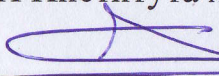


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Утверждено

Директор ФГБУН Института химии ДВО РАН

чл.-корр. РАН  С.В. Гнеденков

Программа развития
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук

на 2019–2023 годы

г. Владивосток

2019



ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук на 2019–2023 гг.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИХ ДВО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	г. Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	Генерация знаний
2.2.	Категория организации	1
2.3.	Основные научные направления деятельности	Фундаментальные исследования физико-химических проблем направленного синтеза веществ и создания на их основе функциональных материалов с уникальными свойствами, перспективных для морских технологий и техники; развитие теоретических основ комплексного использования техногенного и природного сырья Дальнего Востока, включая ресурсы моря

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

2.1. Цель Программы развития

Повышение качества и результативности управления научной деятельностью в ИХ ДВО РАН на основе сочетания научно-исследовательской, инновационной и образовательной деятельности. Создание и оптимизация условий повышения эффективности деятельности высококвалифицированного научного коллектива в области получения новых фундаментальных знаний, и реализации новых междисциплинарных научных и научно-технических проектов, инновационных продуктов и технологий для реального сектора экономики, а также решения задач их правовой охраны и внедрения.

2.2. Задачи Программы развития

Программа развития направлена на создание и оптимизацию условий повышения эффективности деятельности высококвалифицированного научного коллектива в области получения новых фундаментальных знаний, и реализации новых междисциплинарных научных и научно-технических проектов, инновационных продуктов и технологий для реального сектора экономики, а также решения задач их правовой охраны и внедрения.

Задачами Программы являются:

- 1) Актуализация исследовательской программы, повышение эффективности использования инфраструктуры, научно-образовательной деятельности и кадрового потенциала, международного сотрудничества.
- 2) Создание единого современного комплекса химических, физико-химических, физических исследований и технологических разработок, включающего производственные мощности малых инновационных предприятий.
- 3) Повышение качества подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации, обладающих исследовательскими и творческими навыками.
- 4) Развитие инновационных компетенций сотрудников ИХ ДВО РАН для реализации проектной и предпринимательской деятельности в области использования результатов научно-исследовательской работы.
- 5) Развитие эффективной системы управления научно-исследовательской деятельностью на основе современных информационных технологий, интеграция исследовательской деятельности ученых, развитие международного сотрудничества.

РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА «Разработка физико-химических основ углубленной переработки минеральных ресурсов, включая ресурсы моря, и на этой основе синтез, изучение строения и свойств материалов с заданными функциональными свойствами, в том числе перспективных для морских технологий и техники»

3.1. Ключевые слова; синтез, строение, новые материалы, технологии переработки сырья, технологии очистки, радиоактивные отходы, покрытия, функциональные свойства, функциональные материалы, научно-технологический комплекс, исследования и разработки.

3.2. Аннотация научно-исследовательской программы

Институт химии ДВО РАН, являясь ведущей научной организацией мирового уровня в области физической и неорганической химии, создания новых материалов и технологий и рационального природопользования, способен успешно выполнять фундаментальные, поисковые и прикладные междисциплинарные и межотраслевые исследования полного цикла.

Основные направления научно-исследовательских работ, реализуемых в ИХ ДВО РАН, включают:

- 1) Научные основы и технологии переработки радиоактивных отходов (РАО).
- 2) Фундаментальные исследования электрохимических процессов (в частности, коррозионных) и разработка технологий плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) для формирования защитных покрытий.
- 3) Разработка технологий извлечения ценных компонентов (золота, редкоземельных элементов и др.) из техногенных и сельскохозяйственных отходов и природного сырья.
- 4) Создание материалов для химических источников тока и новых энергоактивных соединений.

- 5) Разработка технологий сорбции и флокуляции для очистки питьевой воды и техногенных отходов.
- 6) Развитие технологии газодинамической термодеструкции (фторидные полимеры, УПТФЭ).
- 7) Прогнозирование и создание новых классов перспективных веществ, материалов и процессов для применения в различных областях науки и технологии: углеродные материалы (графены, волокна, интеркалированные соединения); сенсоры; люминофоры; соединения для фотоники; материалы для электрофизических устройств; полимерные пленки и мембраны; гибридные материалы; полиэлектролиты природного происхождения и биополимеры; катализаторы; стекла и стеклокомпозиты и др.

Таким образом, все направления исследований, связанных с направленным синтезом веществ, созданием на их основе функциональных материалов с практически важными свойствами, перспективных для морских технологий и авиационной, космической техники, машиностроения, приборостроения, нефтехимической промышленности и медицины, и развитием основ комплексного использования техногенного и природного сырья Дальнего Востока, включая ресурсы моря, могут быть реализованы на всех уровнях на пути к практической реализации и разработке коммерческих продуктов, обеспечивать непрерывное развитие научной инфраструктуры и интеллектуальных ресурсов, осуществлять подготовку кадров высшей квалификации.

Все исследования и разработки, осуществляемые в ИХ ДВО РАН, соответствуют важнейшим направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642), см. п. 20 Стратегии:

- а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;
- б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;
- в) переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных);
- г) переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро-и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

3.3. Цель и задачи научно-исследовательской программы

Научно-исследовательская программа нацелена на проведение фундаментальных изысканий и практических разработок в областях, являющихся стратегически важными для страны, в рамках приоритетов, установленных в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. В их число включены работы, связанные с синтезом новых уникальных соединений, формированием перспективных функциональных материалов и разработкой на этой основе прогрессивных технологий для современной промышленности, а также с эффективной переработкой минерального и техногенного сырья и обращением с различными типами промышленных отходов, включая радиоактивные (проблемы экологии).

Задачами научно-исследовательской программы являются:

- 1) Получение новых фундаментальных знаний в области направленного синтеза соединений и формирования функциональных материалов с уникальными свойствами.
- 2) Разработка прорывного уровня технологий создания материалов и переработки минерального и морского сырья.

3) Создание новых энергоактивных соединений, электродных, сорбционных, оптических, каталитических материалов и химических источников тока для современной энергетики, приборостроения и химических производств.

4) Направленный синтез новых соединений, формирование функциональных материалов и покрытий на металлах и сплавах для нужд морской, авиакосмической техники и медицины.

5) Развитие новых перспективных технологий использования природного и техногенного сырья, прежде всего, с приоритетом развития Дальнего Востока России.

