезонанса. Возможно достижение аномальных (в том числе отрицательных) значений показателя преломления. Существует возможность значительного изменения материальных характеристик. Поэтому в рамках темы предусмотрено экспериментального исследования электромагнитных волн и коэффициентов рефракции широкого круга магнитных наноматериалов на волнах сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Запланирован цикл исследований состояния границ зерен и зернограницной диффузии в металлах и сплавах. Планируется получение данных о влиянии легирования на структуру и термическую стабильность медных сплавов после динамического канально-углового прессования и кручения под высоким давлением. Экспериментальные исследования будут подкреплены теоретическими расчетами и моделированием. Предполагается разработать модель формирования структуры и фазового состава низколегированных сталей с карбонитридным упрочнением при непрерывном охлаждении, осуществить ее численную реализацию и выполнить расчеты. Эти результаты могут быть использованы при оптимизации режимов термической и термомеханической обработки сталей. Предстоит выяснить роль размерных эффектов, дефектов кристаллической структуры, локальных магнитных и зарядовых неоднородностей в формировании реальной магнитной структуры и электронного спектра наночастиц и наноструктур на основе переходных металлов методами ЯМР и ЯКР. Перспективными объектами исследования являются магнитные перовскиты на основе

марганца, соединения со смешанной валентностью, перовскитоподобные соединения со смешанной проводимостью (кислород-ионной и электронной) системы металл-водород и суперионные проводники на основе лития, мультиферроики. Все названные выше системы относятся к наиболее перспективным современным функциональным материалам, что и определяет актуальность проводимых исследований. Будут исследованы тонкие пленки и наногетероструктуры на основе многоподрешеточных магнитных материалов для антиферромагнитной спинтроники. Будут выявлены закономерности взаимодействия точечных дефектов с легкими примесями замещения и образование сегрегаций в никеле. Будут определены закономерности эволюции сегрегаций при термических воздействиях. Исследуемые системы металл-водород рассматриваются как «удобные» безопасные контейнеры при разработке новых технологий хранения водорода, перовскитоподобные соединения со смешанной проводимостью как перспективные материалы для изготовления керамических мембран, используемых в мембранных реакторах для получения чистого водорода; суперионные проводники являются основой для разработки современных источников тока на основе твердых электролитов. Будет проведено изучение атомной динамики в соединениях, перспективных для использования в качестве материалов для хранения водорода и /или ионных проводников. Будет установлена связь между реориентационным движением анионов и трансляционной диффузией катионов в комплексных гидридах с высокой ионной проводимостью. Планируемые работы предполагают дальнейшее развитие радиоспектроскопических исследований указанных выше функциональных материалов. При исследовании использованы найденные ранее закономерности для объяснения новых особенностей статических и динамических свойств этих материалов. Актуальной темой исследований, вызывающей особый интерес, являются многослойные покрытия на основе различных модификаций углерода, дающие широкие возможности варьирования их свойств для решения конкретной практической задачи. Однако в настоящее время отсутствуют данные по синтезу многослойных покрытий, состоящих из слоев алмазоподобного углерода, осажденных разными способами (распыление углеродной мишени или деструкция углеводородов). Поэтому перспективным направлением является исследование покрытий на основе алмазоподобной и пластичной компонент, которые могут быть получены либо последовательным осаждением компонент в одном вакуумном цикле (многослойные покрытия), либо их одновременным осаждением (нанокompозитные покрытия). Будет проанализирована специфика электрон-фононного увлечения в упруго-анизотропных наноструктурах. Рассмотрены влияние фокусировки фононов на термоэлектрические эффекты в монокристаллических нанопленках на основе полупроводниковых кристаллов, используемых в микроэлектронике.

Бюджет: Р 430.62 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122022800276-2

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СОХРАНЕНИИ ВОДОРОДА И МЕТАНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Целевая установка темы диктуется необходимостью выявления совокупности гидрохимических и микробиологических процессов, сопутствующих совместному нахождению в геологической среде водорода и метана в широком диапазоне термобарических условий.

Ожидаемые результаты:

- методики экспериментальных исследований: а) водородного воздействия на физико-химические свойства пород коллекторов и покрышек; б) снижения объемов водорода в водород-метановых смесях при различных гидрохимических, термобарических и микробиологических нагрузках;
- оценка влияния водород-метановых смесей на физико-химические свойства пород под воздействием гидрохимических и микробиологических процессов;
- оценка влияния ацетогенеза, метаногенеза, сульфат- и железо-редукции на развитие коррозионных явлений по отношению к образцам технического цементного камня и естественного цемента пород в присутствии водород-метановой смеси;
- численная геохимическая модель взаимодействия водород-метановых смесей с минеральными компонентами геологической среды;
- обоснование критериев: а) поисков природных источников водород-метановых смесей; б) оценки рисков совместного хранения водорода и метана в подземных условиях.

Бюджет: Р 65.52 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122041800005-9

ОРГАНИЗАЦИЯ НИЦ «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

Одним из вызовов энергетической безопасности для Российской Федерации является изменение структуры спроса на энергоресурсы, включая замещение углеводородов другими видами энергетических ресурсов, в том числе водородом. Согласно планам Правительства Российской Федерации, наша страна должна организовать экспорт водорода к 2030 году ежегодно на сумму от 50 до 100 млн долларов. Очевидно, что энергетический переход в ближайшие годы неизбежен. И, если технологии выработки водорода в той или иной мере имеются, вопросы строительства инфраструктуры для осу-

ществления этих планов не могут быть выполнены без знаний и нормативов для применяемых материалов. С одной стороны, водород является взрывоопасным газом, с другой стороны известна его возможность влиять на свойства металлов и неметаллов, что может вызывать разрушения конструкций.

Таким образом вопрос обеспечения надежности всей водородной инфраструктуры является крайне важным. Для этого необходимо создание научно-исследовательского центра, позволяющего выполнять испытания материалов при эксплуатационных условиях транспортировки и хранения водорода, а также осуществлять разработку технологий, требующихся для этих целей. Имеющийся в СПбПУ задел позволяет вырваться вперед, но при наличии расширенной лабораторной базы.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122052000070-1

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА ХИМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОДОРОД-ВОЗДУШНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА.

В настоящее время водородные технологии находят широкое применение в системах электроснабжения и электротранспорте, а также используются в большинстве портативных устройств. Транспортировка и хранение водорода происходит в баллонах высокого давления (300 или 750 атм.), либо в жидком состоянии (сосуды Дьюара). Такие методы являются небезопасными и вызывают трудности вне зоны специального обслуживания. Одним из решений данных проблем может стать применение химических генераторов водорода. Химических соединений, потенциально способных стать химическими источниками водорода (ХИВ), достаточно много. Это различные гидриды, боргидриды, алюмогидриды, бораны и прочее. Однако в зависимости от совокупности свойств их реальная применимость значительно отличается. Важными являются такие характеристики, как массовая доля водорода, простота его извлечения и содержание в нём примесей, устойчивость и стабильность исходного соединения, доступность и стоимость. В качестве эффективных ХИВ могут использоваться только вещества, обладающие определённым сочетанием перечисленных параметров. Основной целью данной работы является создание прототипа химического генератора водорода с высоким массовым выходом водорода.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122062700002-4

Моноатомные Pd катализаторы для получения водорода на основе ковалентных триазиновых каркасов

Нанесённые металлические катализаторы обычно представляют собой материал, состоящий из носителя, на котором закреплен активный компонент катализатора - наночастицы металла размером от 2-3 до нескольких десятков нанометров, на поверхности которых протекают каталитические реакции. Такие катализаторы являются более стабильными, чем гомогенные катализаторы, они позволяют многократное использование и легкое отделение от жидких продуктов и реагентов, но, к сожалению, часто бывают менее активными в различных реакциях. Поэтому необходимо разрабатывать новые типы гетерогенных катализаторов. В последние несколько лет наблюдается большой интерес к исследованию катализаторов, в которых активный компонент-металл атомарно-диспергирован на поверхности носителя, то есть представляет собой поверхностные изолированные атомы металла, закреплённые на определенных центрах носителя. Такие катализаторы называют катализаторами с моноатомными центрами (single-atom catalysts, SAC). Каталитические свойства такого материала могут существенно отличаться от свойств объемного металла вследствие отличающейся координации атома металла и его электронных свойств. Важно, что скорости некоторых реакций на катализаторах с моноатомными центрами могут значительно превышать скорости на традиционных нанесенных катализаторах при сохранении высокой стабильности, что может позволить проводить реакции при более низких температурах, при меньших затратах энергии. Целью проекта является разработка новых активных, селективных и стабильных катализаторов с моноатомными центрами Pd, нанесенными на ковалентные триазиновые каркасы, для получения водорода путём разложения муравьиной кислоты. Для синтеза катализатора с высокой концентрацией активных моноатомных центров необходимо иметь носитель с высокой площадью поверхности, содержащий высокую концентрацию определенных центров, которые могут взаимодействовать с прекурсором металла и впоследствии при нагревании стабилизировать моноатомные центры металла, сильно взаимодействующие с носителем, что предотвращает их спекание в наночастицы. Ковалентные триазиновые каркасы состоят из углерода, азота, водорода и иногда кислорода, являются стабильными при достаточно высоких температурах (>673 K) и обладают специфическими поверхностными центрами, в частности, азотными, способными связывать атомы металла. В катализаторах с моноатомными центрами дорогой металл-катализатор используется более эффективно по сравнению с металлом в наночастицах, которые содержат также металл в объеме частиц, обуславливая меньшую концентрацию активных центров. Это особенно важно для промышленного использования, где цена катализатора играет важную роль. Следует ожидать дальнейшей интенсификации исследований в направлении катализа моноатомными центрами и значительного научного прорыва, следующего за прорывом в исследованиях по нанокатализу, уже не вызывающим столь значительный интерес, который наблюдался 5–10 лет назад. Научные проблемы состоят в выявлении влияния изоляции отдельных атомов металла на носителе на каталитические свойства, в установлении структуры и электронного состояния атомов металла. Разработка эффективных катализаторов,

содержащих нанесенные моноатомные центры Pd будет проводиться на основе изучения структуры активного центра и механизма реакции. Будут осуществлены следующие этапы работы: - физико-химические исследования полученных ковалентных триазиновых каркасов, - нанесение активного компонента (Pd) на эти носители с целью получения моноатомных центров металла, - определение каталитических свойств в реакциях получения водорода из муравьиной кислоты катализаторов с моноатомными центрами Pd и сравнение их со свойствами катализаторов с наночастицами, - определение структуры и электронных свойств активного центра, - установление взаимосвязи между структурой активного центра и каталитической активностью, селективностью и стабильностью в реакциях получения водорода разложением муравьиной кислоты, - установление основных принципов механизма реакций. Выбор реакции разложения муравьиной кислоты объясняется тем, что муравьиная кислота рассматривается в последнее время в качестве жидкого органического вещества для хранения водорода (LOHC). Она содержит 4.4 вес% водорода (53.4 г/л), что в 2 раза больше, чем количество водорода при 350 бар в том же объеме. Важно иметь катализаторы, которые позволяют извлекать водород из муравьиной кислоты без примеси CO при температурах близких к комнатной (<373 K). Другим продуктом разложения является диоксид углерода, который может быть использован в свою очередь для синтеза муравьиной кислоты также при низких температурах (<373 K). Альтернативно муравьиная кислота может быть получена окислением/ гидролизом биомассы. В литературе только недавно начали появляться данные о работах, в которых используются катализаторы с моноатомными Pd центрами для указанной реакции.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122070400094-7

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРА И ТЕХНОЛОГИИ РАЗЛОЖЕНИЯ АММИАКА

Для реализации стратегии безуглеродной энергетики необходимо решить проблему аккумуляирования, хранения и доставки водорода потребителям. Перспективным является аккумуляирование водорода в виде аммиака. В одном объеме жидкого аммиака содержится в 1,7 раза больше водорода, чем в жидком водороде. Аммиак обладает более высокой плотностью по содержанию водорода, чем газообразный, жидкий водород и гидриды металлов. Стоимость транспортировки водорода в составе аммиака в 20 раз меньше, чем перевозка и хранение сжатого водорода. Получение водорода из аммиака осуществляют путём диссоциации аммиака на азот и водород (соотношение $N_2/H_2=1/3$). Принципиально важным для реализации процесса является разработка эффективных катализаторов и аппаратуры. В технологической стратегии развития водородной энергетики Российской Федерации до 2050 года в перечне технологий, создание или локализация производства которых необходимы для развития водородной энергетики, особо отмечается перспективность

проведения исследований по связыванию водорода в аммиак и другие носители водорода, например, метилциклогексан. Проект соответствует приоритетному направлению Стратегии НТР РФ, 20 б (Н2) «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». При реализации проекта будут разработаны катализаторы для разложения аммиака, исследованы их физико-химические и технологические свойства, разработаны варианты технологических схем и определены оптимальные технологические параметры процесса генерации водорода из аммиака.

