

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук на 2019-2021 годы	Одобрено Ученым советом ИВТЭ УрО РАН (протокол № 5 от 25.04.19)
--	--

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИВТЭ УрО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	620137, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д.20
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	«Генерация знаний», «Разработка технологий»
2.2.	Категория организации	Первая категория по обоим профилям

2.3.	Основные научные направления деятельности	<ul style="list-style-type: none"> - синтез, структура, физико-химические свойства электролитов, ионно-электронных проводников, электродных и коммутирующих материалов, а также материалов медицинского назначения; - строение и свойства межфазных границ электролитов с металлами, неметаллическими материалами и газами; - термодинамика и кинетика электрохимических процессов, коррозия, зарождение и рост фаз; - электрохимические способы преобразования энергии; материалы, процессы и устройства для электрохимической энергетики, в том числе; основы технологий и конструирования электрохимических устройств с расплавленными и твердыми электролитами; - ресурсосберегающие и экологически безопасные электрохимические технологии получения металлов, сплавов и химических соединений, а также переработки природного и техногенного сырья, включая ядерные материалы.
------	---	---

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

2.1. Цель Программы развития

Поддержание лидирующих позиций института в России и мире в создании научных основ инновационных энерго- и ресурсосберегающих экологически чистых высокотемпературных процессов, материалов и высокотехнологичных электрохимических устройств генерации и хранения электроэнергии для сохранения природных ресурсов и здоровья человека на базе генерации новых фундаментальных знаний и подготовки кадров высшей квалификации в области физической химии и электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов.

Соответствие целей программы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642)

- а) переход к передовым интеллектуальным производственным технологиям, новым материалам и способам конструирования;
- б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике;
- в) переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения;
- д) противодействие техногенным угрозам;
- е) освоение и использование космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.

Реализация программы полностью соответствует поиску решений для больших вызовов, сформулированных в Стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642):

а) исчерпание возможностей экономического роста России, основанного на экстенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов, на фоне формирования цифровой экономики и появления ограниченной группы стран-лидеров, обладающих новыми производственными технологиями

и ориентированных на использование возобновляемых ресурсов;

б) демографический переход, обусловленный увеличением продолжительности жизни людей, изменением их образа жизни, и связанное с этим старение населения, что в совокупности приводит к новым социальным и медицинским проблемам, в том числе к росту угроз глобальных пандемий, увеличению риска появления новых и возврата исчезнувших инфекций;

в) возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан;

д) качественное изменение характера глобальных и локальных энергетических систем, рост значимости энерговооруженности экономики и наращивание объема выработки и сохранения энергии, ее передачи и использования;

ж) необходимость эффективного освоения и использования пространства, в том числе путем преодоления диспропорций в социально-экономическом развитии территории страны, а также укрепление позиций России в области экономического, научного и военного освоения космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.

2.2. Задачи Программы развития

Задачи в соответствии с федеральными проектами, входящими в Национальный проект “Наука”.

- Развитие научной и научно-производственной кооперации:

Участие Института в инициативах о создании научных и научно-образовательных центров мирового уровня в кооперации с ведущими научными организациями и организациями, работающими в реальном секторе экономики.

Реализация ориентированных научных проектов в рамках инициатив РФФИ, РНФ, ФЦП, НТИ, участие в реализации проектного направления ”ПРОРЫВ” ГК “Росатом”, а также в Центре компетенций “Новые и мобильные источники энергии” в рамках НТИ ЭнерджиНет, в том числе пилотных проектов “ТОПАЗ”, финансируемых РВК и в проекте Комплексной научно-технологической программы “Распределенная энергетика”.

Сохранение доли привлеченных средств ежегодно, не менее 50 % от средств государственного задания.

Поддержание числа подаваемых заявок на РИД на уровне 10 единиц ежегодно и коммерциализация научных разработок Института, посредством заключения лицензионных договоров, создание и передача РИД заказчику в рамках выполнения договоров с потенциальными индустриальными партнерами.

Развитие международного сотрудничества.

- Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации:

обновление научного оборудования Института - расходование не менее 25 % привлеченных средств на обновление приборной базы; проведение ремонтов в помещениях - расходование не менее 7 млн. руб. ежегодно на проведение капитальных и текущих ремонтов.

Реконструкция и ввод в эксплуатацию зданий литеры «Ч» и «W» (г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 20).

- Развитие кадрового потенциала в сфере образования, исследований и разработок:

поддержание доли сотрудников, осуществляющих преподавательскую деятельность на уровне не менее 20%; привлечение студентов Вузов для прохождения практики, не менее 25 чел, ежегодно;

стимулирование защиты в срок диссертационных работ аспирантов;
 развитие инструментов стимулирования деятельности научных сотрудников;
 создание условий для творческой научной реализации молодежи в новых лабораториях, что создаст механизм достижения и сохранения среднего возраста исследователя до 39 лет.

РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА (*Название научно-исследовательской программы*)

3.1. Ключевые слова

Электрохимия, физическая химия, расплавы, твердые электролиты, функциональные материалы, металлы, композиты, топливные элементы, химические источники тока, сенсоры, электролиз, отработавшее ядерное топливо

3.2. Аннотация научно-исследовательской программы

Основной целью программы является получение новых знаний в области высокотемпературной физической химии и электрохимии, направленных на обоснование и создание новых безопасных для человека и природной среды высокотехнологичных процессов, материалов и преобразователей энергии, обеспечивающих приоритет и технологическую независимость России.