В области выполнения всех задач научно-исследовательской программы имеются заделы различного уровня – от проведения фундаментальных исследований и получения лабораторных образцов материалов до реализации промышленного производства на уровне пилотных и полупромышленных установок (примеры последнего – сорбенты, материалы и технологии для очистки жидких сред от радиоактивных отходов и нефтяных загрязнений, коммерческие продукты на основе ультрадисперсного политетрафторэтилена, установки для нанесения ПЭО-покрытий). При реализации различных этапов работ возникают новые проблемы и возможности, которые становятся объектами дальнейших исследований. Все виды исследований имеют практическую направленность, независимо от того, связаны ли они с созданием новых материалов, рациональным природопользованием или решением экологических проблем, в частности, в регионе Дальнего Востока России.

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

Все исследования и разработки ИХ ДВО РАН проводятся на высоком уровне, как правило, не уступающем мировому, о чем говорит количество публикаций в изданиях, цитируемых в системах Web of Science и Scopus. В частности, в последние 3 года число публикаций, опубликованных за год и цитируемых в Web of Science, находится в пределах 120–150, в Scopus – 140–160. Цитирование публикации организации в Web of Science превысило 6000 за 5 последних лет. Среди возможностей международного сотрудничества следует отметить взаимодействие с Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в области разработки новых материалов и технологий, применяемых в переработке и утилизации жидких радиоактивных отходов и участие в программе ERANet.RUS, посвященной взаимодействию исследователей Российской Федерации и Европейского Союза по приоритетным направлениям, включающим, в частности, создание и изучение функциональных наноматериалов. Дальнейшее развитие международного сотрудничества внесет вклад в международную кооперацию, прежде всего, в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Важнейшие направления научных исследований, их перспективность и state-of-the-art сгруппированы и приведены ниже:

1) *Фундаментальные исследования в области нестационарных электрохимических поверхностных процессов и развитие новых подходов к защите от коррозии, износа и т.п., а также создание Дальневосточного центра морских и климатических испытаний*

Современные тенденции развития науки и техники обуславливают возрастающие требования к качеству изделий и расширение области использования существующих материалов. Это делает актуальными задачи создания новых материалов, модификации поверхностных слоев различных узлов, деталей машин и механизмов и создания новых гетероструктур, обладающих необходимыми потребительскими, порой уникальными, свойствами. Развитию и модернизации методов поверхностной обработки металлов и сплавов уделяется большое внимание в России и за рубежом, поскольку во многих случаях именно свойства поверхности определяют область использования всего изделия и его устойчивость при внешнем воздействии. Одним из наиболее популярных и востребованных в мире видов поверхностной обработки металлов и

сплавов в настоящее время является метод плазменного электролитического оксидирования (ПЭО). В последние десятилетия он получил значительное теоретическое и практическое развитие в Институте химии ДВО РАН. ПЭО позволяет формировать многофункциональные износ- и коррозионностойкие, диэлектрические, биоинертные, биоактивные и термостойкие керамикоподобные, а также декоративные покрытия. Результатом действия плазменных микрозарядов является формирование слоя покрытия, состоящего из окисленных форм элементов металла основы и составляющих электролита. Протекание плазмохимических реакций на поверхности обрабатываемого металла с вовлечением компонентов электролита создает благоприятные условия для формирования композиционных покрытий, обладающих повышенными защитными и функциональными свойствами.

Актуальность проводимых в мире исследований обусловлена необходимостью разработки новых и совершенствования существующих материалов, включая гетерооксидные слои и композиционные покрытия, которые существенно расширяют область практического использования функциональных и конструкционных материалов. Современные тенденции формирования покрытий с использованием плазменного электролитического оксидирования связаны с развитием источников поляризующего сигнала, составов используемых электролитов, включая создание новых дисперсных электролитических систем, содержащих твердофазные компоненты или водонерастворимую жидкую фазу, а также с разработкой способов последующей обработки с целью получения композиционных покрытий.

В Институте химии ДВО РАН имеется уникальная площадка для изучения процессов коррозии в естественной среде – Морская коррозионная станция (единственная в РФ, находящаяся у воды среднеокеанического состава). Создание на ее основе Дальневосточного центра морских и климатических испытаний может послужить важнейшим инструментом развития в интересах авиационной, нефтегазовой и других отраслей промышленности и организации полномасштабных натуральных испытаний, включая глубоководные и океанические исследования.

2) Исследования и разработки в области научных основ и технологий переработки радиоактивных отходов (РАО)

Работы в данном направлении ведутся в Институте химии ДВО РАН с 1994 г. Первоначально эти работы были связаны с решением проблем радиационной безопасности Тихоокеанского флота РФ – необходимостью переработки и утилизации жидких радиоактивных отходов (ЖРО) сложного химического и радиохимического состава. Синтезирован ряд принципиально новых сорбентов и сорбционно-реагентных материалов, производство которых осуществляется в опытно-промышленном масштабе на пилотных установках в ИХ ДВО РАН, а в промышленном варианте – на ФГУП «ДальРАО». Новые материалы и технологии применялись также для переработки ЖРО сложного состава на АО ДВЗ «Звезда». Тестирование новых материалов и технологий осуществлялось в ведущих исследовательских учреждениях РФ и за рубежом, в частности, в Японии. Уникальный опыт переработки ЖРО, содержащих морскую воду, является (по свидетельству специалистов и результатам испытаний) самым эффективным подходом, который мог быть применен при ликвидации последствий аварии на АЭС «Фукусима», что, однако, ограничено наличием причин политического характера.

По состоянию на 2012 год, в регионе была переработана последняя тонна «проблемных» жидких радиоактивных отходов – важнейший вклад в это достижение был внесен исследователями ИХ ДВО РАН

В дальнейшем работы в данной области получили развитие в плане решения других актуальных задач:

– Были созданы пилотные установки для переработки кубовых остатков АЭС, которые прошли успешные испытания на Нововоронежской и Курской АЭС. Сочетание применения высокоселективных сорбентов на основе ферроцианидов переходных металлов для удаления радиоактивного цезия-137 и гидротермальной технологии для удаления радионуклидов кобальта-60 позволило создать эффективную схему переработки одного из наиболее сложных типов ЖРО – кубовых остатков АЭС, формирующихся после применения выпарных аппаратов.

– Разработаны и испытаны в лабораторных условиях коллоидные сорбенты, которые могут быть использованы для регенерации радиационно-загрязненных материалов (таких как цеолиты или ионообменные смолы), которые ранее применялись для извлечения радионуклидов в процесс очистки, дезактивации и т.п.

– В последнее время достигнуты значительные успехи в создании новых ионообменных смол, характеризующихся высокой эффективностью удаления радионуклидов и регенерации для дальнейшего применения.

Результаты работ ИХ ДВО РАН в области научных основ переработки РАО обусловили интерес к ним со стороны Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Сотрудники Института участвовали в проектах совместных исследований под эгидой МАГАТЭ, в экспертных миссиях МАГАТЭ (Украина, КНР, Болгария), а также работали по контракту, связанном с обеспечением безопасности утилизации РАО на Чернобыльской АЭС.