Бюджет: Р 8 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122070800004-2

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время остро стоит проблема, связанная с ростом спроса на энергию, и, как следствие, с нехваткой ископаемого топлива и загрязнением окружающей среды. Важным вопросом стал поиск возобновляемых экологически чистых источников энергии с большими запасами. Водородная энергия имеет большие перспективы применения благодаря неограниченным запасам водорода, нетоксичности, энергоэффективности и постепенно используется в топливных элементах, транспорте и аэрокосмической технике. Однако широкомасштабное производство водородной энергии сдерживается двумя факторами: процессом получения и эффективным хранением. Проблема хранения водорода является одной из ключевых проблем развития водородной энергетики. Так как водород имеет низкую объемную плотность энергии (1 кг водорода при нормальных условиях занимает объем более 11 м³), то в целях хранения и транспортировки его следует сжимать. Жидкий водород необходимо хранить при температуре не выше 20 К, так как при большей температуре происходит его закипание. Следовательно, необходимо разработать теплоизоляционные резервуары, в которых потери, связанные с испарением водорода, были бы минимальными, по сравнению с применяемыми в настоящий момент материалами. В качестве теплоизоляционных материалов для хранения жидкого водорода используют следующие материалы: перлит, минеральная вата (базальтовая теплоизоляция) и аэрогели. Наиболее эффективным и долговечным из применяемых теплоизоляционных материалов для водородной энергетики является перлит. Однако он имеет недостатки: высокая слеживаемость, усадка, необходимость защитных конструкций, низкая морозостойкость. Разрабатываемые ячеистые стекломатериалы будут обладать необходимым комплексом свойств, улучшающие характеристики существующих теплоизоляционных материалов, для создания теплоизоляционного слоя в резервуарах для хранения водорода под давлением при низких температурах. В связи с вышеизложенным, актуальность проекта достаточно объективна, а его научная зна-

чимость заключается в формировании базовых принципов разработки и управления свойствами эффективных теплоизоляционных силикатных материалов на основе экономически доступного сырья, а именно отходов стеклопроизводства и угольной энергетики, подходов к их исследованию и применению в качестве теплоизоляционного кожуха емкостей для хранения водорода. Научная новизна заключается в: – установлении характера влияния химических составов, физико-химических свойств и фазово-структурных особенностей отходов стеклопроизводства и угольной энергетики на формирование теплоизоляционных силикатных материалов; – разработке методики расчета сырьевых смесей на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики для синтеза теплоизоляционных силикатных материалов; – установлении зависимости влияния состава сырьевой смеси и режимов обжига на структуру и свойства синтезируемых материалов на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики; – выявлении особенностей фазообразования и структурообразования на физико-химические и механические свойства теплоизоляционных силикатных материалов; – разработке математической модели, описывающей взаимосвязь между технологическими параметрами синтеза (температура и время вспенивания, химический, гранулометрический, фазовый состав сырья, наличие модифицирующих добавок) и свойствами (плотность, теплопроводность, прочность и пр.) синтезируемых теплоизоляционных силикатных материалов; – создании обобщенного механизма синтеза и выборе оптимальных технологических параметров получения пористых теплоизоляционных силикатных материалов с заданным комплексом свойств на основе отходов стеклопроизводства и угольной энергетики. Достижимость поставленных задач обеспечивается наличием в составе коллектива квалифицированных исполнителей с теоретическим и экспериментальным заданием по разработке составов функциональных стеклокомпозиционных материалов. Таким образом данный проект соответствует приоритетному направлению Н2 «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии» из «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», в области перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, формирования новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

Бюджет: Р 8 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122071900021-5

НИЛ «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 масс. %) 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.

Бюджет: Р 13.44 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122080100026-0

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ГЕТЕРОСТРУКТУР НИТРИД БОРА - ГРАФЕН ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АДсорбЦИИ ВОДОРОДА

Определение оптимальных параметров и прогнозирование новых вариантов гетероструктур на основе графена и гексагонального нитрида бора – перспективных сред для хранения водорода по результатам квантово-химических расчетов.

Бюджет: Р 2.5 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № 122082300022-4

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДНОГО ВОДОРОДА В РОССИИ

Водородная энергетика в настоящее время является одним из приоритетных направлений технологического развития мировой экономики в условиях необходимости ее декар-

бонизации. Основными преимуществами водорода являются возможность его получения из различных источников и отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя. Многие технологические развитые страны мира уже имеют специализированные государственные стратегии и дорожные карты по развитию водородной энергетики. В августе 2021 года Правительством Российской Федерации была утверждена Концепция по развитию водородной энергетики в Российской Федерации на перспективу до 2050 года (далее – Концепция). Для Российской Федерации развитие отечественной водородной энергетики является ответом на вызовы, связанные с замедлением роста и изменением структуры мирового спроса на энергоресурсы, повышением требований к углеродоемкости продукции и развитием нормативной базы в области регулирования выбросов парниковых газов в странах ЕС, Азиатско-Тихоокеанского региона и США. Основным критерием оценки технологий водородной энергетики является объем выбросов углекислого газа на протяжении полного жизненного цикла водородных энергоносителей. Согласно данному критерию наиболее конкурентоспособным на формирующемся мировом рынке водорода является низкоуглеродный водород, производимый следующим путем: из ископаемых топлив с применением технологий улавливания углекислого газа - пиролиза углеводородного сырья и аналогичных технологий; методом паровой конверсии природного газа с использованием тепловой энергии атомной электростанции с улавливанием углекислого газа; методом электролиза воды с использованием электроэнергии атомной электростанции, гидроэлектростанции или возобновляемых источников энергии. Наиболее экологичным способом производства водорода считается электролиз с использованием электроэнергии из возобновляемых источников. Однако этот способ является наименее эффективным с экономической точки зрения. Помимо этапа производства полный жизненный цикл водородного энергоносителя включает и транспортировку к месту непосредственного использования. Технологии транспортировки и хранения водорода, применяемые в настоящее время включают транспортировку трубопроводным транспортом, различными видами транспорта в сжиженном или компримированном состоянии, а также в связанном состоянии в виде аммиака или жидких органических носителей. Учитывая наличие нескольких вариантов производства и транспортировка водорода, образуется большое множество вариантов формирования технологической цепочки «производство – транспортировка», для каждого из которых должен быть рассчитан углеродный след, параметры экономической и социальной эффективности. Поэтому, как отмечено в Концепции, разработка методик оценки жизненного цикла водорода с учетом различных способов производства, хранения, транспортировки и применения водорода является одной из приоритетных научных задач. Основной целью проекта является разработка инструментария моделирования и прогнозирования комплексных эколого-экономических эффектов различных вариантов формирования технологической цепи по производству, хранению и транспортировке водорода на основе интеграции методологии оболочечного анализа данных (в англоязычном варианте – Data Envelopment Analysis, DEA) и методологии гибридного анализа жизненного цикла (hybrid LCA). Научная новизна проекта состоит: 1) в методологическом подходе, интегрирующем мощный математический аппарат оболочечного анализа данных и новейшую методологию гибридного анализа жизненного цикла, включающую комплексное использование экономического анализа затрат и процессного LCA; 2) в разработке двухэтапных моделей оболочечного анализа данных; 3) в учете неопределенностей развития большинства техноло-

гий хранения и транспортировки водорода с низким уровнем технологической готовности посредством построения многокомпонентных кривых обучения.

Бюджет: Р 14 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № АААА-А17-117060610030-1

-ТЕРМОДИНАМИКА И КАТАЛИЗ КАК ОСНОВА СТРАТЕГИИ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ И ТЕХНОЛОГИЙ АККУМУЛИРОВАНИЯ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕНАСЫЩЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель проекта: Создание перспективных процессов получения топлив и ценных химических продуктов из органического возобновляемого сырья и технологий хранения водорода с использованием ненасыщенных органических соединений. Основные задачи: - Выполнение фундаментальных и прикладных исследований по приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации - Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.- Создание лаборатории перспективных технологий переработки возобновляемого органического сырья и аккумуляции водорода. - Экспериментальное изучение термохимических и термодинамических свойств ключевых органических соединений, которые определяют направления переработки возобновляемого растительного и биосырья с получением топлив и ценных химических продуктов. - Исследование химического равновесия реакций гидрирования-дегидрирования потенциальных органических носителей водорода. Определение оптимальных условий каждой стадии цикла, с точки зрения теоретических основ. - Экспертиза литературных данных по термохимическим и термодинамическим свойствам органических соединений, входящих в круг ключевых и примыкающих к нему, с целью пополнения базы, необходимой для формирования методов надежного прогнозирования термодинамических свойств на основе закономерностей «строение молекулы – свойство» с привлечением ab initio квантово-химических методов. - Разработка методов надежного прогнозирования термодинамических и термохимических свойств ключевых соединений, получаемых продуктов и побочных компонентов в широком диапазоне условий (температура, давление) для оптимизации перспективных процессов получения топлив и ценных химических продуктов из возобновляемого органического сырья и технологий хранения водорода с использованием ненасыщенных органических соединений. - Поиск эффективных каталитических систем на основе металлов переменной валентности или их сульфидов с целью замены платиноидов в реализации энергетического водородного цикла: накопление водорода в молекуле органического соединения (гидрирование) – высвобождение водорода (дегидрирование), а также в процессах получения топлив из возобновляемого органического сырья. - Изучение влияния природы носителя, его текстурных характеристик, химического состава активной фазы и ее морфологии, включая стадии нанесения и активации, на каталитическую активность

и стабильность получаемых катализаторов в реакциях гидрирования – дегидрирования потенциальных органических носителей водорода и в процессах получения топлив из органического сырья.

Бюджет: Р 90 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.4 Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде

НИОКТР № АААА-А20-120091590069-6

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛОГИДРИДНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ Al-P3Э С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ ВВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Модифицирование поверхности алюминия металлами редкоземельного ряда является актуальной задачей в электрохимии поверхности.

Изучение влияния природы имплантируемого металла на морфологию поверхностного слоя, адсорбционные, диффузионно-кинетические и термодинамические характеристики направлено на решение значимой в научном и практическом плане проблемы создания электродов для металлгидридных источников тока.

Разработка и усовершенствование методов накопления и хранения водорода является актуальной задачей в водородной энергетике, которая может эффективно решаться электрохимическими методами. Изучение влияния природы электрохимически имплантируемого металла на морфологию поверхностного слоя, адсорбционные, диффузионно-кинетические и термодинамические характеристики направлено на решение значимой в научном и практическом плане проблемы создания электродов для металлгидридных источников тока с целью увеличения емкости и срока использования химического источника.

В результате получения новых сведений о взаимосвязи между химическими, физическими и прочностными свойствами электродов позволит оценить возможность использования полученных электродов в качестве новых материалов для создания отрицательных электродов металлгидридных источников тока, а также топливных элементов.

Полученные результаты позволят сформулировать научные положения и выводы, которые расширяют теоретические представления о механизме влияния электрического поля на электрохимические и физико-механические свойства сплавов Al-P3Э и Al-P3Э-N, полученных по методу катодного внедрения.

Бюджет: Р 1.2 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

НИОКТР № 122031700168-3

РАЗРАБОТКА СЕЛЕКТИВНОГО ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО СЕНСОРА ВОДОРОДА

Предполагается, что в ближайшем будущем водород станет одним из основных видов топлива в энергетике. Для этого будет создана необходимая инфраструктура, которая будет включать его производство, хранение, транспортировку, а также систему безопасного использования водорода в энергетике, промышленности и транспорте. При этом несмотря на экологическую привлекательность, водород является более опасным в обращении, чем природный газ и другие углеводороды. Поэтому необходима система мониторинга утечек водорода и контроль его концентрации в воздухе в диапазоне дозврывных концентраций (от 0 до 4 %об), поскольку в большей части остального диапазона концентрации (от 4 до 75 % об.) смеси водорода и воздуха взрывоопасны. До последнего времени селективным сенсорам водорода в диапазоне дозврывных концентраций не уделялось большого внимания. Существующие термокаталитические сенсоры рассчитаны для измерения всей совокупности горючих газов. Полупроводниковые сенсоры имеют еще худшую селективность, чем термокаталитические сенсоры. Электрохимические сенсоры рассчитаны на диапазон ppm концентраций. А оптические сенсоры не подходят для детектирования водорода в виду отсутствия полосы поглощения водородом инфракрасной энергии в ближней и средней области спектра. Исходя из сказанного, разработка селективных сенсоров водорода является масштабной задачей, требующей комплексного подхода как к созданию катализаторов, так и методик проведения измерений.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

НИОКТР № 122031700478-3

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПИЛОТНУЮ ВОДОРОДНУЮ ЗАПРАВОЧНУЮ СТАНЦИЮ

В процессе работы проводятся следующие исследования: разработка технических требований/характеристик/показателей, определяющих назначение, эксплуатационные характеристики, условия эксплуатации и применения пилотной водородной заправочной станции; определение основного оборудования пилотной водородной заправочной станции; определение требований к основным комплектующим и оборудованию, используемому на пилотной водородной заправочной станции с получением технико-коммерческих предложений от поставщиков; разработка требований к документации пилотной водородной заправочной станции; определение этапов разработки пилотной водородной заправочной станции; разработка технического задания на пи-

лотную водородную заправочную станцию в соответствии с требованиями ГОСТ 15.016-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению». Результат работы – Техническое задание на создание пилотной водородной заправочной станции. Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития, экологической безопасности, управления, функционирования и развития Системы стандартизации ПАО «Газпром», при планировании и организации мероприятий по экспертизе и внедрению инновационных проектов в области водородной энергетики на объектах ПАО «Газпром».