3.3. Цель и задачи научно-исследовательской программы

а. Расширение и модернизация экспериментальных и теоретических подходов к явлениям и процессам высокотемпературной физической химии и электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов:

- комплексное исследование свойств расплавленных солей, твердых электролитов и ионных жидкостей как рабочих сред инновационных энерго- и ресурсосберегающих технологий;
- развитие теории и экспериментальное изучение термодинамики и кинетики электродных процессов, включая явления электрокристаллизации, зарождения и роста фаз, электро- и массопереноса на границе с расплавленными и твердыми электролитами, в том числе кинетики межфазного обмена газовой фазы с твердооксидными системами;
- развитие теории и экспериментальное исследование дефектообразования в твердооксидных материалах с кислород-ионной и протонной проводимостью, включая термодинамику и кинетику растворения изотопов водорода в протон-проводящих электролитах;
- разработка макрокинетических моделей функционирования электрохимических устройств с расплавленными и твердыми электролитами;
- экспериментальное и теоретическое исследование механизма преобразования энергии power-to-liquid и power-to-gas с помощью электрохимических устройств на основе твердых и расплавленных электролитов.

б. Разработка инновационных высокотемпературных методов электрохимического получения и физико-химической диагностики новых материалов различного функционального назначения, в том числе эксплуатирующийся в жестких условиях агрессивных сред, излучений, высоких механических и тепловых нагрузок:

- научные основы новых технологий получения электроотрицательных металлов и их сплавов;

- основы технологии высокотемпературной гальванопластики для создания материалов, в т.ч. для космических систем нового поколения;
- методы синтеза новых наноматериалов, включая оксиды переходных металлов, бориды щелочных и редкоземельных металлов, ультра- и нано-пористых металлов и 2D-материалов (графен, силицен), а также композитов на их основе;
- новые способы получения кремния для солнечной энергетики и наноструктур на его основе;
- технологии получения порошковых материалов и композитных покрытий на основе тугоплавких и благородных металлов.
- дизайн и технологии создания инновационных электродных и конструкционных материалов для электрохимических устройств нового поколения для генерации и хранения электроэнергии.

в. *Создание научных основ ресурсосберегающих, экологически безопасных электрохимических технологий переработки неорганического сырья, включая регенерацию материалов ядерной энергетики:*

- разработка пироэлектрохимических способов переработки минерального и техногенного сырья, включая отработавшее ядерное топливо;
- создание физико-химических основ жидкосольевых ядерных реакторов нового поколения;
- низкотемпературный способ получения алюминия электролизом новых криолит-глиноземных расплавов с нерасходуемыми анодами.

г. *Решение материаловедческих и конструкционных проблем электрохимических преобразователей энергии с расплавленными солями, твердыми электролитами и ионными жидкостями:*

- разработка твердооксидных и протонно-керамических топливных элементов и электролизеров, а также исследование электролитных, мембранных, электродных материалов с кислород-ионной и протонной проводимостью, коммутирующих материалов, электрокатализаторов и герметиков для них;
- создание электрохимических источников тока с расплавленными электролитами и полностью твердофазных среднетемпературных источников тока для различного применения;
- создание высокоэффективных электрохимических энергоустановок регенерации углекислого газа;
- синтез новых алюминий-графеновых композитных материалов для алюминий-ионного аккумулятора;
- разработка электрохимических устройств для утилизации электроэнергии по принципу power-to-liquid и power-to-gas.

д. *Разработка биосовместимых материалов и устройств медико-биологической диагностики и реабилитации здоровья человека*

- разработка новых физических методов диагностики здоровья человека;
- разработка научных основ получения биосовместимой резорбируемой и нерезорбируемой керамики для аугментации костной ткани и стоматологических приложений;
- новые технологии получения металлов, сплавов, композитов с улучшенными свойствами, в т.ч. биосовместимые.

3.4. Уровень научных исследований по теме научно-исследовательской программы в мире и Российской Федерации

ИВТЭ УрО РАН является лидером в области научного знания, связанного с высокотемпературной электрохимией. Это единственный научный центр, где комплексно проводятся исследования расплавленных солевых сред и твердых электролитов, а также электрохимических процессов с их участием.

Исследования сотрудников института всегда имеют глубокую фундаментальную основу и направлены на решение крупных проблем, стоящих перед промышленностью, — это и реализация атомного проекта, и разработки для космической отрасли, разработки в рамках НТИ ЭнерджиНет, зеленой энергетики, экологии, медицины.

Сегодня ИВТЭ УрО РАН — один из лидеров в области пирохимической переработки отработавшего ядерного топлива не только в России, но и в мире. Созданием этого процесса институт занимается в рамках проекта ГК Росатом «Прорыв», который предусматривает создание энергетических технологий нового поколения на базе замкнутого ядерного топливного цикла и реакторов на быстрых нейтронах. Специалисты ИВТЭ занимаются экспериментальным обоснованием основных технологических операций пироэлектрохимической переработки отработавшего ядерного топлива. Реализация проекта «Прорыв» будет способствовать расширению топливной базы ядерной энергетики и снижению объемов радиоактивных отходов. Для задачи, к решению которой подошли в ИВТЭ УрО РАН, в мире потребовалась кооперация ведущих коллективов из США, Японии и Ю.Кореи. Реализация государственного проекта Прорыв будет способствовать расширению рынков трансфера высоких технологий, разработанных в Российской Федерации, аналогов которых на сегодняшний день в мире не существует.

ИВТЭ успешно сотрудничает с ОК РУСАЛ. Разработанная специалистами ИВТЭ технология получения сплавов алюминия со скандием и алюминия с бором позволяет организовать одностадийный непрерывный процесс без замены электролита и усовершенствовать структуру сплавов. Такие экономно-легированные сплавы — уникальный продукт, их не производят нигде в мире. В институте работают над созданием композитных металлических материалов на основе алюминия или магния, содержащих графен. Композит алюминий-графен, обладающий уникальными свойствами, можно использовать в качестве конструкционного и электротехнического материала. В настоящий момент исследуется возможность его применения для создания алюминий-ионных источников тока.