Среди нерешенных проблем в данной области следует отметить следующие:

– необходимость утилизации значительного количества техногенных отходов, в том числе радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации и ремонте АЭС и атомных подводных лодок;

– несовершенство технологий обращения с радиоактивными отходами сложного состава;

– высокая стоимость захоронения техногенных отходов в целом и радиоактивных отходов в частности.

Успех данных исследований позволит достичь значительных экономических выгод и существенно увеличить уровень безопасности промышленного производства, в том числе, в области атомной энергетики, развитие которой является приоритетным направлением модернизации российской экономики.

3) *Материалы для хемосенсорики, оптоэлектронных устройств, хранения данных и т.п.*

В настоящее время в мире проводятся интенсивные исследования в области разработки полифункциональных материалов, обладающих оптическими хемосенсорными свойствами. β -Дикетонаты дифторида бора вследствие наличия различных функциональных групп в заместителях хелатного цикла могут проявлять сенсорные свойства на различные группы аналитов. Среди β -дикетонатов и β -кетоиминатов дифторида бора обнаружены соединения, меняющие оптические свойства при внешнем воздействии: нагревании, растирании, изменении давления. Анализ литературных данных показывает, что перспективными соединениями для получения оптических хемосенсоров являются соединения металлов, в особенности лантанидсодержащие комплексные соединения, обладающие люминесцентными свойствами. Люминесценция комплексов европия(III) и тербия(III) особенно чувствительна к изменению структуры, координационному окружению иона и существенно зависит от взаимодействия с аналитом. Исследование триболоминесценции (ТЛ), свечения, возникающего при растрескивании кристаллов, актуально как с фундаментальной (проблема превращения механической энергии в световую), так и с практической точек зрения в связи с разработкой оптических сенсоров нового поколения для регистрации дефектов и повреждений в критических объектах (автомобили, самолеты, дамбы, топливные баки космических аппаратов). Оптические сенсоры на основе триболоминофоров имеют ряд заметных преимуществ по сравнению с известными сенсорными системами, регистрирующими повреждения объектов: ультразвуковое тестирование, термография, радиография (рентгеновское, гамма- и нейтронное излучение). Использование триболоминесцентных сенсоров представляет собой простой, в реальном времени, относительно дешевый, беспроводной (*in situ*) метод регистрации величины и локализации повреждений на больших поверхностях критических объектов (самолеты, мосты, дамбы и т.д.).

В лаборатории светотрансформирующих материалов Института химии ДВО РАН синтезировано большое количество разнообразных β -дикетонатов дифторида бора: бензоилацетонаты, дибензоилметанаты, имеющие различные заместители в фенильных кольцах, α -гидроксидибензоилметанаты, ацетилацетолаты, полиметиновые красители на основе дифторида бора. Проводится исследование механизма формирования ярко люминесцирующих агрегатов, образующихся в кристаллах и концентрированных растворах β -дикетонатов дифторида бора и хемосенсорных свойств β -дикетонатов дифторида бора. Обнаружено, что образование ярко люминесцирующих эксиплексов с ароматическими соединениями позволяет количественно определять в воздухе летучие ароматические соединения. Для ряда соединений обнаружены механо- и термохромные свойства, рассмотрена взаимосвязь кристаллического строения и механохромизма. Такие соединения перспективны для создания материалов, используемых в области сенсорики, хранения данных, различных датчиков, перезаписываемых носителей, защитных чернил и оптоэлектронных устройств.

В лаборатории оптических материалов ИХ ДВО РАН исследования связаны с получением материалов двойного назначения и включали широкий набор способов синтеза этих материалов. Для получения лазерных материалов в стекла вводились различные добавки редкоземельных элементов. Исследование процессов кристаллизации и стеклования связано с получением материалов оптического качества направленной кристаллизацией фтороцирконатно-фосфатных стекол. Дальнейшее развитие этого направления связано с получением оптических стекол и наностеклокомпозитов, активированных РЗЭ (Tb, Pr, Ho, Er, Eu, Tm, Nd), для нужд фотоники.

4) Новые материалы для химических источников тока и синтез новых энергоактивных соединений

В последнее время во всем мире наблюдается тенденция к росту энергопотребления, что обусловлено стремительными темпами развития мировой экономики, ростом народонаселения, а также эволюцией образа жизни людей. Основным источником энергии в мире на сегодняшний день является так называемое ископаемое топливо: нефть, природный газ, торф и каменный уголь. Истощение запасов ископаемого топлива, монополизация отрасли, постоянно возрастающие цены на энергоносители, а также серьезные последствия его использования, в частности, глобальное потепление, создали угрозу энергетической и экологической безопасности в мировом масштабе. На этом фоне насущной необходимостью становится освоение экологически безвредных, доступных и возобновляемых энергетических ресурсов. В последнее время наблюдается стремительное развитие индустрии электрохимических источников энергии. При этом достигнутый на сегодняшний день прогресс в данной области с трудом способен удовлетворить экспоненциально растущий спрос на продукты ее производства со стороны глобального рынка. Одновременно, согласно прогнозам различных аналитических центров (Navigant Research, Dahlman Rose & Co.), к 2035 году, в связи с дальнейшим ростом численности населения планеты и удвоением ВВП стран мира, спрос на энергоносители вырастет приблизительно на 30 % по сравнению с 2010 г. Сегодня огромные усилия научно-исследовательских коллективов по всему миру направлены на совершенствование технологий в области электрохимических источников энергии, с целью повысить их удельные характеристики, обеспечить безопасность эксплуатации и снизить себестоимость производства. При этом, как известно, современное состояние литий-ионной технологии накопления энергии определяет ее доминирующую роль в огромном количестве высокотехнологичных направлений, таких как, например, портативные устройства, медицинское оборудование, автотранспортные средства с гибридным и электрическим приводом, космические аппараты, подводная робототехника, возобновляемые источники энергии. Вместе с тем, несмотря на интенсивные исследования за последние 25 лет, литий-ионные аккумуляторы все еще характеризуются рядом недостатков, требующих пристального внимания со стороны научного сообщества. В то же время, по данным Dahlman Rose & Co., запасы лития в земной коре ограничены и, при текущем потреблении, их хватит не более чем на следующие 150 лет. С другой стороны, запасы натрия на четыре порядка выше, что потенциально позволит эксплуатировать

натрий-ионные аккумуляторы 825 лет. Таким образом, натрий-ионные аккумуляторы являются одними из наиболее перспективных кандидатов на замену литий-ионных источников тока в ряде областей (например, автомобилестроение, стационарные накопители энергии). По прогнозам экспертов, масштабная коммерциализация таких устройств возможна в течение уже ближайших 10 лет. Помимо натрия, перспективной альтернативой литию может также являться калий. Действительно, запасы калия в земной коре сопоставимы с запасами натрия. В то же время, в сравнении с натрий-ионной, калий-ионная технология обладает рядом преимуществ (главной из которых является возможность обратимого внедрения ионов калия в графит). Таким образом, в настоящее время усилия ученых сосредоточены как на совершенствовании существующих Li-ионных аккумуляторов, так и разработке новых конструкций, прежде всего, на основе Na и K. С учетом сложившейся ситуации, можно с уверенностью прогнозировать устойчивый спрос на научные разработки в направлении метал-ионных технологий различного уровня.