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

НИОКТР № 122090700006-5

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ И МАШИН НА ОСНОВЕ МЕТОДА АКУСТОУПРУГОСТИ С УЧЕТОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ, УСТАЛОСТИ И ИНДУЦИРОВАННОЙ ВОДОРОДОМ ДЕГРАДАЦИИ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ

Проект посвящен актуальной проблеме фундаментального обоснования результатов неразрушающего акустического контроля и диагностики остаточного ресурса материалов и металла сварного шва в атомной, нефтегазовой промышленности, в авиации, на транспорте и в строительстве. Во всех этих случаях, усталость, хладноломкость, водородная хрупкость являются частой причиной разрушений, особенно высокопрочных материалов, чувствительность которых к малым концентрациям водорода очень высока. В настоящий момент не существует количественных методов неразрушающего контроля микрповреждений и микродефектов, связанных с усталостью и накоплением критических для прочности концентраций водорода в деталях машин и конструкций.

Ультразвуковая диагностика не обладает нужной разрешающей способностью. Она не обнаруживает вызванных водородом микрповреждений, микроскопических зон усталостного повреждения и наклепа в сварном шве, а все другие методы неразрушающего контроля, обладающие высокой разрешающей способностью (акустическая эмиссия, магнитострикционная, объемная рентгеновская томография), являются качественными.

Их применение, особенно для такой важной задачи, как оценка остаточного ресурса материалов, - возможно только при сопоставлении результатов измерений с аналогичной конструкцией или деталью, которая имеет известный остаточный ресурс.

Уникальность проекта заключается в том, что для обоснования метода технической диагностики будут использованы различные микро и мезомодели пластического деформи-

рования с учетом нелинейного трансляционного и изотропного упрочнения и накопления усталостных повреждений, возможного роста трещин с учетом наличия зон неупругого состояния, ползучести и длительной прочности при термодинамическом циклировании, будет проведен анализ особенностей роста трещин усталости в зоне сварного шва на магистральных газопроводах в условиях крайнего севера.

Одновременно будут проведены механические испытания, акустические исследования и измерения пространственно-энергетического распределения водорода. Будут исследованы при моделировании и экспериментах естественные, малые концентрации водорода, которые характерны для действующих конструкций, имеющих еще значительный ресурс работы.

В проекте будут использованы уникальные экспериментальные подходы и модели, позволяющие исследовать и описывать влияние малых концентраций водорода на механические свойства материалов. В результате проекта предлагается сделать один из методов неразрушающего контроля - метод измерения акустической анизотропии материала - количественным в части диагностики и оценки влияния накопленной пластической деформации, усталостных повреждений и водородной деградации на прочность металлов.

Для этого планируется провести комплекс теоретических и экспериментальных исследований с использованием отечественных уникальных приборов ИН-5101А-00 и ИН-5101А-01 для измерения акустической анизотропии, отечественного, высокочувствительного промышленного анализатора водорода АВ-1, оборудования для проведения механических испытаний. При проведении теоретических исследований планируется использовать, разработанную ранее заявителями двухконтинуальную модель сплошной среды, модели пластичности на мезо/микроуровне с учетом механизмов скольжения и динамики дислокаций, конечно-элементные реализации этих моделей и коммерческие пакеты программ для проведения механических расчетов.

Разработанная заявителями двух-континуальная модель сплошной среды, содержащей водород, позволяет учесть изменения механических характеристик среды, индуцированные водородом. В отличие от других известных моделей, она учитывает изменение энергии связи водорода, происходящее под действием внешней термомеханической нагрузки. Планируется впервые использовать ее при описании эффектов индуцированной водородом анизотропии в акустическом диапазоне. Полученные результаты будут уникальным новым достижением в механике сплошной среды, так как влияние водорода описывается с помощью реологической модели, что позволяет строить инженерные методики расчета остаточного ресурса на базе метода конечных элементов.

Разработанный заявителями и производящий в настоящий момент серийно анализатор водорода АВ-1 является единственным в мире промышленным анализатором водорода, работающим на базе метода вакуум нагрева. Благодаря высокой чувствительности, он позволяет проводить исследования объемно энергетического распределения водорода в металлах, что особенно важно, так как изменение энергии связи водорода в металле приводит к изменению механических характеристик вмещающей его матрицы.

Уникальные приборы ИН-5101А-00 и ИН-5101А-01 для измерения акустической анизотропии и соответственно, измерения механических напряжений, используются в настоящий момент в атомной промышленности для качественной оценки механического состояния сварных швов и стенок трубопроводов. Предлагаемый проект, является фундаментальным,

находиться на стыке технологий промышленного контроля и механики, позволит разработать новые уникальные методики измерений для предупреждения аварий и катастроф, связанных с усталостью, накоплением и перераспределением водорода в металлах.

Бюджет: Р 17.8 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

НИОКТР № 122102400001-3

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ ПЛЕНОК И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ВОДОРОДУ

Проект направлен на формирование барьерного для кислорода и резистивного медного слоёв на гибких неметаллических подложках, подбор оптимальных параметров формирования покрытий на основе магния, алюминия и никеля на гибких неметаллических подложках, нанесение защитного каталитического никелевого покрытия на металлгидридные плёнки. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, установление температурной зависимости максимальной емкости по водороду покрытий на основе магния, алюминия и никеля с защитным каталитическим слоем никеля на гибких подложках в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий, параметров газофазного наводороживания. Определение закономерностей накопления и распределения водорода, температурной зависимости скорости сорбции водорода и энтальпии фазообразования в покрытиях на основе магния, алюминия и никеля в зависимости от элементного состава и структуры покрытий, условий формирования покрытий.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НИИЭФА ИМ. Д.В. ЕФРЕМОВА»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

НИОКТР № АААА-А18-118061990013-3

ВЫЯВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ ДИФУЗИОННОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И НЕУПРУГИЕ СВОЙСТВА В ДВОЙНЫХ СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Фундаментальная задача проекта состоит в установлении закономерностей и особенностей влияния диффузионного

перераспределения водорода на структурно-фазовые превращения и функциональные свойства в двойных сплавах на основе никелида титана. Актуальность задачи изучения влияния водорода на свойства сплавов на основе никелида титана определяется расширяющимся использованием изделий из TiNi (в частности, имплантатов, стентов) в медицинской практике в том числе в г. Томске и Западно-Сибирском регионе. Практическая значимость проекта состоит в том, что при взаимодействии имплантата с окружающими тканями организма происходит насыщение его водородом, что приводит к потере функциональных свойств и разрушению имплантата. В настоящее время при анализе влияния водорода на механические и сверхэластичные свойства сплавов на основе никелида титана не учитывается возможность изменения температур и последовательности мартенситных превращений при длительном воздействии водорода. В проекте впервые будет проведено комплексное фундаментальное исследование влияния водорода при его диффузионном перераспределении в объеме материала на структурно-фазовые превращения и функциональные свойства сплавов на основе никелида титана. Для исследований будут использованы современные и классические методы анализа структурно-фазовых состояний, температур фазовых переходов, концентрации водорода и его распределения по глубине и в объеме экспериментальных образцов, типа формирующихся дефектов кристаллического строения, инициированных водородом, а также закономерностей изменения неупругих свойств в двойных сплавах на основе никелида титана. В результате выполнения проекта будут установлены закономерности и особенности и определены механизмы влияния водорода на температуры и последовательность мартенситных превращений, а также на эффект сверхэластичности при диффузионном перераспределении водорода в процессе вылёживания экспериментальных образцов при комнатной температуре и при температуре человеческого тела. Это поможет понять причины потери функциональных свойств и разрушения медицинских имплантатов при взаимодействии с физиологической средой и предложить способы борьбы с нежелательным влиянием водорода.

Бюджет: Р 1.24 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.5 Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции

НИОКТР № АААА-А21-121011990146-7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ВОДОРОДА В КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАНАХ НА ОСНОВЕ НИОБИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ПАЛЛАДИЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ

Используемые на сегодняшний день коммерчески доступные мембраны из палладия достаточно дорогостоящие и обладают не самыми высокими характеристиками проницаемости водорода. Альтернативой являются мембраны на основе Nb. Проницаемость водорода через эти мембраны в несколько раз превышает таковую в случае палладиевых аналогов. Особенностью таких мембран является относительно низ-

кая рабочая температура до 400 °С. При такой температуре транспорт водорода через ниобий и его сплавы происходит чрезвычайно быстро, а поверхностные процессы оказываются замедленными. Поэтому перспективной научной задачей является исследование кинетики диссоциативно-ассоциативных процессов при абсорбции-десорбции молекул H₂ палладием при умеренных температурах, а также ускорения этих процессов с целью повышения эффективности мембран на основе ниобия для получения высокочистого водорода. Одним из способов решения поставленной задачи является модификация рабочей поверхности мембраны наноструктурированными хемосорбирующими водород веществами, которые при соприкосновении с компактными образцами Nb могут значительно ускорять растворение им водорода или делать это растворение вообще возможным. Такое палладиевое покрытие способно увеличивать действительную рабочую поверхность и приводить к увеличению количества центров хемосорбции. Полученные в рамках проекта результаты будут носить как фундаментальный характер – развития представлений о механизмах переноса водорода металлами, так и прикладной характер – создания на их основе низкотемпературных устройств со сходными или превосходящими высокотемпературными аналогами характеристиками.

Бюджет: Р 1.8 млн

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

Заказчик: УНИТАРНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «КУБАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122012000422-2

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОТОННЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Ионные жидкости рассматривают как «дизайнерские» растворители (designer solvents), потому что варьирование природы катионов и анионов в их составе, а также изменение длины алкильной цепи, ее разветвления и функционализации позволяет синтезировать соли с различными физико-химическими свойствами для конкретной области применения. Интерес к протонным ионным жидкостям (ПИЖ) как подклассу ионных жидкостей, наблюдаемый в последнее время, обусловлен тем, что они имеют в своем составе «активный» (подвижный) протон, что и определяет их высокую протонную проводимость и позволяет использовать при создании протонпроводящих мембран для водородных топливных элементов. Несмотря на наличие в мировой научной литературе материала по синтезу и свойствам многочисленных классов ионных жидкостей, в том числе протонных, дизайн новых ионных жидкостей «целевого назначения» (task-specific) и модификация свойств уже известных материалов с целью улучшения их физико-химических и транспортных характеристик продолжает оставаться актуальной задачей. Дальнейшее развитие таких материалов зависит от фундаментального понимания взаимосвязи «структура–свойство», которое требует применение комплексного подхода, сочетающего экспериментальные и расчетные методы исследования. Несмотря на давний и обоснованный интерес исследователей к ионным жидкостям, детальное понимание особенностей их структу-

рирования, а также установление связи микроскопических характеристик с параметрами, измеряемыми в эксперименте, пока не достигнуто. Данный проект направлен на установление корреляций «структура-свойство» для протонных ионных жидкостей с алкиламмониевыми катионами с целью выявления соединений, являющихся потенциальными допантами для мембран топливных элементов. На основе полученных расчетными и экспериментальными методами результатов и имеющихся литературных данных будет впервые проведено достаточно полное исследование взаимосвязи свойств широкого ряда протонных алкиламмониевых ионных жидкостей с их строением. Будут выявлены основные закономерности влияния катиона и аниона в составе ионных жидкостях на их структурные и физико-химические характеристики.

Бюджет: Р 3 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТВОРОВ ИМ. Г.А. КРЕСТОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122022600117-0

МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АВТОНОМНО ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ АРКТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Создание физико-химических основ направленного жидкофазного синтеза новых функциональных электроактивных и ионопроводящих оксидных, композиционных органо-неорганических, керамических материалов и покрытий на их основе с заданными физико-механическими, физико-химическими, электрохимическими и электрофизическими свойствами для повышения производительности и ресурса, уменьшение стоимости электрохимических устройств с внешней подачей топлива – низкотемпературных водородно-воздушных твердополимерных и среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (ТПТЭ и ТОТЭ), в том числе ТОТЭ с внутренним риформингом метана. Разработка научных основ жидкофазного синтеза керамических электролитных и электродных наноматериалов с улучшенными механическими и электротранспортными свойствами в качестве компонентов современных энергоэффективных среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), позволяющих снизить рабочую температуру топливной ячейки на 300–400 °С, тем самым повысить ресурс ее работы, снизить стоимость производимой электроэнергии. На основе комплекса теоретических, материаловедческих и экспериментальных исследований влияния физико-химических свойств материалов на выбор конструкций современных электрохимических преобразователей и накопителей энергии, гибридной электростанции (источники энергии: ветро- и гидропотоки), автономной экологически чистой транспортной энергетики с использованием топливных элементов; служебных характеристик топливных элементов разработка конструкций, новых материалов и покрытий для повышения надежности функционирования изолированных энергосистем, надежного электроснабжения объектов с целью создания более комфортных условий для жизни населения, снижения техногенной нагрузки на окружающую среду в климатических условиях Арктики. Достижение поставленных задач будет способствовать

решению экологических проблем, поскольку позволит первоначально снизить, а затем отказаться от доставки топлива для дизель-генераторных установок, наиболее распространенных в настоящее время в регионе. Разработка технологий модифицирования цемент содержащих материалов и других вяжущих материалов нанокремнием для повышения физико-химических и реологических свойств, что позволит снизить расход вяжущих материалов.