Интенсивно развивается и традиционно сильное направление — создание электрохимических генераторов на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ), достоинства которых — высокий КПД и энергоемкость, простота и надежность конструкции, отсутствие вредных выбросов, а также возможность использования практически любого топлива. Уральские электрохимики сотрудничают с компанией Росатома «ТВЭЛ», заводом электрохимических преобразователей и компанией «УралИнтех», а испытания проводят на площадке ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург». Разработанная в ИВТЭ технология позволяет делать энергоустановки разной мощности — от 200 Вт до 5 кВт. По техническому заданию Газпрома ученые создают электрохимические генераторы нового дизайна, предназначенные для электропитания станций катодной защиты магистральных газопроводов, в частности газопровода «Сила Сибири». Существующая тенденция исследований и разработок по дизайну устройств на основе ТОТЭ в мире в последние годы направлена на создание автономных энергоустановок малой мощности на основе ТОТЭ трубчатой или микротрубчатой конструкции ТОТЭ с использованием несущего анода или инертного материала и тонкослойного электролита. Компании США, осуществляющие производство таких энергоустановок: Acumentrics, Protonex, Ultra Electronics AMI. Мировой опыт показывает, что решение вопросов по созданию ЭХГ на основе ТОТЭ возможно при кооперации научных организаций, производственных предприятий и образовательных учреждений. В рамках проекта SOFC-Life 7-ой рамочной программы Европейского Союза ИВТЭ УрО РАН участвовал в одном из таких международных консорциумов, в котором были задействованы более десяти европейских научных организаций и ведущих исследовательских центров. Возможность организации конкурентоспособного отечественного производства эффективных и надежных электрохимических устройств напрямую зависит от наличия функциональных материалов с требуемыми свойствами: твердых электролитов с протонной и/или кислород-ионной проводимостью, материалов со смешанной электронно-ионной проводимостью для электродов и ион-селективных мембран, функциональных материалов для герметизации и электрической коммутации. Для решения материаловедческих задач проводятся фундаментальные научные исследования, включающие поиск новых оксидных и композитных материалов, выявление фундаментальных закономерностей влияния их состава и структуры, а также внешних условий, на ключевые физико-химические свойства с использованием современных экспериментальных и теоретических методов и подходов.

Сегодня Институт является ключевым участником проекта по созданию протонно-керамических топливных элементов в рамках проекта НТИ.

Совместно с Уральским федеральным университетом готовится программа Союзного государства «Зеленая энергетика», направленная на создание новейших электрохимических генераторов.

Новые технологические решения найдены в области высокотемпературной гальванопластики для изготовления изделий из тугоплавких металлов — молибдена, вольфрама, рения, иридия. Эти изделия, обладающие высокими эксплуатационными свойствами в критических условиях высоких температур, заняли достойное место в новейших космических аппаратах, создаваемых в рамках проекта Роскосмоса «Зеленое топливо». Разработанные научной школой ак. А.Н.Барабошкина фундаментальные основы процессов высокотемпературной гальванопластики, применяемые позднее в том числе такими организациями как NASA (PL-process, Hansville), Институт оборонных технологий КНР, проходят сегодня новый виток развития.

Созданная в ИВТЭ принципиально новая электрохимическая технология получения наноразмерных металлических порошков может использоваться для производства практически всех металлов, в том числе ниобия и тантала. Еще одна инновационная разработка — новые электродные материалы на основе кремния, благодаря которым можно кардинально улучшить характеристики литий-ионного аккумулятора.

В сотрудничестве с УГМК и другими предприятиями цветной металлургии ученые института разработали технологию и электролизер для рафинирования черного свинца, позволяющие не только повысить степень чистоты получаемого металлического свинца, но и оптимально утилизировать свинецсодержащие техногенные образования и отходы.

Разрабатываемые в институте тепловые химические источники тока имеют характеристики существенно выше аналогичных показателей для батарей фирмы «Eagle Picher» (США), являющейся монополистом в НАТО. В РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров) по разработанной в ИВТЭ технологии организуется производство литий-борного композита — уникального анодного материала для мощных тепловых химических источников тока.

Направление медицинского материаловедения развивается в соответствии с мировыми трендами. На современном этапе развития клинической и фундаментальной медицины, в том числе генной инженерии, керамические материалы и композиционные комплексы находят широкое применение в имплантологии, стоматологии, в качестве матриц для доставки лекарственных препаратов и пр. Для развития этих направлений и повышения персонализации медицинской помощи населению и внедрение современных технологий проводится комплексное изучение физико-химических, механических, биомедицинских свойств керамических материалов, что обуславливает междисциплинарный характер исследования.

Компетенции ИВТЭ уже проявились в решении вопросов низкотемпературных процессов получения алюминия и сплавов на его основе. Известные лаборатории и университеты, занимающиеся изучением расплавленных сред – Норвежский технологический университет в кооперации с Институтом неорганической химии (Словакия), несколько научных центров Китая, национальные лаборатории США, в том числе Аргоннская национальная лаборатория (АНЛ). АНЛ - ведущий научно-исследовательский центр Министерства энергетики США по вопросам создания новых энергоэффективных технологий получения алюминия, ядерного топливного цикла, проблемам загрязнения окружающей среды. ИВТЭ и АНЛ заключили Договор (от 23.02.2011 г.) о сотрудничестве в области высокотемпературной физической химии и электрохимии.

Среди иностранных организаций-партнёров ИВТЭ УрО РАН можно выделить LG Electronics Inc, неоднократно выступающую в качестве заказчика НИР и НИОКР выполняемых Институтом. Институт имеет устоявшиеся научные связи с ведущими международными университетами и исследовательскими центрами: Ариельский университетский центр (Израиль); Университет химической технологии и металлургии (София, Болгария); Аргонская национальная лаборатория (США); Корейский институт атомной энергии (Южная Корея); Даляньский морской университет (Китай); Пекинский технологический университет (Китай); Университет Фессалии (Греция). В текущий момент идет активная работа с Университетом Бирмингема (Великобритания), Университетом Твенте (Нидерланды) и Исследовательским центром Юлиха (Германия) в области

разработки протонно-керамических топливных элементов.