5) Стеклокомпозиты – новые конструкционные материалы

Стеклокомпозит, созданный в Институте проблем морских технологий ДВО РАН, является новым конструкционным материалом, не имеющим аналогов в мире. Стеклометаллокомпозит представляет собой слоистый композиционный материал (металл–стекло–металл) образующийся путём последовательного формирования методом центробежного литья из расплавов металла и стекла внешней металлической оболочки, стеклянного слоя и внутренней облицовки.

Известно, что неорганическое стекло обладает необычайно высокой природной (теоретической) прочностью, превышающей даже прочность титана. Например, уже давно оно используется в качестве бронезащиты. В результате фундаментальных исследований, выполненных сотрудниками Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, установлено, что неорганическому стеклу присуща высокая природная прочность как для стекловолокна, так и для листа или массивного стекла. Однако эксплуатационная прочность стекла составляет менее 1 % от природной прочности. Основными причинами резкого падения прочности являются три фактора: микротрещины, которые образуются на поверхности стекла в процессе его изготовления, наличие ОН–групп, которые образуются при взаимодействии стекла с водой, и локальные неоднородности стекла. Устранение поверхностных микротрещин повышает прочность стекла в сотни раз. Повреждаемость стекла устраняется при полном удалении ОН–групп или предотвращением их образования. Наконец, прочность стекла можно повысить, устраняя различные нарушения его физической и химической однородности, возникшие в процессе варки стекла.

Высокая прочность стеклометаллокомпозита при относительно малом весе позволяет создавать уникальные сооружения глубоководной техники. Глубоководная техника приобретет способность работать на предельных глубинах Мирового океана без использования дополнительных объёмов плавучести. Стеклометаллокомпозит, изготавливаемый по разработанной в ходе ранее выполненных в Институте работ технологии, является перспективным материалом для прочных корпусов подводных аппаратов с точки зрения обеспечения их прочности, устойчивости и стоимости изготовления по сравнению с используемыми в настоящее время для работы на больших глубинах корпусами из титановых сплавов. Технология изготовления оболочек, использующая метод центрифугирования, позволяет на стадии формирования оболочки вносить определённые изменения в конструкцию, уменьшающие её плотность и увеличивающие устойчивость.

В результате 12 лет исследований стеклометаллокомпозита, проведенных коллективом ИХ ДВО РАН совместно с ИПМТ ДВО РАН и ДВФУ, было получено 13 патентов на изобретения и опубликовано более 20 работ. Разработаны способы изготовления оболочек малых размеров, проведены испытания и показана возможность их применения до глубин до 10000 метров.

6) *Материалы и технологии для решения экологических проблем – очистка питьевой воды и воды для пищевой промышленности, ликвидация последствий аварийных разливов нефти и переработка других техногенных отходов*

В области создания новых материалов и технологий для очистки питьевой воды и водных систем для применения в пищевой промышленности работы, проводимые в ИХ ДВО РАН, характеризуются высокой степенью практической реализации на различном уровне. Разработан метод очистки «флокуляция в потоке» с применением композиций, содержащих производные биodeградируемого природного полисахарида (хитозана). Установки, разработанные с применением данного метода, реализованы в различном масштабе (вплоть до промышленного) на предприятиях и в муниципальных образованиях Приморского края. Развитие работ в данной области является примером участия международных фондов и кооперации с зарубежными партнерами (Институт полимерных исследований, Дрезден, Германия). Работа получила финансирование европейского проекта INTAS, которое было направлено на сертификацию конечных продуктов (композиционных материалов, применяемых в технологии). Фундаментальные исследования по проблемам очистки воды с применением природных полисахаридов (хитозан, крахмал), опубликованные совместно с коллегами из Германии, имеют высокий индекс цитирования в международных системах.

В области разработки материалов и технологий для ликвидации последствий аварийных разливов нефти центральное место отводилось применению недорогих исходных материалов, добываемых в регионе (например, керамзит с месторождений Приморского края, что существенно снижает расходы на транспортировку), которые затем подвергались гидрофобизации в специально созданных для этого установках. Технология производства и регенерации гидрофобизированных сорбентов на основе природных минералов готова к применению в промышленном масштабе, но требует дальнейшего развития в плане повышения эффективности. Технология применялась для ликвидации аварийных ситуаций на акватории залива Петра Великого и на предприятиях, связанных с транспортировкой нефтепродуктов в Приморском крае.

7) *Фторполимерные материалы*

Ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ) является уникальным полимером, сферы применения которого постоянно расширяются. В ИХ ДВО РАН завершен большой объем работ в области фундаментальных исследований ПТФЭ и поиска вариантов его применения. В наиболее законченном виде находятся работы по созданию добавок к моторным маслам, улучшающих параметры функционирования двигателей и других механизмов – 11 зарегистрированных коммерческих продуктов. Один из новых вариантов применения УПТФЭ – в качестве добавки в краски для защиты корпусов судов от коррозии. Другие варианты связаны с созданием новых катодных материалов для химических источников тока и в составе защитных покрытий, получаемых методами плазменно-электролитического оксидирования (см. соответствующие разделы).

8) *Материалы для применения в медицине – люминофоры для фотодинамической терапии; магнитные core-shell наночастицы для противоопухолевой терапии; керамические биосовместимые материалы для замены костной ткани*

– *Люминофоры для фотодинамической терапии.* В настоящее время фотодинамическая терапия (ФДТ) все шире применяется при лечении поверхностно расположенных злокачественных новообразований. Метод основан на введении в опухолевую ткань фотосенсибилизатора, способного селективно накапливаться в опухолевых клетках. При облучении опухоли светом фотосенсибилизатор начинает вырабатывать реактивные формы кислорода (синглетный кислород, пероксиды, другие подобные соединения), уничтожающий клетки

опухоли. В качестве фотосенсибилизатора широко используется отечественный препарат второго поколения фотодитазин на основе глюкоаминовой соли хлорина Е6. Недостатком метода ФДТ является его ограничение для применения в лечении полостных новообразований, поскольку видимый свет не способен проникать через ткани организма, и, следовательно, не может активировать фотосенсибилизатор. Впервые для преодоления этого недостатка планируется создать препараты, которые наряду с фотосенсибилизатором включают коллоидный раствор нанолуминофора, излучающего видимый свет с необходимой длиной волны под действием гамма-излучения, которое легко проникает сквозь ткани организма. После введения такого препарата в организм проводится локальное облучение злокачественной опухоли, а нанолуминофор преобразует гамма-излучение в видимый свет, необходимый для работы фотосенсибилизатора. Таким образом, метод ФДТ преобразуется в метод радиофотодинамической терапии.