Бюджет: Р 45.41 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМ. И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122022800227-4

НОВЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ОКИСЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КООРДИНАЦИОННЫХ ПЕКТИНОВЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ЕС провозгласил в конце 2019 года программу Green Deal («Зеленый пакт для Европы»), предполагающую превращение Европы к 2050 году в первый климатически нейтральный континент планеты, что, может привести «к сокращению доходов России». Вхождение России «в число мировых лидеров по производству и экспорту» водорода определено в качестве главной цели принятой «дорожной карты» по «Развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года». Об этом говорится в одноименном распоряжении (№ 2634-р от 12.10.2020) российского правительства. Таким образом, власти признали мировой тренд на развитие этого вида топлива и признали необходимость подключиться к водородной энергетике. В преамбуле Распоряжения написано: «В связи с мировым трендом на декарбонизацию экономики, формируемым Парижским соглашением, принятым 12 декабря 2015 г. 21-й сессией Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, зарубежные страны развивают собственные программы по развитию водородной энергетики, направленные на увеличение производства водорода, расширение использования топливных элементов и автомобилей на водородном топливе». В «Плане мероприятий» распоряжения российского правительства предусмотрена «разработка мер поддержки, стимулирующих внутренний спрос на водород и технологические решения на основе его использования в сфере промышленного производства, энергетики и транспорта». Топливные элементы (ТЭ) с протонообменными полимерными мембранами являются средством эффективного использования водорода в автономной энергетике, транспорте и других портативных применениях. Ядром протонообменного мембранного топливного элемента (ПОМТЭ) является мембранно-электродный блок (МЭБ): полимерный электролит с газодиффузионными и каталитическими слоями с обеих сторон. В ходе эксплуатации ПОМТЭ именно МЭБ является сменной частью. Водород является перспективным носителем энергии возобновляемых источников: полученный из расщепления воды,

в электролизерах или фотоэлектрохимических ячейках, он может быть по необходимости превращен обратно в электричество в ТЭ. ПОМТЭ с низким внутренним сопротивлением, высокой компактностью и стабильностью — это привлекательная технология, оптимизированная в течение десятилетий, предоставляющая высокий коэффициент полезного действия, быстрое время запуска и низкие рабочие температуры. Между тем, в ПОМТЭ для выработки электроэнергии происходят электрохимическое окисление топлива, например, реакция окисления водорода (РОВ), и реакция восстановления кислорода (РВК). Благородные металлы высокоэффективны для РОВ и РВК. Однако для широкомасштабного развертывания этих технологий преобразования энергии остро востребованы недорогие и доступные катализаторы, не содержащие благородных металлов. Металлоорганические координационные полимеры (МОКП) можно рассматривать как полимеризованные формы молекулярных катализаторов. Они имеют несколько преимуществ в качестве электрокатализаторов — обладают значительной гибкостью дизайна, сверхбольшим отношением поверхности к объему и позволяют функционализацию мультивалентными лигандами и металлическими центрами. Опponentы использования катализаторов на органической основе в работе ТЭ в качестве аргумента указывают на губительность кислородсодержащих радикалов для органики в процессе редокс процессов, особенно на катоде. Известно [M.K.Kadirov, A.Bosnjakovic, Sh. Schlick, J. Phys. Chem. B. 2005, 109, 7664–7670], что эти радикалы портят не только каталитический слой, но деградируют и перфорированную полимерную мембрану по боковой цепи. Поэтому важен поиск и синтез катализаторов, работающих через четырехэлектронный механизм восстановления кислорода, максимально исключая образование перекиси водорода. А если какая-то часть исследуемых катализаторов упорно будет работать через двухэлектронный механизм, их можно рекомендовать к использованию для очистки воды от органических примесей. Комплексы природных пектиновых полисахаридов с ионами переходных металлов Ni(II), Co(II), Fe(II) и др. и их карбонизованные аналоги являются перспективными МОКП в качестве катализаторов для ПОМТЭ. Металлоорганические координационные пектиновые биополимеры (МОКПБП) обладают дополнительными достоинствами по сравнению с уже упомянутыми выше преимуществами МОКП, прежде всего, они дешевы и доступны, так как одним из главных исходных реагентов в их синтезе является пектин, продукт переработки вездесущих биологических отходов. Во-вторых, МОКПБП являются стабильными продуктами, прежде всего, стабильными в кислой среде, что немаловажно для применений в ПОМТЭ. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что главную углеводную цепь пектиновых полисахаридов составляют 1,4-связанные остатки α -D-галактуроновой кислоты, комплексы с ионами переходных металлов которых образуют пространственную сетку с плотным расположением ионов металлов. Пиролиз МОКПБП по специальным протоколам отжига позволяет модифицировать активные узлы. Комплексы природных пектиновых полисахаридов, которые являются стабильными биополимерами, нами впервые протестированы в качестве кандидатов на роль перспективных катализаторов РОВ и РВК. Процесс образования воды из протонов, электронов и кислорода в водной среде происходит на катоде ТЭ и, поэтому, первостепенное значение приобретает растворимость кислорода в воде. Скорость РВК в ПОМТЭ ограничивается, главным образом, низкой растворимостью газообразного кислорода в воде и требуется почти на порядок больше платины (0.4 мг см⁻²) на катоде, по сравнению с его количеством на аноде (0.05 мг см⁻²) для достижения приемлемых характеристик ТЭ. Поэтому большое внимание уделяется развитию металлооргани-

ческих катализаторов РВК с ионами металлов неплатиновой группы. Наши первые научные результаты по катализаторам РВК из пектатов никеля [Kadirov, M., Minzanova, S., Nizameev, I. и др. Inorganic Chemistry Frontiers. 2018, 5, 780–784] являются обнадеживающими и основательные исследования с использованием координационных полимеров с другими ионами переходных металлов и карбонизованных МОКПБП позволят разработать перспективный класс неплатиновых катализаторов РВК для ПОМТЭ. Так как карбоксильные кислоты являются слабыми кислотами, они не могут сильно связывать ион переходного металла. По крайней мере, частично он будет уходить в мембрану Нафийон, которая является сильной кислотой, а сильные кислоты вытесняют металлы из их солей со слабыми кислотами. Ресурсные исследования на стабильность разрабатываемых катализаторов позволят выбрать наиболее устойчивые каталитические системы. Ведь являются не платиноидные катализаторы примером стабильности, несмотря на слабую связь каталитических металлических узлов с углеродной подложкой при их высокой плотности по весу и высокую степень их агрегационной способности. Реакция окисления водорода на платино-углеродных катализаторах на анодной стороне, как уже отмечено выше, происходит эффективно и не имеет серьезных кинетических ограничений, как РВК на катоде. Но остаются проблемы дефицита благородных металлов и их высокой цены. Однако тот факт, что гидрогеназы катализируют РОВ так же эффективно, как это делают наночастицы платины, вдохновляет ученых на дизайн новых синтетических биомиметических анодных катализаторов без участия благородных металлов. К сожалению, гидрогеназа портится в присутствии даже небольшого количества кислорода, что делает невозможным ее применение в реальных топливных элементах.

Обнадеживающие результаты были получены в случаях, когда при синтезе будущих катализаторов использовался структурно-функциональный подход, т.е. приоритет отдавался функциям, выполняемым гидрогеназой, а не её структуре. Нами разработан [Kadirov, M., Karasik, A., Nizameev, I. et al. Energy Technology. 2018, 6, 1088–1095] новый бисдифосфиновый катализатор для ПОМТЭ — 1,4-диаза-3,7-дифосфациклооктаноый металлоорганический бис-лигандный комплекс никеля (II) [Ni (PPy,Np-Tol)]₂+2[BF₄]⁻ — на углеродной подложке Vulcan XC-72 [Ni(Py-p-Tol)]/C. В ПОМТЭ, используя Ni(Py-p-Tol)/C на аноде и Pt/C на катоде, достигнута плотность мощности 14.66 мВт см⁻², являющаяся рекордной для металлоорганических катализаторов, содержащих только неблагородные металлы. За 8 лет после опубликованной группой Оро первой работы [Matsumoto, T., Kim, K., & Ogo, S. Angewandte Chemie International Edition. 2011, 50, 11202–11205] по мощности ТЭ с металлоорганическим катализатором максимальная плотность мощности выросла в 14.66 : 0.054 = 271 раз, а до максимальных плотностей мощности платинового катализатора осталось примерно 30 раз.

Эти предварительные результаты придают уверенность в том, что дальнейший поиск и основательные исследования, несомненно, приведут к разработке более эффективных катализаторов РОВ и на базе металлоорганических каркасных структур.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122030300158-1

Оценка углеродного и токсического следа для автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ российского и мирового опыта и перспектив использования газомоторного топлива, энергоносителей гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей, обеспечивающего сокращение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов от автомобильного транспорта; оценка углеродного и токсического следа жизненного цикла газомоторного топлива, энергоносителей гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей в автомобильном транспорте; сравнительный анализ сокращения выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов при переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) автомобили и электрические силовые установки.

Результат работы – отчет о НИР «Оценка углеродного и токсического следа автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей».

Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития экологической безопасности, управления, функционирования и развития системы стандартизации общества, при планировании и организации перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122042600012-6

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА (МЭБ) ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА (ТОТЭ).

Электроустановки (ЭУ) на ТОТЭ – высокоэффективные генераторы электрической энергии и тепла, напрямую преобразующие химическую энергию окисления газообразных углеводородов.

Энергоустановки на основе топливных элементов имеют следующие достоинства: - высокий КПД (40–70 %); - количество удельных выбросов вредных компонентов на 1,5–2,5 порядка ниже, чем у традиционных, а количество таких вы-

бросов как CO и NO_x в сотни раз ниже, чем значения, указанные в экологических стандартах Euro-6 и Tier-4; - возможность использования различных видов топлива; - высокий ресурс работы; - высокий межсервисный интервал. Эти достоинства обеспечивают большой интерес к разработке и применению ЭУ с ТЭ во многих странах. Для повышения экономической конкурентоспособности энергоустановок на основе ТОТЭ необходимо преодолеть ряд технических и технологических проблем. В первую очередь требуется снизить рабочую температуру ТОТЭ до 500–600 °С, обеспечив при этой температуре высокую ионную проводимость используемых твердых электролитов. Также интерес представляет проблема масштабирования (увеличения геометрических размеров ТОТЭ) при сохранении характеристик ТОТЭ на необходимом уровне и обеспечение воспроизводимости процесса для получения ТОТЭ различного масштаба.

Бюджет: Р 1.5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122042600094-2

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

Проект направлен на разработку универсального модуля системы накопления энергии – Автономной Мобильной Гибридной Энергосистемы с Топливными Элементами на базе протонообменных Мембран (АМГЭ ПОМТЭ) и водородными баллонами в качестве накопителя. АМГЭ устроена по модульному принципу и может быть масштабируема как в части генерируемой мощности за счет объединения топливных элементов (ТЭ) в батарею, так и за счет объединения водородных баллонов в рампу. Для АМГЭ разрабатывается интеллектуальная система управления (СУ), повышающая эффективность работы за счет поиска точек максимальной мощности, оптимизации температурных режимов ТЭ и обеспечивающая безопасность пневмосистем. Технология адаптирована для применения на наземных и морских беспилотных носителях, разработанных ЦТП СПбПУ, а также может быть применена в перспективных разработках - в стационарных системах мощностью от 1 до 100 кВт (в случае использования нескольких модулей) для сглаживания пиков мощности и резервного источника длительной подзарядки в проектах промышленных партнеров СПбПУ, а также в качестве лабораторного стенда для исследования режимов работы ТЭ и водородных систем. АМГЭ может работать в составе гибридных солнечно- и ветроводородных генераторов (СВВ).

Бюджет: Р 2 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122052000097-8

ДИЗАЙН НОВЫХ СТЕРИЧЕСКИ-ЗАТРУДНЕННЫХ СОЛЕЙ ФОСФОНΙΑ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СОЗДАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ «УМНЫХ» МАТЕРИАЛОВ

В современном мире востребованы новые материалы, отвечающие высоким требованиям для решения конкретных задач, например, создание полимерных катетеров, стентов и имплантов для медицинских целей, предотвращающих образование биопленок патогенными организмами.

Создание биосовместимых материалов на сегодняшний день активно растущая область науки, находящаяся на стыке разных дисциплин. Доля материалов на основе полимеров, применяемых в медицине, достигает половины, и возможность управление их свойствами играет важную роль.

Для придания полимерам необходимых свойств используются всевозможные добавки и со-полимеры. Одна из основных проблем имплантируемых материалов - это их взаимодействие с живыми тканями. Различают толерантные, инертные и биоактивные материалы. В том случае, когда от материала требуется устойчивость к образованию биопленок, необходимо соблюсти баланс между их активностью и токсичностью для организма. Совершенно другие задачи возникают при создании токопроводящих полимерных материалов для нужд хранения и получения энергии в литий- и натрий-ионных аккумуляторов, водородных топливных элементов.