3.5. Основные ожидаемые результаты по итогам реализации научно-исследовательской программы и возможность их практического использования (публикации, патенты, новые технологии)

а. Расширение и модернизация экспериментальных и теоретических подходов к явлениям и процессам высокотемпературной физической химии и электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов:

Для решения рассмотренных в этом блоке фундаментальных научных задач будет использован наиболее продуктивный комплексный подход, основанный на всесторонней физико-химической и электрохимической диагностике расплавленных солевых и твердых электролитов и выявлении концентрационных и температурных (300-1400 К) зависимостей их структурных, объемных, электротранспортных, термоэлектрических, теплофизических, электрохимических, каталитических, адсорбционных и оптических свойств при изменении химического состава, природы допирующих агентов, газовой атмосферы. Будут изучены термодинамика и кинетика окислительно-восстановительных реакций, условия сосуществования ионов разных степеней окисления поливалентных металлов, ионной, протонной и электронной проводимостей, явления самоорганизации, кластерообразования (комплексобразования) и их влияние на перенос массы, заряда, импульса, энергии (тепла), фазообразование, протекание химических и электрохимических процессов в расплавленных солях и твердых электролитах при высоких температурах. Теоретические исследования этих конденсированных веществ будут основаны на разработанных в Институте оригинальных моделях солевых расплавов и твердых оксидных электролитов с использованием современного математического аппарата статистической механики, квантовой химии, молекулярно-кинетической теории, расчетов методами Монте-Карло и молекулярной динамики.

б. Разработка инновационных высокотемпературных методов электрохимического получения и физико-химической диагностики новых материалов различного функционального назначения, в том числе эксплуатирующийся в жестких условиях агрессивных сред, излучений, высоких механических и тепловых нагрузок:

Для решения поставленных в этом блоке научно-технических задач будут использованы разработанные в ИВТЭ УрО РАН методы и подходы, заключающиеся в варьировании химического состава расплавленных солевых электролитов и электродных материалов, использовании различных режимов электрохимических процессов, позволяющих выбрать оптимальные условия получения материалов (металлов, сплавов, графена, силицена в виде порошков, композитов, пленок, изделий) с заданными уникальными физико-химическими, электрическими, теплофизическими и механическими характеристиками и улучшенными эксплуатационными свойствами. Свойства материалов будут определены методами рентгеноструктурного, термического, гранулометрического, импедансометрического анализа, сканирующей электронной микроскопии, колебательной спектроскопии и др. с использованием современной приборной базы.

в. Создание научных основ ресурсосберегающих, экологически безопасных электрохимических технологий переработки неорганического сырья, включая регенерацию материалов ядерной энергетики:

Для комплексного решения поставленных в этом блоке научно-практических задач будут реализованы оригинальные способы синтеза солевых электролитов, свободных от примесей воды и кислорода, разработаны основы пирохимического способа переработки отработавшего ядерного топлива с определением коэффициентов разделения близких по своим свойствам актинидов и лантанидов (для разработки способа

регенерации и рефабрикации ядерных материалов); исследование топливных композиций для жидкосолевого реактора нового поколения, будет проведен цикл работ по изучению процесса получения алюминия в низкотемпературных фторидных электролитах с использованием крупнолабораторного электролизера с различными видами нерасходуемых анодов, обеспечивающими прямое электролитическое разложение растворов глинозема во фторидном расплаве на алюминий и кислород.

г. *Решение материаловедческих и конструкционных проблем электрохимических преобразователей энергии с расплавленными солями, твердыми электролитами и ионными жидкостями:*

Для решения поставленных в этом блоке научно-технических задач будут использованы разработанные в Институте алгоритмы конструирования и создания батарей тепловых химических источников тока большой мощности с анодами на основе литийсодержащих композитов; будут разработаны научные основы инновационного алюминий-ионного аккумулятора; будут экспериментально проверены новые пути использования топливных элементов с расплавленным карбонатным электролитом в не имеющих аналогов установках специального назначения (космические и подводные корабли) для очистки воздуха от углекислого газа в замкнутых помещениях, требующие новых подходов к конструированию таких источников тока; разработка высокоэффективных твердооксидных и протонно-керамических электрохимических устройств нового поколения, обеспечивающих длительную стабильную работу, будет базироваться на поиске и создании новых материалов электролитов, электродов, коллекторов, интерконнекторов, герметиков, электрокатализаторов, технологий формирования материалов, на разработке конструкций электрохимических устройств (ТОТЭ, электролизеров, работающих на принципах power-to-liquid и power-to-gas, насосов, риформеров, сенсоров), на проведении ресурсных испытаний.

д. *Разработка биосовместимых материалов и устройств медико-биологической диагностики и реабилитации здоровья человека*

В рамках развития научного направления будет осуществлен синтез новых керамических и композиционных материалов и изучение возможности применения в медицинских целях: для аугментации костно-суставного элемента, для таргетной доставки остеотропной доставки, стоматологического применения и др.; будут разработаны основы новых комплексных принципов биоинтеграции пары «аугмент – костно-суставной интерфейс», основанных на тканеэквивалентом и биомиметическом подходах, в том числе на принципах остеоцитарного ремоделирования, с использованием физических и изотопных методов исследования интеграционной пары «керамический аугмент – костно-суставной интерфейс» с построением динамических моделей поведения методами многофакторной непараметрической статистики; выполнена разработка и утверждение дизайна доклинических исследований, изучение биосовместимости, проведение доклинического исследования вновь созданных керамических материалов на моделях лабораторных животных, а также дизайна пилотного испытания в виде ограниченной клинической апробации новых остеотропных керамических комплексов в аспекте замещения дефектов костно-суставного элемента при социально значимых болезнях опорно-двигательного аппарата, а также в стоматологических целях.