– *Магнитные core-shell наночастицы для противоопухолевой терапии.* Ряд биомедицинских технологий, таких как гипертермия, доставка лекарств или магнитных наночастиц в опухоли (для усиления эффекта радиационной терапии), точного позиционирования нанопластырей, закрывающих послеоперационные разрезы или иные повреждения тканей и сосудов, лечения нейродегенеративных и кардиозаболеваний, базируются на возможности неинвазивного влияния внешнего магнитного поля на движение магнитных наночастиц внутри живого организма. Столь широкий, но не исчерпывающий список бурно развивающихся биотехнологий, инициировал высокий научный интерес к изучению свойств магнитных наночастиц в условиях реализации конкретной технологии. Многочисленные экспериментальные исследования поведения магнитных наночастиц в живом организме были частично осмыслены в ряде теоретических работ. В этих работах на основе моделей, соответствующих конкретным измерениям, проводится теоретическая интерпретация экспериментальных данных, причем, как правило, рассматриваются системы наночастиц, находящихся вне биологической среды, в то время как вполне естественно ожидать, что взаимодействие наночастиц с компонентами крови и клетками живого организма может оказать существенное влияние на их поведение и магнитные свойства. Например, на наночастице, попавшей в кровь, образуется белковая корона – наночастица становится core-shell частицей, вследствие чего изменяется не только размер наночастицы, но и её способность взаимодействия с окружением (с белками, липидами и с другими клеточными и неклеточными компонентами крови), а также с другими наночастицами. Поэтому в основе теоретических построений должны лежать общие представления о взаимодействии core-shell наночастиц с биологической средой и влиянии этой среды как на движение каждой частицы, так и на магнитные свойства системы таких частиц в целом.

– *Керамические биосовместимые материалы для замены костной ткани.* Проведен цикл работ в плане развития научных основ о принципах комбинирования (сочетания) различных передовых методов направленного синтеза керамических биосовместимых материалов требуемого химического состава с заданными параметрами пористой структуры (упорядоченная или иерархическая пористость), необходимой конструкционной прочности, обладающих высокой способностью к остеоинтеграции, формирования новых научных знаний об инновационном синтезе, а также развитие широкого применения получаемых биокерамик в качестве неорганических матриц, предназначенных для реконструктивно-восстановительной хирургии с целью замены дефектов костной ткани, утратившей свои физиологические свойства.

9) *Комплексная переработка минерального сырья*

В Институте в последние десятилетия ведутся разработки новых технологий формирования покрытий в контролируемых средах, исследованию их функциональных свойств, физико-химических и технологических основ получения компонентов защитных покрытий из материалов, получаемых по разработанным технологиям комплексной переработки титан-, фтор-, борсодержащего минерального сырья и

техногенных отходов преимущественно Дальневосточного региона. Результаты разработок привели к созданию ряда эффективных технологических схем, реализация которых требует дополнительных инвестиций.

Основное внимание при исследовании было направлено на получение экспериментальных и теоретических данных для физико-химического обоснования новых экологически приемлемых перспективных технологий комплексной переработки минерального, техногенного и растительного сырья с получением функциональных материалов со свойствами, превосходящими мировые аналоги. В качестве приоритетных направлений исследований выполняются работы по вскрытию титансодержащих концентратов фтораммонийными солями, с последующим разделением, очисткой и пирогидроллизом солей железа и титана, с получением пигментов на основе диоксида титана и оксидов железа; по исследованию состава, структуры и функциональных свойств (белизна, укрывистость, маслоёмкость, стабильность свойств пигментов под действием ультрафиолетового облучения). По самому важному параметру – стабильность свойств под действием ультрафиолетового излучения – диоксид титана, полученного по разработанной технологии, превосходит мировые аналоги. В разработанной технологии реагент вскрытия сырья является возвратным в технологическом цикле, при переработке ильменитовых концентратов гидрофторидная технология безотходная; водопотребление в технологическом цикле практически отсутствует; нестандартное оборудование разработано; созданная гидрофторидная технология является альтернативной существующим – сернокислотной и хлоридной, которым присущи ряд известных экологических недостатков: особенно это относится к сернокислотной технологии производства пигментов.

10) Развитие дифракционных методов исследования веществ со специальными физико-химическими свойствами для поиска новых функциональных материалов

Основное оборудование, эксплуатируемое в рамках данного направления, числится на балансе «Дальневосточного центра структурных исследований», функционирующем в ИХ ДВО РАН. Более подробная информация о приборном парке и возможностях оборудования содержится в разделе 5.

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

Все исследования и разработки, осуществляемые в ИХ ДВО РАН и включаемые в Программу развития организации, соответствуют важнейшим направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642), см. п. 20 Стратегии:

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

в) переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных);

г) переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

Общий подход, характеризующий работы ИХ ДВО РАН в области создания функциональных материалов, связанные с его основной референтной группой (07. Неорганическая химия и материаловедение), заключается, в частности, в развитии научно-технологических основ инновационных технологий, оригинальных способов и нестандартных методов синтеза новых функциональных дисперсных и керамических материалов прикладного назначения. В рамках данного направления будут исследованы и сформулированы теоретические обоснования механизмов, процессов, технологических закономерностей передовых технологий мокрого (золь-гель, темплатный, гидротермальный, осадительный), твердофазного (механохимическая активация, индукционное спекание и искровая плазменная консолидация) и комбинационного (сочетательная комбинация) неорганических синтезов нано- и ультраразмерных порошков, а также структурированных керамик индивидуального и композитного составов. Будут исследованы ранее неизвестные физико-химические, физико-механические, радиационно-физические закономерности при синтезе новых функциональных материалов в зависимости от их дисперсного и/или керамического типов, индивидуального и/или композитного составов. Впервые для новых систем будут описаны процессы фазообразования, специфика топохимических реакций, диффузионных превращений, принципов организации структурной регулярности и микро(нано-) неоднородностей и др. в неравновесных условиях технологии синтеза, выбранной для получения конкретного материала требуемого типа и состава. На основе полученных данных будет проведена оптимизация термодинамических условий и параметров процессов предлагаемых методов синтеза вне зависимости от типа получаемого материала. Будет проведена оценка возможности адаптации разработанных способов, методов, технологий, а также получаемых материалов применительно к технологическим условиям реальных производств и различных сфер услуг: нефтегазодобыча, прикладная радиохимия, радиология, радиоэкология, биомедицина, электротехника, оптоэлектроника, авиастроение и др. Разработанные новые технологические приемы приведут к созданию прототипов сорбционных, сорбционно-реагентных, каталитических, магнитных, высокотемпературных дисперсных материалов, а также различных керамик: ядерных топливных (оксидных, нитридных, карбидных и смесевых) композиций, радиационно стойких изотопных изделий, биоимплантных конструкций, магнитных носителей, авиационных конструкционных деталей, защитных покрытий, лазерных и оптических элементов, радиофармпрепаратов и др. исключительного эксплуатационного качества, превосходящего известные мировые аналоги.