Добавление в основную или боковую полимерную цепь фрагмента ионных жидкостей позволяет придать полимеру необходимые свойства, например, электропроводность, изменить поверхность-активные свойства полимера, а его дополнительная функционализация может существенно расширить области применения материалов в таких областях, как создание анионно-активных материалов, электрохимических устройств, актуаторов в электрическом поле, контролируемая стабилизация многослойных углеродных нанотрубок, детекторов анионов, литий-полимерных батарей, газоразделительных мембран, а также в катализе.

Для решения поставленной задачи планируется нарабатывать библиотеку моно-молекулярных соединений, на основе стерически затрудненных солей фосфония, несущих определенную функциональность, для придания полимерным материалам специфических свойств: антибактериальные, предотвращение обрастания живыми организмами, редокс-переключаемые свойства.

Планируется получить соли фосфония несущие в боковой цепи концевую гидроксильную, карбоксилатную группу или ферроценовый фрагмент.

Соли фосфония на основе стерически затрудненного три-тет-бутилфосфина могут стать подходящей платформой для дизайна ионных жидкостей, подходящих для создания полимеров, отвечающих предъявляемым требованиям к материалам.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

НИОКТР № 122052600046-0

ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С БОЛЬШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Актуальность Электрохимическая энергетика представляет собой одну из ветвей энергосберегающих технологий за счет высокой эффективности преобразования энергии, высокой удельной энергоемкости носителей энергии, в частности водород, малозумности, высокой автономности. Развитие таких направлений как низкотемпературные топливные элементы, суперконденсаторы, электролизеры воды привело к высоким требованиям к эффективности электродных процессов, и времени эксплуатации устройств без существенного снижения характеристик. При этом зачастую авторы публикуют работы о достижении высоких параметров мембранно-электродных блоков (МЭБ), не уделяя внимания долгосрочной стабильности его работы. Срок службы электрохимических устройств и динамика ухудшения технических характеристик в процессе эксплуатации, как известно, является весьма важной потребительской характеристикой. Современные низкотемпературные твердополимерные топливные элементы и электролизеры построены на основе мембранно-электродных блоков, весьма большая доля которых представлена изделями, содержащими протонпроводящий полимер Nafion. В процессе работы такие МЭБ под действием электрического поля и тока, протекающего через них, испытывают ряд превращений, связанных с различными процессами электроокисления, растворения, кристаллизации, перераспределения состава и др. В результате этого происходит изменение локальной структуры и состава электродов, что приводит, как правило, к ухудшению их характеристик, таких как напряжение разомкнутой цепи, плотность тока, КПД. Одним из существенных факторов, обуславливающих деградацию электродов, является перераспределение полимера Nafion в структуре электрода за счет коллоидизации и миграции. В результате этого существенно нарушается структура электрода, увеличивается его сопротивление переносу протонов, изменяется газодиффузионное сопротивление. Вопросы деградации МЭБ рассмотрены во многих работах и занимают в современной литературе большую долю исследований. В то же время в силу сложности и многообразия деградационных процессов на данное время этот вопрос все еще недостаточно изучен. То же самое можно сказать и о мерах борьбы с негативными процессами в МЭБ. Несмотря на определенные успехи, на данное время вопрос продления срока службы МЭБ остается актуальным. Таким образом, работы, направленные на изучение механизмов деградации и поиск решений, обеспечивающих увеличение срока службы МЭБ, имеют высокую значимость и в настоящее время являются актуальными, представляют собой одно из приоритетных направлений развития электрохимической энергетике. Современное состояние вопроса и предполагаемые подходы решения научной проблемы Вопросам исследования деградационных процессов в МЭБ посвящено значительное количество работ. Отметим, что несмотря на то, что историческая глубина публикаций исчисляется внушительным периодом более 10 лет, срок службы современных МЭБ все еще недостаточно велик и составляет около 5000 часов при потере напряжения около 10 % от исходного. Старение связано с обычными электрохимическими процессами, такими как электрохимическое и химическое окисление углеродных и металлических компонентов электрода, перекристаллизация металлов, прораста-

ние металлических дендритов в протонпроводящую мембрану, нарушение целостности мембраны за счет химических и электрохимических процессов окисления-восстановления. Отдельным направлением исследований и, связанных с ними технологий, является проблемы стабильности иономера Nafion (отечественный МФ-4СК) и его модификации Aquivion в составе МЭБ. Фокус внимания в опубликованных работах направлен на стабилизацию мембран, входящих в состав МЭБ. При этом можно выделить два магистральных направления: армирование и наполнение. Создание различных покрытий в форме полимерных сеток увеличивает срок службы Nafion за счет различных механизмов стабилизации или матриц обеспечивает более длительный срок службы мембран на основе Nafion и большую их механическую прочность. Использование наполнителей для создания композитных (наполненных) мембран зарекомендовало себя как способ увеличить устойчивость к потере воды и термическую стабильность. Отдельным и сравнительно новым направлением является использование углеродных материалов в композитных протонпроводящих мембранах на основе Nafion для улучшения их характеристик, таких как влагосодержание при повышенных температурах, ионное сопротивление (проводимость), термическая стабильность. Для этого используют такие добавки как углеродные нанотрубки, графеновые материалы. Термическая стабильность топливных элементов (ТЭ) с протоннообменной мембраной и долговременность работы являются важными характеристиками, исследованию которых посвящено много работ. Анализ научной литературы показывает, что вопросам электрофоретической миграции иономера в процессе функционирования МЭБ практически не уделено внимания. Особенности этих процессов практически не исследованы. Кроме того отметим, что основная часть работ направлена на стабилизацию собственно мембраны и практически обойдены вниманием проблемы стабилизации структуры Nafion в электроде. В настоящем проекте с целью предотвращения деградации структуры Nafion в МЭБ (как электродов, так и мембраны) будет использован прием пространственной его стабилизации путем введения пространственных ограничений в виде сетки наноструктурированных материалов: перфторированного полиэтилена (ПТФЭ) и углеродных нанотрубок с различной морфологией и, соответственно размерами ячеек. Будет подобрана структура с эффективным размером ячеек, препятствующим миграцию частиц Nafion. Для этого планируется три части работы: 1. исследование миграции частиц Nafion в работающем, не стабилизированном МЭБ; 2. создание МЭБ, содержащих в структуре электродов и на поверхности мембраны стабилизирующую добавку ПТФЭ и (или) УНТ различной морфологии в различных количествах; 3. ресурсные испытания стабилизированных МЭБ и подбор оптимальных параметров состава и структуры стабилизатора. Стабилизирующие материалы будут вводиться в структуру электрода путем добавления в каталитическую дисперсию в необходимых количествах, которая впоследствии будет наноситься на поверхность мембраны. Для исследования процессов миграции Nafion в работающем МЭБ будут использованы электрохимические методы, метод динамического рассеяния света, микроскопические методы исследования, совмещенные с методом элементного анализа (EDX), атомная силовая микроскопия. МЭБ будет подвергаться электрохимическому состариванию в стандартной ячейке в различных режимах. Для исследования миграции Nafion будут использованы потенциостатический и гальваностатический режимы с целью исследования миграции в постоянном электрическом поле и при постоянной плотности тока. В дальнейшем при окончательной оценке стабильности МЭБ будет использована следующая общепринятая методика. Электрод-

ные материалы будут исследованы на дисковом электроде в трехэлектродной ячейке в различных режимах электрохимического воздействия. Старение МЭБ будет проводиться при комнатной температуре и атмосферном давлении при заданном количестве циклов (0, 100, 300, 1000 и т.д.) развертки напряжения в диапазоне 0.6 – 1.0 В со скоростью развертки потенциала 50 мВ с-1. На электроды будут подаваться влажные (~100 %) N₂ и H₂. На электрод, который подвергается старению, будет подаваться N₂. Для оценки размера и концентрации частиц, мигрирующего Nafion будет использован анализ воды, вырабатываемой при функционировании МЭБ, методом динамического рассеяния света. Изменение структура и компонентного состава электродов в процессе того или иного электрохимического воздействия будут оцениваться микроскопическими методами и методом элементного анализа. Структура стабилизирующих сеток и частиц Nafion будет исследована методом атомной силовой микроскопии. Динамика ионного сопротивления электродов будет исследована методом спектроскопии электрохимического импеданса. Научная новизна. Впервые будут получены новые знания об особенностях миграции Nafion в МЭБ в процессе их функционирования и зависимости этих процессов от структуры электрода. Впервые будет использован прием пространственной стабилизации Nafion в МЭБ посредством ограничения его электрофоретической миграции ячеистым каркасом стабилизирующей сетки.

БЮДЖЕТ: Р 1.5 млн

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

ЗАКАЗЧИК: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122070800005-9

РАЗРАБОТКА СТЕКА ТВЕРДОПОЛИМЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Проект направлен на создание эскизной конструкторской документации макетов стеков твердополимерных топливных элементов (ТПТЭ) обеспечивающих номинальную мощность не менее 0,1 кВт и не менее 0,5 кВт создание макетов стеков ТПТЭ. ТПТЭ являются наиболее перспективными источниками энергии, использующими в качестве топлива водород и в качестве окислителя – кислород воздуха.

Такие источники энергии уже широко востребованы рынками Аэронет, Автонет, Маринет Технэт, Сэйфнет. Процесс получения электроэнергии в ТПТЭ проходит в одну стадию без промежуточных преобразований химической энергии в тепловую, тепловой – в механическую, а затем уже в электрическую, благодаря чему энергоустановки на ТПТЭ значительно более эффективны и экологически чистые по сравнению с традиционными источниками энергии, использующими ископаемое топливо.

Единственным продуктом электрохимических реакций между молекулами водорода и кислорода является вода. Основным элементом энергоустановок на ТПТЭ является стек топливного элемента, включающий в себя такие основные компоненты, как мембранно-электродный блок (МЭБ), обеспечивающий осуществление анодных и катодных процессов, разделение зарядов (электроны и протоны); bipolarные пластины, обеспечивающие подвод реагентов к МЭБ, газорас-

пределение, токоотвод, температурный и водный балансы в системе. Сегодня развитию рынка энергоустановок на ТПТЭ в России препятствует не только их высокая стоимость, но и отсутствие российских технологий создания элементов ТПТЭ и их сборки. В связи с чем необходимы развитие массового производства, расширение рынка с опорой на отечественные технологии, позволяющих адаптировать эксплуатационные характеристики энергоустановок под задачи и специфику конкретного потребителя, что, в свою очередь, не только кратно снизить стоимость изделий, но и обеспечит импортонезависимость России в области водородных технологий.

В настоящем проекте будут впервые предложены технологические подходы к созданию стеков ТПТЭ с открытым катодом на основе композитных биполярных пластин.

Решение поставленных в проекте задач помогут обеспечить переход современной энергетики Российской Федерации к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, обеспечат формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

Бюджет: Р 5.3 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122071200010-6

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ С НАНЕСЕННЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ СЛОЕМ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

Результатом выполнения данного проекта будет комплексная оценка функциональных характеристик каждого компонента в отдельности и мембранно-электродного блока в целом, что позволит получить новые знания о причинах и механизмах деградации перфторированных мембран при использовании различных видов катализаторов, и принципах отбора и предобработки платиноуглеродных электрокатализаторов.

Для этого будут получены наноструктурные платиновые и биметаллические катализаторы, обладающие значительно более высокими функциональными характеристиками по сравнению с коммерческими аналогами.

На основании изучения физико-химических характеристик различных модификаций отечественных перфторированных мембран будут найдены материалы, обладающие оптимальным сочетанием механической прочности, протонной проводимости в условиях ограниченной влажности, газопроницаемости и устойчивости к деградации в окислительной среде.

Оценка эффективности работы мембранно-электродного блока с модифицированными перфторированными мембранами и синтезированными платиноуглеродными электрокатализаторами позволит сформулировать принципы создания

перспективного для использования устройства на компонентах отечественного производства.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122071800041-4

НИЛ «МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ «ЗЕЛеной» ЭНЕРГЕТИКИ»

Проект направлен на разработку новых композитных материалов на основе углеродных наноструктур и металлов, используемых в качестве эффективных регенерируемых катализаторов в ряде химических и электрохимических процессов, в том числе, в водородных топливных элементах и в секвестрации углекислого газа. Основная научно-практическая цель – замена используемой в современных катализаторах платины и других драгоценных металлов более доступными элементами, повышение эффективности и стабильности каталитических систем на основе неблагородных металлов.

Бюджет: Р 4 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122080300072-5

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПЕРЕХОДА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО, ГИБРИДНЫЕ (В ТОМ ЧИСЛЕ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) АВТОМОБИЛИ И ЭЛЕКТРОМОБИЛИ В РЕГИОНАХ РОССИИ. АТЛАС

В процессе работы проводятся следующие исследования: анализ количества российского парка автомобильного транспорта по категориям транспорта и видам используемого топлива; анализ количества автомобильных заправочных станций по видам отпускаемого топлива в России; анализ потребления газомоторного топлива, энергоносителей гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей в автомобильном транспорте России; сравнительный анализ стоимости эксплуатации автотранспорта на газомоторном топливе, гибридных (в том числе на водородных топливных элементах) автомобилей и электромобилей в России; оценка потенциала снижения выбросов загрязняющих веществ в России при переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах)

и электрические силовые установки (динамика, тенденции, количественные показатели снижения загрязнения воздуха по федеральным округам или субъектам Российской Федерации, в крупных российских городах с населением более 1 миллиона человек); оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов в России при переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки; прогноз выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов при переходе автотранспорта на газомоторные и гибридные силовые установки с учетом сценариев и горизонтов планирования государственных, региональных и корпоративных программ развития автотранспорта в России. Результат работы – отчет о НИР «Оценка экологического эффекта перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) автомобили и электромобили в регионах России. Атлас». Результат работы предназначен для использования Департаментом, отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития экологической безопасности, управления, функционирования и развития системы стандартизации общества, при планировании и организации перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо, гибридные (в том числе на водородных топливных элементах) и электрические силовые установки.