Информация о заинтересованных индустриальных партнерах и возможном практическом применении результатов исследований более подробно представлена в п.3.6.

3.6. Потребители (заказчики) результатов исследований научно-исследовательской программы (обязательно при наличии проектов, включающих проведение поисковых и прикладных научных исследований)

Большинство практических разработок и проектов ИВТЭ УрО РАН осуществляет при сотрудничестве с ведущими научными и производственными компаниями и исследовательскими центрами России, такими как: ОК «РУСАЛ», ОАО «ГАЗПРОМ», ТК «ТВЭЛ» (РОСАТОМ), ФГУП ОКБ «Факел» (РОСКОСМОС), ПАО «Композит» (РОСКОСМОС), «ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ», ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е. И. Забабахина», НИЦ «Курчатовский институт», ОАО «УЭХК», ОАО «ГНЦ НИИАР», ОАО «СвердНИИхиммаш», ОАО «Чепецкий механический завод», ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор», ОАО «Соликамский магниевый завод», ООО «УГМК», ОАО «Уралэлектромедь», ОАО «УралИНТЕХ», группа компаний Драгоценные металлы Урала.

На базе исследований Института создаются научные основы перспективных технологий: импортозамещающих сплавов и композитов на основе алюминия (ОК РУСАЛ), двигателей малой тяги (ГК РОСКОСМОС), мощных расплавно-солевых источников тока (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»), созданию станций катодной защиты магистральных газопроводов (совместно с ТК ТВЭЛ в интересах ОАО «ГАЗПРОМ»).

В настоящее время Институт является одним из ключевых партнеров группы компаний «ИнЭнерджи», которая реализует проект создания электрохимического генератора нового поколения «Топаз» на основе твердооксидных топливных элементов и является базовой организацией по разработке и созданию протонно-керамических топливных элементов. Совместно с Белорусской стороной Институт ведет подготовку программы Союзного государства «Зеленая энергетика», направленную на разработку и создание производства уникальных экологически чистых энергетических установок. Среди предприятий-потребителей разрабатываемой продукции можно назвать ГК «ИнЭнерджи», ЗАО «Вектор», ОАО «УЭХК».

Институт является базовой организацией в создании технологии пирохимической переработки отработавшего ядерного топлива в рамках проектного направления «Прорыв» ГК Росатом, направленного на создание до 2035 года замкнутого топливного цикла ядерных реакторов на быстрых нейтронах.

РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Институт уделяет большое внимание подготовке научных кадров. Прием и обучение в аспирантуре ИВТЭ УрО РАН ведутся по двум направлениям: 04.06.01 – химические науки и 18.06.01 – химическая технология. Ежегодно в аспирантуру поступают около 10 (6) человек. Институт имеет лицензию на осуществление образовательной деятельности (№ 1354 от 31.03.2015 г.) и свидетельство о государственной аккредитации (№ 1809 от 04.04.2016 г.). В силу специфики высокотемпературных экспериментов практически все аспиранты защищают кандидатские диссертации в течение двух лет после завершения обучения в аспирантуре. Аспиранты активно участвуют в проектах РФФИ, включая «Мой первый грант», РНФ и федеральных целевых программах. Участвуя в международных проектах и программах, аспиранты и молодые ученые выезжают на стажировки, школы конференции. Все аспиранты, поступившие в аспирантуру ИВТЭ УрО РАН, это выпускники УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, большинство из них (80%) начинают свою научную карьеру в ИВТЭ УрО РАН ещё обучаясь в университете. Ежегодно около 40 студентов приходят в институт для проведения учебно-исследовательских работ, прохождения производственной и преддипломной практик, выполнения бакалаврских и магистерских работ. На базе ИВТЭ УрО РАН и УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина создано 2 научно-образовательных центра по подготовке бакалавров и магистров: «Электрохимическая энергетика и функциональные материалы» и «Проблемы теоретической и экспериментальной химии твердого тела и электрохимии». В рамках координации ВУЗов и академических институтов в ИВТЭ организованы Учебно-научный центр кафедры неорганической химии и филиалы кафедр физической химии, технологии неорганических веществ и технологии электрохимических производств. Реализуется проект совместной лаборатории УрФУ и ИВТЭ УрО РАН – «Высокотемпературные устройства для распределительной электрохимической энергетике», научное руководство которой осуществляет профессор Панайотис Циакарас (Греция), который 20.05.2014 работает в ИВТЭ УрО РАН. Панайотис

Циакарас является научным руководителем лаборатории электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах, созданной в рамках Мегагранта Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования (Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 220 «О мерах по привлечению ведущих учёных в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования»), договор № 14.Z50.31.0001. П. Циакарас является соавтором более чем 220 научных работ, 30% из которых были опубликованы за последние пять лет. Согласно базе цитирования SCOPUS, его работы процитированы более 6500 раз, его индекс Хирша составляет 43.

Двадцать сотрудников института преподают в университетах г. Екатеринбурга. Планируется продолжить плодотворное взаимодействие с высшей школой в виде совместных кафедр и лабораторий, а также уделить внимание поиску талантливой молодежи. Планируется участие сотрудников Института в проекте «Малая академия» по популяризации науки в школах Екатеринбурга, публичных лекция для школьников, организация экскурсий для групп старшеклассников, привлечение талантливых школьников к выполнению исследовательских проектов.

На базе Института создан диссертационный совет Д 004.002.01 по защите диссертаций на соискание ученых степеней доктора химических наук, кандидата химических наук по специальностям: 02.00.04 Физическая химия; 02.00.05 Электрохимия; 05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии. Ежегодно сотрудники института успешно защищают до 4 кандидатских и 1 докторской диссертации.