В частности, ожидаемые результаты по направлениям, перечисленным в разделе 3.4, можно сформулировать следующим образом:

1) *Фундаментальные исследования в области нестационарных электрохимических поверхностных процессов и развитие новых подходов к защите от коррозии, износа и т.п., а также создание Дальневосточного центра морских и климатических испытаний*

Разработка технологий формирования высокоэффективных и надежных покрытий для защиты и упрочнения металлических изделий является на сегодняшний день одной из самых актуальных задач мировой науки и техники в связи с ростом к эксплуатационным характеристикам конструкционных и функциональных материалов, особенно используемым в экстремальных условиях. Метод плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) – один из наиболее перспективных видов поверхностной обработки изделий из алюминиевых, титановых и магниевых сплавов. Композиционные покрытия, сформированные на основе ПЭО-слоев, позволяют повысить эксплуатационные характеристики и надежно защитить обрабатываемые металлы и сплавы от внешних разрушающих факторов воздействия (коррозии, износа, эрозии, магнитного и электромагнитного излучения, шума, вибрации, обледенения и биообрастания). Еще одним направлением в создании защитных покрытий, прежде всего на стальных поверхностях, является создание лакокрасочных материалов (ЛКМ), содержащих нанодисперсный политетрафторэтилен (НПТФЭ), способ и технология получения которого впервые созданы в Институте. НПТФЭ обладает

характеристиками, которые отличаются от таковых для индивидуальных фторполимеров и позволяют получать покрытия с улучшенной непроницаемостью, износоустойчивостью, гладкостью и большими величинами контактных углов.

В результате выполнения исследований будут разработаны уникальные покрытия на металлах и сплавах, включающие в свой состав нанокompозитные материалы и предназначенные для использования в различных отраслях промышленности и обладающие комплексом практически важных свойств. В рамках реализации программы предполагается разработка антикоррозионных, износостойких, твердых, биоактивных, биоинертных, гидрофобных, льдофобных покрытий.

Создание Дальневосточного центра морских и климатических испытаний на базе коррозионной станции ИХ ДВО РАН

В целях развития Института предполагается создание Дальневосточного центра морских и климатических испытаний на базе коррозионной станции ИХ ДВО РАН, при стратегической поддержке Федерального государственного унитарного предприятия Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ФГУП ВИАМ) и Федерального государственного унитарного предприятия Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского (ФГУП ЦАГИ), в интересах авиационной, морской, нефтегазовой и других отраслей промышленности и организации полномасштабных морских испытаний, включая глубоководные и океанические. На базе создаваемого центра будут проводиться полномасштабные климатические испытания материалов, деталей и узлов, предназначенных для эксплуатации в условиях морского климата, а также натурные испытания на морскую коррозию в воде со среднеокеанической соленостью. Использование современных методов исследований изменений состава, свойств и структуры материалов под воздействием вредных атмосферных факторов и морской воды позволит получить фундаментальные данные о стойкости материалов и выработать направления развития их защиты, а также создания новых материалов. Создаваемая инфраструктура будет включать лабораторный корпус с современным исследовательским оборудованием, испытательные площадки морской и атмосферной коррозии, в том числе с использованием механического воздействия, моделирующего условия эксплуатации изделий в морском климате. Потенциальными участниками проекта являются ФГУП ВИАМ, объединенная авиастроительная корпорация (ОАК), объединенная судостроительная корпорация, ФГУП ЦАГИ, Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, производственные предприятия различных отраслей промышленности, а также научно-исследовательские институты ДВО РАН.

Объединение усилий ИХ ДВО РАН, ФГУП ВИАМ, ФГУП ЦАГИ при организационной и финансовой поддержке Минобрнауки позволит создать центр морских и климатических испытаний на Дальнем Востоке мирового уровня. Подобные центры, принадлежащие, к примеру, NACE и NASA в США являются не только крупными научно-исследовательскими организациями, но и мощными коммерческими предприятиями, проводящими климатические и коррозионные испытания различных материалов.

Проведение комплексных испытаний на коррозию, старение металлических, композиционных и полимерных материалов в условиях атмосферы приморского климата и в морской среде (33 %), проверка и отработка способов и средств защиты от коррозии и старения, определение стойкости конструкций и изделий из металлических и неметаллических материалов к воздействию коррозии и старению позволит обосновать возможность и целесообразность использования их в изделиях перспективной техники, установить обоснованные сроки службы с учетом климатических районов эксплуатации изделий.

Разработка новых методов ускоренных и натурно-ускоренных испытаний, значительно сокращающих время для оценки работоспособности материалов и прогнозирования сроков службы при эксплуатации изделий авиационной, морской техники в жестких климатических условиях позволит снизить затраты на проведение испытаний и потери от коррозии в различных отраслях промышленности.

Создание Дальневосточного центра морских и климатических испытаний будет стимулировать подготовку высококвалифицированного кадрового потенциала в ведущих вузах и институтах РАН Дальнего Востока для нужд работающей передовой инфраструктуры коррозионного центра.

2) Исследования и разработки в области научных основ и технологий переработки радиоактивных отходов (РАО)

Имеющийся задел в области научных основ и технологий переработки РАО позволяет вести дальнейшие исследования в различных направлениях, конечной целью которых будет практическая реализация следующих разработок:

– Разработка новых методов обращения с жидкими и твердыми радиоактивными отходами: 1) получение регенерируемых сорбционных материалов с уникальными физико-химическими свойствами и исследование их сорбционных свойств по отношению к радионуклидам цезия, стронция, кобальта и др. радионуклидам, имеющим значение для технологии обращения с ЖРО; 2) испытание полученных материалов для очистки модельных и реальных ЖРО сложного химического состава, образующихся на различных объектах атомной энергетики (кубовые остатки АЭС, ЖРО, содержащие морскую воду и т.п.); 3) разработка схемы очистки жидких радиоактивных отходов сложного химического состава, содержащих органические загрязнители и лиганды. Ожидаемый результат от внедрения таких материалов и технологий включает сокращение накопленных объемов жидких радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности со слабо- и сильнощелочной реакцией; повышение эффективности и снижение стоимости переработки ЖРО за счет одновременного извлечения радиоизотопов Cs, Sr и Co из жидких сред; снижение объемов образующихся твердых радиоактивных отходов.