Бюджет: Р 0

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

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122080800018-8

РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ДИЗАЙНУ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СМЕСИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вопросы, касающиеся перспектив получения энергоносителей и экологической защиты окружающей среды, являются жизненно необходимыми для устойчивого развития общества. Развитие общества напрямую связано с постоянно растущей потребностью в энергоносителях, что приводит к истощению природных ископаемых, изменению тектонических особенностей планеты и загрязнению атмосферы. Все эти негативные последствия техногенной деятельности обуславливают необходимость развития новых экологически приемлемых технологий, базирующихся на альтернативных сырьевых источниках. Одной из современных и быстроразвивающихся отраслей энергетики являются топливные элементы (ТЭ), для питания которых применяется водород или водородсодержащий газ, который получают путем превращения органических соединений (паровая, углекислотная, воздушная и автотермическая конверсии) в синтез-газ в специальных устройствах – риформерах. Наиболее широкое развитие получили топливные элементы с протонообменной мембраной (ПОМТЭ) и твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ). К преимуществам первых относится относительно не высокая

рабочая температура (порядком 80 °С), однако для них в качестве топлива возможно применение водорода с остаточным содержанием СО не более 10 м.д. ТОТЭ работают при гораздо более высоких температурах (более 600 °С), однако в качестве топлива используется водородсодержащий газ с большим содержанием СО. Таким образом в случае применения ПОМТЭ необходимо проводить дополнительную очистку водородсодержащего газа от СО, в то время как в случае с ТОТЭ эта очистка не требуется, что позволяет существенно снизить стоимость используемого риформера, кроме того к преимуществам ТОТЭ так же стоит отнести более высокую степень утилизации топлива, что приводит к увеличению КПД энергоустановки. Актуальность проекта заключается в разработке катализаторов и способов получения водородсодержащего газа из различных растительных источников – кислородсодержащих органических соединений – биоэтанола, ацетона, 1-бутанола, изопропанола, и их обводненных смесей. Для этого возможно применение паровой или паровоздушной конверсии органических соединений в присутствии катализаторов, состав которых может меняться в зависимости от используемого исходного сырья. Существенной проблемой для каждой реакции является необходимость контролировать тепло- и массоперенос. В случае паровой конверсии органических реагентов возникает проблема передачи тепла от стенок реактора в слой катализатора, т.к. реакция является эндотермической. Паровоздушная конверсия является или термонейтральной или слабо экзотермической, однако в лобовом слое возникают локальные перегревы, тепловой эффект которых необходимо перераспределить по слою катализатора для компенсации эндотермического эффекта. Для решения этих проблем хорошо подходят структурированные катализаторы на основе теплопроводящих подложек – металлических сеток, пен и т.д. Такие катализаторы представляют собой сложный композитный материал со многоуровневой структурой «структурированная металлическая подложка – структурный оксидный компонент – активный оксид – наночастицы металлов или сплавов», который совмещает в себе функции теплообменника, распределителя потока и собственно катализатора. Оригинальным и инновационным является подход к разработке катализатора, совмещающий одновременный анализ данных о структуре активных центров катализаторов, технологических особенностях проведения процесса и развитии методов получения синтез-газа с заданными характеристиками. Для успешного выполнения проекта будут сочетаться как методы исследования химических реакций на атомно-молекулярном уровне, так и экспериментальные и теоретические исследования. Одной из проблем в конверсии биооксигенатов является их избыточная обводненность (содержание большого количества воды). Новизной данного проекта является использование водной смеси биооксигенатов в качестве сырья для конверсии, что позволит получить оптимальное для паровой конверсии соотношение $H_2O:C$. Таким образом, решаемые в рамках проекта задачи, связанные с получением водородсодержащего газа из исходного растительного сырья, являются актуальными в области водородной энергетики и использования современных способов генерирования электроэнергии.

Бюджет: Р 3 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122081100046-5

РАЗРАБОТКА КОНТЕЙНЕРА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Данный проект НИОКР реализуется в рамках дорожной карты «АвтоНет», лота № 5 проектов-маяков: Электроавтомобиль и водородный автомобиль (создание технологий в сфере производства электроавтомобилей (включая силовую и управляющую электронику), батарей и их компонентной базы (в том числе в части производства ячеек для батарей, катодных и анодных материалов), а также водородных топливных элементов). Разрабатываемый контейнер предназначен для водородной газозаправочной станции водородных автомобилей, в состав которой он входит.

Бюджет: Р 34.5 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АУРИД»

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122081500097-3

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАН И ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОЛИБЕНЗИМИДАЗОЛЬНОЙ МЕМБРАНЕ В РАМКАХ ГЛОБАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В рамках глобального энергетического перехода к низкоуглеродной энергетике водород является одним из важнейших элементов, способных в будущем обеспечить энергией (включая электрическую) действующие технологии и производства. Одной из актуальнейших проблем возобновляемых источников электрической энергии, является разработка эффективного водородно-воздушного топливного элемента (ТЭ) на основе полимерно-электролитной протонопроводящей мембраны (ППМ) в котором происходит прямое преобразование энергии химической реакции окисления в электрическую энергию со значениями КПД превышающими 60 % (с учетом всех потерь). Среди различных типов топливных элементов (ТЭ), среднетемпературный (СТ по более общей классификации) или по другой классификации ТЭ на полимерных мембранах водородно-воздушный высокотемпературный ТЭ на полибензимидазольной (ПБИ) мембране (СТ ТЭ, ВТ-ПОМТЭ, НТ-РЕМФС, НТ-РЕФС, или ВТТЭ на ПБИ) имеет ряд уникальных достоинств и претендует на широкое распространение D Aili et al. Polybenzimidazole Based High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells: New Insights and Recent Progress, Electrochem. Energ. Rev., 3, 793–845 (2020) <https://doi.org/10.1007/s41918-020-00080-5>.

На сегодняшний день данный тип ТЭ НТ-РЕМ предлагается на рынке инновационными европейскими компаниями Advent Technologies Inc. <https://www.advent.energy/advent-power-stacks/> и Danish Power Systems <http://www.dapossy.com> Следует отметить, что по данным Hydrogen Energy (<https://hydrogeneurope.eu/> ; an umbrella association representing the European Industry, Research, and National and Regional Associations in the Hydrogen and Fuel Cell sector) к данной теме сохраняется повышенный интерес, зарегистрированы многочисленные проекты и значительные средства направлены на оптимизацию углеродных материалов и катализаторов для ТЭ, включая ВТ-ПОМТЭ. В проекты вовлечены многочисленные университеты и технологические компании Западной Европы, США, Ю.Кореи, ЮАР, Японии, Китая, Индии. Мировой лидер в сфере производства электрокатализаторов для ТЭ - компания Johnson Matthey (Великобритания) финансирует R&D департамент по исследованию электрокатализаторов в котором работает не менее 150 сотрудников. В сентябре 2021 года на 58 страницах с приложениями вышла статья (Y.S. Kim et. al. Protonated Phosphonic Acid Electrodes for High Power Heavy-Duty Vehicle Fuel Cells. Nature Portfolio Journal. Research Square. In Review. 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-542999/v1) от имени важнейших научных организаций США, Южной Кореи, и Германии о результатах исследования возможности использования ВТ-ПОМТЭ для тяжелого автотранспорта в которой ставится неотложная задача повышения мощности данного типа ТЭ.

Бюджет: Р 21 млн

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

Заказчик: РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № 122101100047-7

РАДИАЦИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Топливный элемент (ТЭ) обладает рядом преимуществ с точки зрения высокой плотности мощности и наличия воды в качестве побочного продукта, что делает его экологически чистой альтернативой для генерации энергии. Мембрана (ПЭМ) в ТЭ обеспечивает перенос протонов от анода к катоду, одновременно являясь газоразделительной. Для функционирования ТЭ необходимы мембраны ПЭМ, с хорошей механической прочностью, высокой химической стабильностью и протонной проводимостью $>10^{-2} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$. При современном уровне технологий перфорированные мембранные материалы, такие как Nafion® (DuPont, США), Flemion (Asahi Glass, Япония) и Aciplex (Asahi Kasei, Япония), используются преимущественно в ТЭ с полимерным электролитом из-за их привлекательной проводимости и химической стабильности. Однако они имеют ряд недостатков: плохую протонную проводимость при низкой влажности и высокую стоимость, которая сдерживает внедрение ТЭ в экономику. Следовательно, поиск новых мембранных материалов с низкой стоимостью и требуемыми электрохимическими характеристиками, наряду с характеристиками, не уступающими Nafion, продолжается и стал наиболее актуальным в настоящее время. Проект направлен на исследование радиационного модифицирования существующих коммерчески доступных полимерных пленок, с целью получения рабочих характеристик. В процессе выполнения проекта будут выполнены: Исследование процессов радиационной модификации полимеров пучками высокоэнергетич-

ческих ионов гелия. Исследование процессов радиационной прививочной полимеризации для синтеза и модификации мембран и функциональных материалов для ТЭ. Исследование микроструктуры модифицированных мембран их электрохимических свойств, селективности и устойчивости к отравлению компонентами. Исследование методов нанесения и материалов каталитических слоев на модифицированные протонообменные мембраны. Исследование особенностей эволюции системы- модифицированная протонообменная мембрана- катализатор. По результатам работ будет создан экспериментальный ТЭ с мембранно-электродным блоком (МЭБ) на основе радиационно-модифицированных ПЭМ.

Бюджет: Р 23 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122102000071-0

ИСПЫТАНИЯ БАТАРЕИ ПЛАНАРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НОМИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 кВт

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) представляют собой устройства прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию.

Благодаря исключению стадии сжигания топлива, коэффициент полезного действия таких устройств составляет не менее 45 %, а в случае использования выделяющегося тепла – не менее 80 %. Установки на базе ТОТЭ имеют важное значение для распределенной энергетики.

Они могут применяться для снабжения электрической и тепловой энергией потребителей, находящихся в удалении от инфраструктуры централизованного энергоснабжения, а также в условиях крайнего севера.

В качестве исходного топлива для ТОТЭ может использоваться чистый водород, а также синтез-газ, получаемый из углеводородов методами парциального окисления, паровой конверсии и др.

Это расширяет области возможного применения топливных элементов, например, в качестве замены традиционным дизель-генераторам, обладающим коэффициентом полезного действия не более 10–15 % и требующим периодического обслуживания.

В связи с изложенным работы, направленные на исследование эксплуатационных характеристик ТОТЭ являются актуальными.

Бюджет: Р 2.9 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «АКЦИОНЕРНАЯ КОМПАНИЯ «КОРВЕТ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122111500098-4

МАКЕТИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Направлением исследований в рамках проекта является разработка конструкций, моделирование и оптимизация режимов работы электрохимических устройств, включая твердооксидные топливные элементы, работающие на водороде и углеводородных топливах, электролизеры для получения чистого водорода и синтез-газа, датчики состава газовой фазы, кислородные насосы, а также разработка и создание установок на их основе. Основной задачей является разработка энергоустановок и электролизных установок на уровне мировых эксплуатационных характеристик и выше на основе отечественных компонентов. Для этого предстоит решение ряда отдельных задач: - разработка технологии получения единичных элементов планарной конструкции заданной геометрии; - исследование микрокинетических процессов, протекающих на границах электрод-электролит в единичных элементах; - исследование свойств единичных элементов; - разработка материалов интерконнекторов; - исследование зависимости эксплуатационных свойств материалов интерконнекторов от химического состава, структурно-фазового состояния и режимов обработки; - разработка технологий нанесения защитных покрытий на интерконнекторы; - исследование коррозионного поведения интерконнекторов в условиях электролиза; - создание герметизирующих материалов и разработка технологий их нанесения; - разработка конструкций стеков ТОТЭ и ТОЭ и моделирование макрокинетических процессов в них; - создание макетов установок на базе ТОТЭ и ТОЭ и отработка режимов эксплуатации.

Бюджет: Р 17.29 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ОБМЕННЫХ МЕМБРАН, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ НА ОСНОВЕ ТВЕРДО-ОКСИДНЫХ КЕРАМИК И ДР.