Институт последовательно укрепляет взаимосвязи с Уральским федеральным университетом. Прорабатываются возможности создания НОЦ и НЦМУ.

РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ

5.1. Краткий анализ соответствия имеющейся научно-исследовательской инфраструктуры организации научно-исследовательской программе

Помещения

Институту Постановлением Главы города Екатеринбурга от 21.10.2004г. № 1283-в выделен земельный участок площадью 15 807 кв.м. на праве постоянного (бессрочного) пользования под существующие здания. На земельный участок оформлены Свидетельства на право собственности РФ от 04.04.2007г. № 66-66-01/031/2007-440 и Свидетельство на право постоянного (бессрочного) пользования от 08.11.2007 г. № 66-01/01-17/2005-105.

В соответствии с Распоряжением Территориального управления Федерального агентства по управлению государственным имуществом в Свердловской области №98-р от 06.03.2019 г. Институту предоставлен земельный участок площадью 3127 кв. м в постоянное (бессрочное пользование), свидетельство 66/001/2019-2 от 12.03.2019 г.

На балансе Института находятся четыре объекта недвижимости:

1. Административно-лабораторный корпус литер «А», двухэтажное строение с пристроями общей площадью 1439,7 кв.м. (1939 г. постройки, износ 40%).
2. Нежилые помещения в корпус литер «К», в 5-ти этажном здании общей площадью 2767,9 кв.м. (1963 г. постройки, износ 28%).
3. Нежилые помещения в корпус литер «Л», в 2-х этажном здании с пристроями общей площадью 1353,9 кв. м. (1954 г. постройки, износ 45 %).

4. Лабораторный корпус литер «М» общей площадью 1441,5 кв.м. (1963 г. постройки, износ 32 %).

ИВТЭ УрО РАН является базовым академическим Институтом, выполняющим научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для создания технологий по замыканию ядерного топливного цикла в рамках проекта «Прорыв», выполняемом в интересах ГК «Росатом».

Для успешного выполнения работ в этом направлении ИВТЭ УрО РАН необходимо расширение оборудованных специализированных площадей радиохимического блока.

В оперативном управлении ИВТЭ УрО РАН на балансе имеется «нежилое здание» кадастровый номер 66:41:0704045:1072, расположенное по адресу: г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 20, к которому пристроены «нежилое здание» кадастровый номер 66:41:0704045:178 и «нежилое помещение» кадастровый номер 66:41:0704045:10463 (общей площадью 1 251,7 кв.м.), находящиеся на балансе ИМАШ УрО РАН. В 2013 в объектах недвижимого имущества «нежилом здании» и «нежилом помещении» был начат капитальный ремонт ИМАШ УрО РАН. В 2014 ремонт был остановлен из-за отсутствия финансирования. Достигнута договоренность (согласие) о передаче «нежилого здания» кадастровый номер 66:41:0704045:178 и «нежилого помещения» кадастровый номер 66:41:0704045:10463 с баланса ИМАШ УрО РАН на баланс института. ИВТЭ УрО РАН планирует реконструкцию передаваемых объектов и приведение их в соответствие требованиям радиационной безопасности. Необходим капитальный ремонт, создание инфраструктуры. Оценочный объем необходимых финансовых вложений - 80 млн рублей.

Оборудование

Институт располагает парком научного оборудования для обеспечения фундаментальных исследований по основным направлениям научной деятельности. Имеющаяся аналитическая база составляет Центр коллективного пользования «Состав вещества». ЦКП «Состав вещества» осуществляет научно-методическое и приборное обеспечение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ, проводимых научными коллективами как ИВТЭ УрО РАН, так и организаций всего Уральского региона.

Износ научно-исследовательского оборудования составляет в среднем 60-70%.

Для перехода на новый уровень исследований требуются существенные финансовые вложения в исследовательское оборудование и приборы мирового класса.

Равноценно важными направлениями обновления приборной инфраструктуры являются обновление приборного парка лабораторий и ЦКП.

Список необходимого оборудования в научных подразделениях института (без указания приоритета):

Лаборатория твердооксидных топливных элементов

1. Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр (XPS)

Исследование элементного состава приповерхностных слоев оксидных, металлических и композитных материалов, а также электронных состояний элементов, входящих в состав пробы, в зависимости от температуры и состава газовой фазы благодаря наличию каталитической ячейки. Решение этих задач необходимо для выявления роли электронных состояний элементов в массо- и электропереносе электрохимических материалов, а также для изучения каталитических свойств поверхностей при описании электро-каталитических процессов, протекающих в электрохимических устройствах.

Лаборатория медицинского материаловедения и биокерамики

1. Микроскоп биологический Leica DM2500 для морфологических исследований по методу светлого поля в комплекте с цветной цифровой камерой и управляющей рабочей станцией для микроскопии.
2. Рентгеновский микротомограф SkyScan с функциями нагрева и охлаждения образца и механических испытаний имплантатов. SkyScan 1275 - рентгеновский микротомограф с мощным источником рентгеновского излучения. SkyScan предназначен для неразрушающей визуализации внутренней пространственной микроструктуры больших и плотных объектов с возможностью спирального сканирования.
3. Напольная испытательная машины AG-50kNX Plus. Прибор необходим для исследования механических свойств керамических материалов и созданных на их основе аугментов для функционального замещения дефектов костной ткани.
4. Дилатометр DIL 402 EXPEDIS CLASSIC. Дилатометр предназначен для измерения линейных размеров компактных, керамических образцов и образцов костной ткани, в том числе в зависимости от температуры и состава газовой фазы.
5. Ультранизкий морозильник Vestfrost Solutions VT078 Температура от -60°C до -86°C необходим для хранения биологических образцов до их исследования.
6. Иммуноферментный анализатор (шейкер-инкубатор, вошер, ридер) StatFax требуется для проведения иммунохимического анализа и определения биологических маркеров протекания регенераторных процессов.