– Разработка основополагающих принципов создания гидротермальной технологии переработки промышленных сточных вод и жидких радиоактивных отходов, содержащих комплексы переходных металлов с аминополикарбонowymi кислотами. Решение проблемы иммобилизации токсичных металлов и радионуклидов заключается в переработке сточных вод и ЖРО методами, которые обеспечивают глубокую деструкцию аминополикарбонатных хелатирующих агентов. Наиболее перспективным методом деструкции аминополикарбонатов, содержащихся в сточных водах и ЖРО, согласно предварительным исследованиям, является их гидротермальное окисление, включающее: а) установление закономерностей протекания процессов гидротермальной деструкции аминополикарбонатов в зависимости от природы и степени окисления иона-комплексобразователя, а также дентатности аминополикарбонатного лиганда; б) установление закономерности формирования новой фазы в процессе гидротермальной, в том числе окислительной, деструкции аминополикарбонатов; в) установление закономерности взаимодействия аминополикарбонатных комплексов переходных металлов с оксидной фазой катализаторов в процессе каталитической окислительной гидротермальной деструкции аминополикарбонатов. Понимание природы процессов, протекающих при гидротермальной деструкции аминополикарбонатных комплексов переходных металлов, их движущих сил и закономерностей, откроет путь для развития управляемых гидротермальных процессов, направленных не только на разрушение целого ряда антропогенных поллютантов, но и на синтез новых материалов с использованием аминополикарбонатов в качестве прекурсоров.

– Разработка новых технологий обращения с радиационно-загрязненными отработанными ионообменными смолами (ОИОС) с целью сокращения общих объемов радиоактивных отходов ядерного топливного цикла, снижение экологических рисков и экономических затрат за счет сокращения конечного объема твердых радиоактивных отходов, направляемых на окончательное захоронение. Направление включает решение следующих задач: а) исследование эффективности процессов глубокой дезактивации реальных образцов ОИОС, образующихся на АЭС, и их имитатов с применением химических, электрохимических и гидротермальных методов; б) разработка комплексного подхода к

переработке ОИОС, использованных в различных технологических процессах АЭС и имеющих различную природу загрязнений, с целью их перевода в категорию очень низкоактивных или промышленных отходов, дальнейшее обращение с которыми несёт минимальный экологический риск; с) разработка схемы кондиционирования отработанных резорцин-формальдегидных смол и композитов на их основе с использованием инновационного метода искрового плазменного спекания с получением компаундов с уникальными свойствами.

3) *Материалы для хемосенсорики, оптоэлектронных устройств, хранения данных и т.п.*

Исследования направлены на решение фундаментальной проблемы химии и фотохимии, связанной с исследованием взаимосвязи геометрического и электронного строения комплексов бора и лантанидов и их хемосенсорных, триболоминесцентных и механохромных свойств. Основными задачами являются: синтез и исследование ряда новых люминесцирующих комплексов лантанидов и бора с эффективными триболоминесцентными, механохромными и хемосенсорными свойствами и выявление ключевых факторов, способствующих формированию функциональных оптических свойств. Особое внимание будет уделено получению и исследованию новых соединений, оптические свойства которых чувствительны к различным внешним воздействиям. Такие соединения перспективны для создания смарт-материалов, используемых в области сенсорики, записи и хранения данных, оптоэлектронных устройств. Ожидается, что итогом выполнения проекта станет разработка новых подходов в молекулярной инженерии сенсорных материалов на основе комплексных соединений бора и лантанидов, выявление критериев формирования функциональных оптических свойств.

Частью исследования является также разработка уникальных способов синтеза наноструктурированных оптических материалов, стекол и композитов на основе полимеров и стекол для нового поколения оптических усилителей, УФ-, видимого и ИК-диапазонов, используемых в телекоммуникационных системах и микролитографии. Получение материалов с заданными оптическими и физико-химическими характеристиками на основе наностеклокерамики, выявление закономерностей образования наночастиц в системах на основе оксидов, оксифторидов и фторидов элементов II–VI групп периодической системы, включая фториды лантаноидов, на основе комплексного использования экспериментальных и теоретических методов.

Исследования соответствуют критическим технологиям РФ: 17. Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов; 19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

Одним из важнейших направлений развития современных технологий является поиск новых “smart and intelligent materials”. В последнее время возрос интерес к соединениям, оптические, электрические или магнитные свойства которых чувствительны к различным внешним воздействиям. Такие соединения перспективны для создания материалов, используемых в области сенсорики, хранения данных, различных датчиков, перезаписываемых носителей, защитных чернил и оптоэлектронных устройств.

Совокупность полученных результатов позволит выявить неизвестный на сегодня механизм взаимосвязи структуры, триболоминесцентных, механохромных, оптических хемосенсорных свойств в комплексах бора и лантаноидов и функциональных материалах на их основе.

Будут разработаны новые подходы в молекулярной инженерии сенсорных материалов на основе комплексных соединений бора и лантанидов. Будут получены новые соединения, оптические свойства которых чувствительны к различным внешним воздействиям (механическое действие, аналиты). Такие соединения перспективны для создания смарт-материалов, используемых в области сенсорики, записи и хранения данных, оптоэлектронных устройств. На основе полученных супрамолекулярных соединений и функциональных материалов, содержащих люминофоры, будет создан задел для создания высокочувствительных триболоминесцентных сенсоров и оптических

хемосенсорных полимерных матриц, селективно чувствительных к воздействию летучих соединений (аммиак, амины, бензол, ксилол, толуол, газы-метаболиты).

Кроме того, исследования связаны с получением материалов двойного назначения и включают широкий набор способов синтеза этих материалов. Дальнейшее развитие направления связано с получением оптических стекол и наностеклокомпозитов, активированных РЗЭ (Tb, Pr, Ho, Er, Eu, Tm, Nd) для нужд фотоники, будут созданы научные основы характеристики наноструктурированных и некристаллических оптических материалов и стекол на базе анализа их оптических свойств.