НИОКТР № 122122100169-1

ЛАБОРАТОРИЯ «АВТОНОМНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»

Деятельность лаборатории направлена на создание высокоэффективных автономных гибридных электроэнергетических комплексов на основе водородных топливных элементов, плавучих волновых электростанций, дизель-генераторных электростанций и др., а также на разработку и апробацию новых научно-технических решений проблем повышения энергетической гибкости и оптимального управления для локальных электроэнергетических систем с распределенной генерацией. Для достижения цели проекта будут решены следующие взаимосвязанные задачи: 1) исследование и разработка научно-технических решений по созданию гибридных маневренных энергоустановок на основе водородных топливных элементов, плавучих волновых электро-

станций, дизель-генераторных электростанций переменной частоты вращения как источников энергетической гибкости для узлов с распределенной генерацией; 2) разработка многообмоточного генератора специального типа для гибридной маневренной энергоустановки; 3) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца гибридной маневренной энергоустановки на основе дизель-генераторной электростанции переменной частоты вращения с генератором специального типа; 4) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца гибридной плавучей волновой электростанции с системой накопления электроэнергии; 5) разработка, изготовление и исследование экспериментального образца модуля энергоустановки на основе водородных топливных элементов; 6) разработка методики выбора оптимального состава и параметров объектов в составе локальных энергетических систем с распределенной генерацией с учетом многовариантности систем и стохастического характера генерации.

Бюджет: Р 56.38 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № АААА-А21-121011890010-2

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ РЖД

Проект направлен на формирование новых теоретических знаний в области проектирования, управления и эксплуатации автономных гибридных системы электроснабжения для ОАО «РЖД».

Функция гибридности достигается за счет комбинации в составе энергетического комплекса водородных топливных элементов и возобновляемой энергетики.

Функция автономности — за чет вхождения в состав комплекса подсистемы накопления энергии, содержащей электрохимические элементы повышенной энергоемкости.

Автономные гибридные энергоустановки (АГЭУ) планируется размещать в межподстанционных зонах тяговой питающей сети ОАО «РЖД» для выравнивания ее нагрузок.

АГЭУ является потребителем избыточной энергии рекуперации тягового состава, и одновременно дополнительным источником накопленной электроэнергии в периоды максимальных тяговых нагрузок.

Система управления АГЭУ включает в себя модуль стыковки с системой логистического управления тяговым магистральным участком и на основе алгоритмов искусственного интеллекта оптимизирует работу внутреннего силового оборудования энергоустановки.

Реализация заявленного проекта позволит значительно оптимизировать процессы энергопотребления ОАО «РЖД», что приведет к повышению провозной способности железно-

дорожного транспорта и увеличению общего экономического эффекта.

Бюджет: Р 8 млн

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

Заказчик: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.6 Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон-обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо-оксидных керамик и др.

НИОКТР № АААА-А21-121012090052-7

РАЗРАБОТКА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦЕЛЬНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ГАЗОДИФфуЗИОННОГО ВОДОРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА

Одним из самых простых и эффективных способов получения сверхчистого водорода является его мембранное выделение. Такое извлечение производят при помощи высокотемпературных мембранных фильтров водорода на основе палладиевых сплавов, обладающих уникальной способностью избирательно транспортировать водород. Отсутствие таких мембран, работающих в низкотемпературном диапазоне прежде всего может объясняться до сих пор не преодоленным научным препятствием, общим для систем металл-водород, кинетическим торможением достижения равновесия при температуре ниже 200 °С, причиной чего является замедление перехода водорода через металлическую поверхность. В данном проекте предлагается решение этой проблемы путем модификации рабочей поверхности мембраны порошкообразными хемосорбирующими водород веществами на основе палладия, которые при соприкосновении с компактными образцами Pd могут значительно ускорять растворение водорода при комнатной температуре или делать это растворение вообще возможным. Для этого планируется разработать методы синтеза модифицирующих покрытий на основе нанокристаллитов палладия с высокоиндексными гранями и высокой поверхностной энергией для значительного ускорения диссоциативной адсорбции и рекомбинативной десорбции водорода на поверхности, а также увеличения электрокаталитической активности таких покрытий. Отсутствие таких мембран сдерживает развитие процессов и устройств, в которых они могли бы быть реализованы. Подобными устройствами могли бы стать низкотемпературный водородный диффузионный электрод и устройства на его основе: электрохимический водородный насос (компрессор) и низкотемпературный водородный топливный элемент. Кроме того, подобные мембраны интегрируются в установки парового риформинга метанола, что позволяет создавать компактные мембранные риформеры, эффективные для получения водорода in situ. Также их использование актуально для процессов разделения изотопов водорода.

Бюджет: Р 2 млн

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

Заказчик: УНИТАРНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «КУБАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 5.7 Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации

НИОКТР № 122031400697-1

**РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ОСНОВ ФИЗИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ГАЗОДИНАМИКИ,
ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИИ**

Цель научного исследования: Разработка методов диагностики процессов горения и детонации. Построение аналитических и численных моделей процессов горения и детонации при физических и химических воздействиях. Построение статистических моделей развития газовых взрывов в условиях стохастической невоспроизводимости динамики ускорения неустойчивых фронтов химической реакции. Создание методов управления горением для повышения энергетической эффективности процесса сгорания. Создание фундаментальных основ для разработки эффективных методов повышения взрывобезопасности промышленных и энергетических объектов. Определение скоростей фронта пламени, скоростей горения и потоков газовых смесей как в закрытых химических реакторах, так и открытых и полукрытых, определение ударно-волновых воздействий на боковые поверхности реактора, определение условий ускорения и замедления фронта пламени в смесях водорода и углеводородов с воздухом при прохождении фронтом пламени пористого элемента. Повышение экологии процессов горения перспективных биотоплив на основе спиртов и эфиров, определение влияния добавок биотоплив на процессы образования в продуктах горения полиароматических углеводородов (ПАУ) и конденсированных углеродных наночастиц (сажи). Разработка кинетических механизмов образования ПАУ и сажи в процессах горения и пиролиза перспективных биотоплив. Получение численных данных о влиянии спонтанного дореагирования с воздухом струи водорода высокого давления (порядка 1 кБар) на параметры ведущей отошедшей ударной волны и тротилового эквивалент физическое взрыва. Численное исследование влияния неустойчивости контактной поверхности на дореагирование водорода при расширении высокоскоростной струи, выяснение характерных зон ламинарного течения, турбулизации и последующей реакции водорода с воздухом. Влияние ударного нагрева окислителя на результирующие параметры взрыва (давление и импульс взрывной волны). На основе полученных данных выработка мер защиты или минимизации последствий взрывной декомпрессии баллонов сверхвысокого давления при хранении водорода.

Бюджет: Р 100.83 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Отрасль: управление научно-технологическим развитием энергетики

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.1 Межотраслевая цифровая платформа для управления технологическим развитием отраслей ТЭК (при Минэнерго России)

НИОКТР № 122100700016-0

Подготовка раздела описания топливно-энергетического комплекса в рамках методики разработки сценариев декарбонизации мировой и российской экономики, включая ключевые отрасли

Политика низкоуглеродного развития энергетики России в контексте начавшегося энергоперехода в мировой энергетике должна быть неотъемлемой частью системной политики по декарбонизации российской экономики. При этом имеется множество технологических возможностей реализации такой политики в энергетике, кардинально различающихся между собой, но требующих огромных финансовых ресурсов. Выбор наилучшего (оптимального) решения для отдельных энергетических отраслей и ТЭК в целом является нетривиальной межотраслевой технико-экономической задачей. Эту задачу придется решать в условиях чрезвычайно большой неопределенности значительного количества разнородных и разнонаправленно действующих внешних и внутренних факторов (технологических, экономических, институциональных и др.). Сложность задачи увеличивается из-за рассмотрения сверхдальней перспективы, где существенно расширяется спектр угроз и вызовов различной природы (геополитических, экономических, технологических и др.) для энергетики и экономики страны. Все они потребуют адекватного учета, возможно, с применением методов риск-анализа. Для корректного обоснования рекомендуемых решений целесообразно обеспечить выполнение анализа рекомендуемых решений на чувствительность к ключевым влияющим факторам. В результате выполнения НИР будет разработана методика подготовки сценариев декарбонизации мировой и российской энергетики, включая ключевые отрасли топливно-энергетического комплекса страны, на период до 2030–2035 гг., а также на долгосрочный период до 2050–2060 гг. с учетом перспективных технологий, целей достижения углеродной нейтральности, социально-экономических эффектов. Будут даны предложения по учету неопределенностей основных влияющих внешних и внутренних факторов, анализу угроз и вызовов различной природы и чувствительности задачи к ключевым влияющим факторам.

Бюджет: Р 70 млн

Исполнитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122022200428-1

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ НА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Исследование научно-технических аспектов функционирования и устойчивого развития энергетических систем в Арктической зоне России на новой технологической основе с использованием разработок ЦЭС КНЦ РАН в областях электроэнергетики и электротехники, возобновляемых источников энергии, энергоэффективности и энергосбережения, электроимпульсных технологий и современной приборной базы для научных исследований.

Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость):

1. В ходе выполнения исследований предполагается выполнить анализ состояния энергопотребления в районах Крайнего Севера с учетом структурных изменений в экономике, оценить эффективность современных систем энергообеспечения потребителей, уточнить потенциал возобновляемых источников энергии. Полученные результаты позволят сформировать направления развития региональной энергетики, перспективные направления использования возобновляемых источников энергии в районах Крайнего Севера с учетом социальных аспектов и надежности энергоснабжения потребителей. Выполнение запланированной НИР позволит оценить влияние отдельных мероприятий по экономии энергоресурсов на выполнение программ энергосбережения, сформировать направления изменения структуры энергопотребления с учетом энергосбережения, определить показатели оценки энергоэффективности, потенциал и ресурсы возобновляемых источников энергии, выявить перспективные направления их использования, оценить возможные масштабы включения ВИЭ в топливно-энергетический баланс районов Крайнего Севера.

2. Будут оценены электрофизические характеристики исследуемых материалов, обуславливающие применимость электроимпульсной технологии для разрушения выбранных техногенных отходов. Будут установлены конструктивные параметры установок и энергетические параметры электроимпульсного воздействия, определяющие брзантность разрядов и степень разрушения исследуемых материалов, определены оптимальные энергетические параметры синхронного электроимпульсного воздействия нескольких высоковольтных генераторов, обеспечивающие одновременно высокую производительность и избирательность переработки композиционных диэлектрических материалов. Будет выполнен сравнительный анализ вариантов схем импульсных генераторов как в одноконтурном, так и многоконтурном исполнении, произведен выбор оптимальных схем генераторов с учетом вида техногенного сырья, минимума удельных энергозатрат и избирательности разрушения, а также максимального ресурса электроимпульсных устройств.

3. Будет создан новый блок малошумящего измерения магнитного поля в отклоняющей системе масс-спектрометра, скорректирована работа программной части с сведением ПИ-регуляции магнитного поля, разработан блок питания и управления индукционного нагрева титановых геттеров

масс-спектрометра и блоки индукционного нагрева, создан и апробирован модуль измерения и счёта импульсов с вторичного электронного умножителя масс-спектрометра. Работа выполняется в сотрудничестве и в интересах фундаментальных научных исследований ГИ КНЦ РАН и ИГЕМ РАН.

4. Будет выполнен анализ источников подмагничивания: геоиндуцированные токи, пусковые токи при включении трансформаторов, блуждающие токи от тяговых сетей постоянного тока. Будут разработаны аналитические и компьютерные модели подмагничивания постоянным током и феррорезонансных процессов в силовых и измерительных трансформаторах с нелинейной веберамперной характеристикой. Будут выявлены маркеры искажений показателей качества электроэнергии в высоковольтной сети горнодобывающих предприятий Арктического региона России на примере Кольской энергосистемы. Будет выполнен анализ феррорезонансных процессов в сетях среднего напряжения Кировского филиала АО «Апатит» и высокого напряжения МЭС Северо-Запада ФСК ЕЭС, проведено исследование влияния подмагничивания постоянным током на развитие феррорезонансных процессов в сетях с заземленной нейтралью.

5. Будут выполнены экспериментальные исследования электрических параметров грунтов, характерных для Арктической зоны России, по результатам которых усовершенствованы измерительные устройства и методики полевых измерений электрических параметров плохопроводящих грунтов с учетом их неоднородностей в частотном диапазоне токов молний.

Будут исследованы импульсные электрические характеристики конструкционных материалов, используемых в качестве естественных заземлителей.

Будут разработаны совмещенные с картами молниевой активности цифровые модели воздушных линий электропередачи, которые в реальном времени помогут выявлять опасные с точки зрения молниезащиты участки воздушных линий региона, что позволит оперативно ликвидировать технологические нарушения, вызванные атмосферными перенапряжениями.

Бюджет: Р 130.32 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122022200454-0

РАЗРАБОТКА ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2035 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования

параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы

Бюджет: Р 4.8 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НЕВСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

Заказчик: КОМИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАКАЗА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122022600028-9

РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2020 ГОД И ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы

Бюджет: Р 8 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НЕВСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

Заказчик: ОБЛАСТНОЕ КАЗЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «УПРАВЛЕНИЕ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ГОСЗАКАЗА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122041300055-9

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ ДО 2030 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Бюджет: Р 3.5 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПОБЕДА»

Заказчик: ФОНД РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122041300117-4

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ ЦЕЛЕВОГО ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2031 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Бюджет: Р 5 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122051800025-6

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРЕЗЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕНЫ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ С УЧЕТОМ МЕЖТОПЛИВНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С ОЦЕНКОЙ ДО 2030 ГОДА

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы.