Лаборатория электрокристаллизации и высокотемпературной гальванотехники

1. Электролизер для высокотемпературной гальванопластики с системой контроля и поддержания среды типа СПЕКС ГБ – 2 шт.

Применение стандартного оборудования с системами контроля и регулирования параметров газовой среды при электрокристаллизации металлов.

2. Станки для обработки графита с числовым программным управлением типа Carver S600ASM и STL200HP-01TM

Комплекс станков необходим для расширения возможностей формирования экспериментальной оснастки из графита в том числе для повышения точности и обеспечения воспроизведения режима приготовления ответственной оснастки.

3. Высокотемпературная вакуумная печь (до 2000 °C)

Получение новых функциональных материалов.

Лаборатория электродных процессов

1. STA 449 F1 Jupiter® – Совмещенный ТГ-ДСК с двумя типами оснастки: Graphite furnace до 2000 °C и Platinum furnace – до 1500 °C.

Расширение температурного диапазона исследований свойств расплавов (включая силикатные, и насыщенные оксидные смеси). Станет доступно изучение богатых оксидом алюминия смесей для получения данных в рамках разработки основ процессов для алюминиевой

промышленности (криолитовые суспензии, изучение формирования гарнисажей), изучение свойств силикатов, боратов, смешанных с галогенидами щелочных и щелочноземельных металлов (интенсификация остекловывания отходов, формирование представлений о взаимодействии силикатных и пр. расплавов с расплавами солей).

2. Бокс перчаточный ГБЛ-02м-08МП – 2 шт.

Применение боксов с инертной атмосферой позволит повысить качество исследований физико-химических свойств расплавов, электродных процессов в расплавах солей. Необходимость обусловлена проведением работ со щелочными, щелочноземельными металлами, вредными реактивами.

3. Bruker S1 TITAN – портативный рентгено-флуоресцентный спектрометр

Экспресс контроль объектов исследования и реактивов.

4. Высокотемпературный вискозиметр модели VIS 403, производства компании TA Instruments, либо реометр высокотемпературный FRS 1600, Anton Paar. (Возможно объединение позиции с п.1 лаб. расплавленных солей)

5. Газоанализатор или масс-спектрометр с подогреваемым капилляром для анализа газов анодных процессов получения металлов.

Лаборатория электрохимических устройств на твёрдооксидных протонных электролитах

1. Микроволновая камерная печь, высокотемпературная, 2,45 ГГц, 3,0 л, максимальная температура 1200 °С.

Синтез и спекание новых функциональных материалов в условиях коротких термических обжигов под воздействием микроволнового излучения.

2. OMNISTAR™/THERMOSTAR™ масс-спектрометр или Cirtus 2 квадрупольный масс-спектрометр.

Анализ состава газовых смесей, образующихся в результате протекания электрохимических реакций в твердооксидных системах, в том числе определение следовых количеств продуктов, образующихся в электрохимических реакторах.

Лаборатория радиохимии и лаборатория пирохимических процессов и электрохимических технологий

1. Система ДСК/ТГ на базе STA 449 F1 или SETARAM Thermal analysis and calorimetry for nuclear applications.

Для измерений с возможностью анализа продуктов в условиях бокса с инертной атмосферой.

Анализ свойств солевых смесей – перспективных сред для осуществления высокотемпературных физических и электрохимических процессов.

2. Настольный энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр (анализ продуктов пирохимических и электрохимических

процессов)

3. Система пробоподготовки шлифов для микроскопии в условиях бокса с инертной атмосферой.
4. Система подготовки шлифов для микроскопии.
5. Настольный сканирующий электронный микроскоп с системой ЭДС.
Анализ деградации материалов в ходе коррозионных экспериментов, а также продуктов пирохимических и электрохимических процессов.
6. Газоанализатор или масс-спектрометр
Анализ отходящих газов пирохимических и электрохимических процессов.
7. Вакуумная индукционная печь (до 2000 С) с инертной атмосферой с глубоким вакуумом, возможностью разлива в инертном газе.

Лаборатория расплавленных солей

1. Вискозиметр высокотемпературный Rotating Viscometer VIS403 HF для измерения динамической вязкости тугоплавких солевых композиций.
Область температур: макс. 1700 °С. Диапазон вязкости: 1 – 107,5 dPas. Атмосфер: воздух, инертный газ
2. Прибор лазерной вспышки LFA 1000 для определения значений температуропроводности, теплопроводности и удельной теплоемкости тугоплавких солевых композиций. Температурный диапазон от комнатной до 1600 °С. Атмосфера: инертный газ – аргон.
3. Вычислительный комплекс на базе AMD Threadripper для расчета свойств веществ и моделирования физико-химических систем методами квантовой химии и молекулярной динамики.
CPU: AMD Threadripper 2970X (24 ядер/48 потоков). Материнская плата: ASUS PRIME X399-A или аналогичная с сокетом TR4.
Оперативная память: 64 ГБ DDR4.
4. Интерферометр Фабри-Перо + приставка для Бриллюэновской спектроскопии. Для изучения загущенных оксидами солевых расплавов, суспензий и гелеобразования.
5. Перчаточный бокс с полным контролем газовой атмосферы производства Glovebox Systemtechnik GS ALPHA X-Line: Система с полностью инертным газом O₂ и H₂O < 1ppm.
6. Конфокальный рамановский дисперсионный спектрометр.

Лаборатория химических источников тока

1. Сканирующий зондовый микроскоп SmartSPM
Исследование свойств поверхности и объема композитных, керамических материалов, в т.ч. пористых материалов и т.д.
2. Печь с контролируемой скоростью охлаждения модели 1616 GS O2 FL серии 1600. Приобретение этой печи позволит провести фундаментальные исследования по влиянию скорости охлаждения и различных режимов термообработки на формирование пленок графена в алюминиевой матрице.
3. Газовый пикнометр Micromeritics AccuPyc II 1340 для определения плотности твердых электролитов.
4. Электронная нагрузка для тестирования химических источников тока.
5. Ротационный вискозиметр Fungilab Viscolead Adv L в комплектации APM адаптером и циркуляционной баней Thermovisc B100-F8 для

определения вязкости ионных жидкостей.

6. Установка электровакуумного напыления, Q150T ES будет использована для синтеза тонких пленочных твердых электролитов методом напыления.

Лаборатория электрохимического материаловедения

1. Оптическая дилатометрическая платформа ODP 868 производства компании TA Instruments с режимами нагревательного микроскопа, флексометра, оптического горизонтального и вертикального дилатометра. Оборудование позволяет проводить измерение и анализ следующих показателей: линейного и температурного расширения; температуры стеклования; дилатометрического размягчения и истинного размягчения; характеристических температур: начало синтеза, размягчения, образования сферы, полусферы, плавления; кривой изменения пористости керамики; скорость спекания; зависимости краевого угла смачивания; теоретической вязкости по уравнению Фогеля-Таммана-Фульхера; поверхностного натяжения по уравнению Юнга-Лапласа.

РАЗДЕЛ 6. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мероприятия:

1. Информирование СМИ о результатах исследований посредством подготовки и рассылки пресс-релизов на основе разработок, статей, патентов на изобретения, публикуемых сотрудниками института.
2. Ведение официального сайта и аккаунтов организации в соцсетях, расширение охвата аудитории в соцсетях с помощью адаптации сложного научного контента.
3. Участие и проведение экскурсионных и выставочных мероприятий.

РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Текущая организационная структура поставляет решать поставленные задачи. Механизмы управления и разделения ответственности закреплены в действующих документах института (устав, положения о структурных подразделениях, должностных инструкциях и др.). Механизмы удовлетворяют существующие потребности, проводится оперативные корректирующие действия и оптимизация процессов.

РАЗДЕЛ 8. СВЕДЕНИЯ О РОЛИ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ВЫПОЛНЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ И ДОСТИЖЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗНАЧЕНИЙ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «НАУКА» И ВХОДЯЩИХ В ЕГО СОСТАВ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

На предстоящие 5 лет (2019-2023 гг.) ключевыми принципами развития ИВТЭ РАН являются:

1) *принцип интеграции*. Интеграция с ВУЗами, отраслевой наукой, институтами инновационного развития, промышленными партнерами, предполагающая использование сильных сторон партнеров

2) *принцип кооперации*. Кооперация с институтами инновационного развития и промышленными партнерами, формирование заказа на исследование, внедрение результатов фундаментальных исследований.

3) *принцип междисциплинарности*. Развитие научного сотрудничества при выполнении междисциплинарных проектов.

4) *принцип сбалансированности*. Данный принцип касается в первую очередь сбалансированной финансовой модели, включающий различные источники финансирования научных исследований.

1. Институт является ведущим участником в проекте «Научно-технологическая инициатива (НТИ) EnergyNet», который реализуется с промышленным партнёром ГК «Инэнерджи»; принимает участие в центре компетенций «Новые и мобильные источники тока». Институт развивает кооперацию с Уральским Федеральным университетом им. первого Президента России Б.Н. Ельцина и другими институтами УрО РАН. В рамках комплексного плана развития УрО РАН институт является участником Уральского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня, создание на базе ИВТЭ УрО РАН «Объединенного центра научных исследований в области химических технологий».

2. Институт участвует в федеральном проекте «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» в рамках рассчитанного лимита выделенного финансирования – 21 198,17 тыс. руб. (ежегодно) за счет средств федерального бюджета, внебюджетных источников. Планируемое снижение полной учетной стоимости за счет списания приборной базы составит 600 тыс. руб. ежегодно. Прирост полной учетной стоимости за счет приборной базы, которую планируется приобрести, составит не менее 21 000 тыс. руб. ежегодно. (Полная учетная стоимость приборной базы на 1 января 2018 года: 257 993, 6 тыс. руб.). Объем расходов на эксплуатацию обновляемой приборной базы за счет субсидии и внебюджетных источников составит 4 700,0 тыс. руб. ежегодно.

Ежегодно растет количество публикаций, цитируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Число статей в изданиях, индексируемых в этих базах, будет увеличено в 2020 г. на 7 % относительно значения 2017 г. (115 статей по WoS, 122 статьи по Scopus) и по WoS составит 123 ед, по Scopus – 130 ед., этот же показатель в 2021 г. увеличится ещё на 7% относительно 2020 г. и достигнет значения по WoS – 131 ед, по Scopus – 139 ед. На каждого исследователя в 2018 г. приходилось 0.9 статьи. Прирост числа заявок на получение патента на изобретение, включая международные заявки, в 2020 и 2021 годах составит 100% относительно базового значения 2017 г. (10 заявок) и достигнет 20 заявок на получение патента на изобретение.

3. Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок: институт осуществляет подготовку кадров высшей квалификации. В среднем в аспирантуре ИВТЭ УрО РАН обучается 22 аспиранта, на 2020 г. выделено 10 мест в рамках КЦП. Аспиранты являются получателями грантов РФФИ (мой первый грант), участвуют в выполнении проектов РНФ, ФЦП, активно выступают с докладами на научных мероприятиях различного уровня. В 2018 г. в институте создано три новых молодежных лаборатории, под которые выделено 40 новых ставок. Всего в институте функционирует 11 лабораторий, 5 из которых возглавляют ученые моложе 39 лет.