Бюджет: Р 8.5 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122062800059-7

Комплексный анализ и оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам программ развития газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации на период 2021–2025 годы с учетом перспектив развития газификации до 2035 года

В процессе работы по этапу 1 выполнены укрупненная оценка сокращения уровня выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газификации, введенным в эксплуатацию в 2020 году в соответствии с Планами-графиками синхронизации выполнения программ газификации регионов Российской Федерации на 2020 год, анализ требований нормативной документации федерального и ведомственного уровня, регламентирующих выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ на промышленных предприятиях, экологические показатели в городах и населенных пунктах, анализ показателей состояния окружающей среды в регионах Российской Федерации, планируемых к газификации, анализ информации о ретроспективном и текущем уровнях выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, в том числе на основе опросных листов, разработанных и направленных крупным потребителям, планируемым к газификации, разработаны методические рекомендации по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации, проведен расчет сокращения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газификации на основе данных топливно-энергетического баланса разработанных/откорректированных Генеральных схем газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации, выполнена апробация методических рекомендаций на нескольких субъектах Российской Федерации; по этапу 2 выполнены анализ существующих экологических проблем регионов с обоснованием приоритетных мероприятий по улучшению экологических показателей при переводе промышленных предприятий и других потребителей на природный газ в качестве топлива, технико-экономическая оценка мероприятий по снижению выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в регионах Российской Федерации, планируемых к газификации, разработаны рекомендации по первоочередным мероприятиям по улучшению экологических показателей регионов при газификации, предложения по созданию системы мониторинга и прогнозирования экологических показателей региона с учетом динамики перевода потребителей на природный газ. Результатами работ являются: по этапу 1: Отчет о НИР «Методические рекомендации по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации», по этапу 2: Отчет о НИР «Комплексный анализ потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам программ развития газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации на период 2021–2025 годы с учетом

перспектив развития газификации до 2035 года». Результаты работы предназначены для использования Департаментом ПАО «Газпром», отвечающим за реализацию единой корпоративной политики ПАО «Газпром» в области перспективного развития.

Бюджет: Р 0

Исполнитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ ПРОМГАЗ»

Заказчик: ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122100600056-7

Научно-исследовательская работа по теме «Разработка фактического и прогнозного топливно-энергетического баланса Томской области»

Работа выполняется в соответствии с Приказом Минэнерго России от 29.10.2021 № 1169 «Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований». Основными целями разработки фактического и прогнозного топливно-энергетического баланса Томской области являются: - исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы; - определение перспектив сбалансированного развития газотранспортной и газораспределительной систем Томской области для обеспечения прогнозной потребности субъекта Российской Федерации в природном газе на период до 2035 года и формировании на её основе экономически и технически обоснованной региональной программы развития газификации до 2030 года; - анализ и прогнозирование развития топливно-энергетических комплексов с помощью экономико-математического моделирования и применения программно-вычислительных средств, позволяющих оперативно варьировать и рассчитывать процессы и различные параметры энергетического производства; - анализ и прогноз индикаторов повышения энергоэффективности, факторов и причин их изменения; - анализ динамики, факторов и причин изменения потребления энергии ВРП и энергоемкости ВРП, включая использование методов декомпозиции. Результатом работы является отчетный топливно-энергетический баланс Томской области на 2021 год и прогнозный топливно-энергетический баланс Томской области на период до 2035 года.

Бюджет: Р 1 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПРОЕКТБАЛТЭНЕРГО»

Заказчик: ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122110800080-9

РАЗРАБОТКА ФАКТИЧЕСКОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2021 ГОД

Исследование взаимосвязей разных систем энергоснабжения и энергопотребления, меры их взаимной дополняемости и заменяемости, повышение надежности прогнозирования параметров энергопотребления в отраслях и секторах экономики с учетом наличия конкуренции различных секторов экономики за энергетические ресурсы

Бюджет: Р 0.55 млн

Исполнитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ГИПРОГРАД»

Заказчик: КОМИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАКАЗА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.2 Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов

НИОКТР № 122121500007-5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ, ВКЛЮЧАЯ КЛЮЧЕВЫЕ ОТРАСЛИ

Исследование направлено на решение одной из задач фундаментальной научной проблемы реализации мировой и национальной климатической повестки и политики низкоуглеродного развития при формировании стратегических направлений развития энергетики России. Перед Россией стоят непростые задачи, требующие кардинального изменения не только структуры топливно-энергетического баланса, но и производственной структуры экономики страны в целом. В России, как и в других странах, имеются свои специфические особенности «энергетического» перехода, связанные с существующим состоянием экономики и энергетики страны и её регионов. Важную роль в энергоснабжении страны и поставках энергетических ресурсов на внутренний и мировой рынки играют её азиатские регионы: Сибирь и Дальний Восток. В условиях активно разрабатываемых сценариев декарбонизации экономики и энергетики России и мира необходимо учитывать региональные особенности азиатских регионов вследствие сложившейся ситуации с преобладанием угля в топливно-энергетическом балансе и огромных площадей лесов и других земельных угодий, участвующих в поглощении парниковых газов. Неотъемлемыми являются задачи актуализации имеющихся и разработки новых подходов к анализу возможностей обеспечения надежного топливно- и энергоснабжения потребителей в азиатских регионах Российской Федерации. Целью НИР является анализ региональных особенностей, влияющих на развитие энергетики Азиатской России, и разработка концептуальной системы моделей оптимизации развития энергетики этих регионов с учетом экономических, технологических, экологических и политических факторов. Качественная и количественная характеристика

указанных особенностей азиатских регионов позволит наиболее полно выявить ограничения («узкие» места) энергетического перехода России к безуглеродной энергетике. Исследование ориентировано на развитие методологии и модельных средств исследования проблем обеспечения надежности топливо- и энергоснабжения потребителей в рамках общей задачи обеспечения учета особенностей региональных энергетических систем Российской Федерации в методике разработки сценариев декарбонизации мировой и российской экономики, включая ключевые отрасли.

Бюджет: Р 5 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пункт Прогноза НТР для отраслей ТЭК России: 6.3 Цифровые технологии для прогнозирования спроса на топливо и энергию на долгосрочную перспективу по стране и регионам с учетом изменений в экономике страны

НИОКТР № 122032400047-1

ВЫПОЛНЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ «СХЕМА И ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ 2023–2027»

Целью НИР является разработка предложений по развитию сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, обеспечению удовлетворения долгосрочного и среднесрочного спроса на электрическую энергию и мощность, формирование стабильных и благоприятных условий для привлечения инвестиций в строительство объектов электроэнергетики. В ходе выполнения НИР планируются следующие результаты: 1) разработка и верификация расчетных моделей энергосистемы Пермского края; 2) разработка перечня мероприятий по вводу электросетевых объектов на 2022–2027 гг., рекомендованных к реализации с обоснованиями; 3) разработка мероприятий инновационного развития и внедрения цифровых технологий в электросетевом комплексе; 4) разработка предложений по модернизации энергетических районов Пермского края в соответствии с концептом «Энерджинет» НТИ РФ; 5) разработка цифровых моделей миниЭЭС с генерирующими установками различной мощности; 6) разработка методов и методик исследования режимов функционирования миниЭЭС с генерирующими установками различной мощности; 7) разработка методик изменения технологического состава и характера объектов генерации электрической энергии, изменении соотношения типов генерации в энергетических балансах.

Бюджет: Р 3.54 млн

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

Заказчик: МИНИСТЕРСТВО ТАРИФНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Приложение. Перечень приоритетных технологических направлений Прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года

№ п/п	Приоритетные технологии
1.1	Интеллектуальные технологии комплексной разведки месторождений углеводородов и обработки геофизической и геологической информации, создание цифровых двойников залежей
1.2	Технологии добычи трудно извлекаемых и нетрадиционных запасов углеводородов, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей
1.3	Технологии бурения и строительства скважин сложного профиля, интеллектуальные технологии управления бурением, сбора скважинной геофизической информации и ее обработки
1.4	Интеллектуальные технологии управления процессами добычи и транспорта углеводородов в реальном времени, создание цифровых двойников объектов нефте- и газодобычи и транспорта углеводородов
1.5	Технологии увеличения нефтеотдачи пластов, в том числе тепловые, химические и др., интеллектуальные технологии управления процессами интенсификации нефтеотдачи пластов
1.6	Технологии ГРП, производство специализированного оборудования и материалов для ГРП
1.7	Технологии углубления нефтепереработки с производством высококачественных и экологичных моторных топлив и масел
1.8	Технологии глубокой переработки углеводородного сырья с производством востребованных крупно-, средне- и малотоннажных полимерных продуктов с конкурентной стоимостью
1.9	Технологии получения катализаторов для нефте- и газоперерабатывающих производств, нефте- и газохимии
1.10	Технологии переработки тяжелого нефтяного сырья и гудронов с производством моторных топлив и других продуктов
1.11	Технологии рециклинга полимерных отходов
2.1	Эффективные газоперекачивающие агрегаты
2.2	Технологии производства СПГ, в том числе малотоннажного
2.3	Технологии морской и наземной транспортировки СПГ
2.4	Новые высокопрочные материалы для повышения рабочего давления в трубопроводах большого диаметра с целью увеличения пропускной способности труб
2.5	Новые типы внутренних гладкостных покрытий для снижения гидравлического сопротивления труб и сокращения энергетических затрат на передачу газа
2.6	Новые типы наружных антикоррозионных покрытий для снижения коррозионной опасности трубопроводов, повышения срока их службы и сокращения затрат на ремонт
2.7	Интеллектуальные технологии мониторинга и диагностики газопроводов
2.8	Цифровые интерфейсы рыночного взаимодействия поставщиков и потребителей энергии
3.1	Роботизированные технологии добычи угля без постоянного присутствия людей в рабочем пространстве
3.2	Интеллектуальные технологии обеспечения безопасного ведения горных работ
3.3	Технологии дегазации угольных пластов и утилизации шахтного метана
3.4	Технологии обогащения и глубокой переработки углей и других твердых топлив в продукты топливного и нетопливного назначения с высокой добавленной стоимостью
3.5	Интеллектуальные технологии управления процессами добычи угля в реальном времени, цифровые образы объектов угледобычи
3.6	Технологии газификации угля и углесодержащих материалов. Технологии производства водорода из угля
3.7	Технологии по вовлечению продуктов сжигания твердого топлива, золошлаков ТЭС в хозяйственный оборот, в том числе в строительство и дорожную сферу
4.1	Конкурентоспособные ГТУ большой, средней и малой мощности и ПГУ на их основе, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа
4.2	Технологии экологически чистого использования твердого топлива с высокой эффективностью, в том числе с минимальными выбросами углекислого газа
4.3	Технологии электрогенерации на основе солнечной энергии
4.4	Технологии электрогенерации на основе энергии ветра
4.5	Технологии для повышения эффективности гидроэнергетики
4.6	Технологии для освоения геотермальных ресурсов, в том числе глубоко залегающих горячих горных пород.

№ п/п	Приоритетные технологии
4.7	Технологии распределенной генерации на основе ВИЭ, органических топлив, водорода и интеллектуальные системы управления ими
4.8	Интеллектуальные технологии управления электроэнергетическими и теплоснабжающими системами, включая передачу электрической энергии, управление спросом на электрическую и тепловую энергию и мощность, цифровые двойники объектов электроэнергетики, цифровые информационные модели электроэнергетических систем
4.9	Технологии аккумулирования электроэнергии, электрохимические аккумуляторы большой емкости и мощности и системы управления ими
4.10	Технологии скоростной зарядки электромобилей, использования электромобилей в качестве пиковых источников электрической мощности и системы интеллектуального управления ими
4.11	Технологии транспорта, использования и надежного захоронения углекислого газа
4.12	Конкурентоспособное электротехническое оборудование высокого и сверхвысокого напряжения и интеллектуальные системы управления им
4.13	Средства силовой электроники для энергетических технологий и систем
5.1	Технологии производства водорода из природного газа и других органических топлив, включая каталитический риформинг, парциальное окисление, пиролиз.
5.2	Технологии производства водорода на основе электрической энергии (электролиз).
5.3	Технологии очистки водорода и выделения его из газовых смесей.
5.4	Технологии безопасного и эффективного хранения водорода в газообразном и жидком виде.
5.5	Технологии транспорта и распределения водорода (газообразного и сжиженного), включая водородные заправочные станции.
5.6	Топливные элементы: низкотемпературные на основе протон- обменных мембран, высокотемпературные на основе твердо- оксидных керамик и др.
5.7	Технологии мониторинга и диагностики водородного оборудования и обеспечения безопасности его эксплуатации.
6.1	Межотраслевая цифровая платформа для управления технологическим развитием отраслей ТЭК (при Минэнерго России)
6.2	Цифровые технологии для разработки отчетных и прогнозных ТЭБ по стране и регионам, в том числе в целях контроля энергоэффективности и выбросов парниковых газов.
6.3	Цифровые технологии для прогнозирования спроса на топливо и энергию на долгосрочную перспективу по стране и регионам с учетом изменений в экономике страны.
6.4	Модельно-информационные средства для обоснования приоритетных направлений научно-технологического развития отраслей ТЭК страны для различных внешних условий.

Все материалы, представленные в настоящем документе, носят исключительно информационный характер 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.

📍 **129085, г. Москва, Проспект Мира д. 105, стр. 1**
(станции метро ВДНХ, Алексеевская)

☎ +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>