4) *Новые материалы для химических источников тока и синтез новых энергоактивных соединений*

В исследовательскую программу в области создания новых катодных материалов для химических источников тока включены работы как по совершенствованию существующих Li-ионных аккумуляторов, так и разработке новых конструкций, прежде всего, на основе Na и K. С учетом сложившейся ситуации, можно с уверенностью прогнозировать устойчивый спрос на научные разработки в направлении металл-ионных технологий различного уровня.

В этой связи предполагается достижение следующих результатов:

- разработка инновационных решений в области литий-ионных аккумуляторов;
- разработка материалов для натрий-ионных аккумуляторов;
- активизация разработок в направлении калий-ионной технологии накопления энергии.

Предполагается также усовершенствование методов получения модифицированных углеродных волокон и функциональных покрытий на углеродных волокнах. Усовершенствование методов темплатного синтеза наноструктурированных оксидных композитных материалов различного назначения, в том числе перспективных электрокатализаторов для низкотемпературных топливных элементов. Разработка методов синтеза наноструктурированных оксидных композитных материалов, допированных различными элементами для использования их в качестве эффективных анодных материалов Li-ионных батарей, обладающих большой обратимой емкостью.

В области развития научных основ синтеза принципиально новых энергонасыщенных соединений и создания высокоэнергетических конденсированных систем на основе соединений додекагидро-клозо-додекаборатного аниона предусмотрена разработка следующих материалов:

- гетероциклических соединений $B_{12}H_{12}^{2-}$ -аниона и соединений экзозамещенных производных $B_{12}H_{12}^{2-}$ -аниона с explosофорными группами;
- композитов додекагидро-клозо-додекаборатов гексаметилентетрамина, полиэтиленimina, аммония и др. с фторсодержащими окислителями.

Новые соединения и материалы будут превосходить известные на сегодняшний день аналоги по следующим показателям: высокой энергоемкости (до 15 ккал/г); термической устойчивости (начало потери веса не ниже 250 С, температура взрыва 350–360 С); нечувствительности к удару (не менее 100 см при падении груза 2 кг), электрической искре, электромагнитному излучению и др.; полноте сгорания; пассивности по отношению к современным средствам обнаружения взрывчатых материалов, включая биологические (собаками, натренированными на нитросоединения).

По другим показателям (работоспособность в тропических и арктических условиях, высокая надежность и длительностью гарантийного срока хранения и эксплуатации, возможность изготовления изделий любой заданной форме и др.) они будут сравнимы с лучшими образцами, известными на сегодняшний день.

Новые соединения и материалы могут найти применение в виде тонких, ювелирных зарядов малой массы, функционирующих, тем не менее, с высокой стабильностью и надежностью. Это особенно актуально в ракетно-космической технике для разработки систем дистанционной автоматики космических аппаратов. К таким задачам относится и создание миниатюрных средств инициирования взрыва, что особенно важно при строго одновременном многоточечном инициировании зарядов на больших поверхностях для генерации ударных волн требуемой формы, разработка детонационных триггеров и устройств детонационной логики, генерирование СВЧ-плазмы и т.д.

Перспективной областью применения энергоемких материалов является промышленный сектор экономики, в том числе, нефтедобыча (повышения отдачи пластов), машиностроение (поверхностное упрочнение изделий), производство функциональных материалов различного назначения (синтез нитрида углерода, карбонитрида бора, кубического нитрида бора) и др.

5) Стеклокомпозиты – новые конструкционные материалы

Работы в области создания трехслойного стеклометаллокомпозита для высокопрочных корпусов аппаратов различного назначения и разработки технологии корпусов подводных аппаратов для нужд подводной робототехники и техники двойного назначения нацелены на получение стеклометаллокомпозита типа «металл–стекло–металл» и развитие технологии изготовления корпусов глубоководных аппаратов, не имеющей мировых аналогов.

Исследования соответствуют критическим технологиям РФ: 16. Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов; 17. Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов.

Главная научная проблема фундаментальных исследований в данной области – строение пограничного диффузионного слоя металл–стекло–металл, который во многом определяет прочность стеклокомпозита и состоит из наночастиц.

Главная проблема соответствующих прикладных исследований – разработка основ технологии изготовления корпусов подводных аппаратов на основе стеклокомпозита.

Целью фундаментальных исследований, проводимых в рамках предлагаемого направления, является изучение условий получения стеклометаллокомпозита металл–стекло–металл, определение его физико-химических характеристик и изготовление цилиндрических оболочек повышенной прочности, ударной стойкости и эксплуатационной надежности корпусов подводных аппаратов, используемых на различных глубинах (включая предельные) Мирового океана.

Цель прикладных исследований – разработка технологии изготовления модельных корпусов глубоководных автономных необитаемых подводных аппаратов с внутренним диаметром до 200 мм и длиной до 400 мм; разработка рекомендаций для конструирования и изготовления глубоководных аппаратов больших размеров; изготовление корпусов для гидро- и сейсмоакустических измерительных средств.

Анализируя ожидаемые результаты, можно рассчитывать на достижения в области материалов для глубоководной техники, значительно превышающие мировой уровень. Результаты расчётов, проведённых на основе разработанной методики проектирования и расчёта прочного корпуса ПА, и проведенных ранее исследований прочностных характеристик стеклокомпозита показывают, что при равной сопротивляемости к потере устойчивости корпуса из стеклометаллокомпозита в 1,4 раза легче и обладают в 1,5 раза большей грузоподъемностью, чем оболочки из высокопрочного титанового сплава. Значение жёсткости для стеклометаллокомпозита – 29,4 МПа·м³/кг, выше на 30–40 %, чем для титана, при

этом оболочки из СМК более чем в 40 раз дешевле, т.к. изготавливаются из имеющегося в неограниченном количестве сырья. Грузоподъемность прочных корпусов подводных аппаратов из стеклометаллокомпозита, рассчитанных для работы на глубинах 6000 и 9000 м с использованием в расчётах значения предельной прочности стекла на сжатие составляет величину порядка 50–95 % от массы корпуса. Значение плотности по отношению к внешнему объёму для полученных оболочек из стеклометаллокомпозита на 10–20 % меньше соответствующего значения (826 кг/м³) для прочных корпусов ПА, изготовленных из высокопрочных титановых сплавов, которые в настоящее время являются наиболее эффективным материалом для крупногабаритных прочных корпусов, что подтверждает прикладную значимость применения СМК в подводном аппаратостроении. Кроме того, контейнеры из стеклокомпозита могут быть использованы для хранения радиоактивных отходов.

У стеклометаллокомпозита имеется большой резерв для повышения его эффективности, который может быть реализован путём повышения устойчивости цилиндрической оболочки соответствующим конструктивным решением: установкой шпангоутов или сэндвич конструктивным исполнением.

Таким образом, применение стеклометаллокомпозита позволит решить основную проблему, связанную с освоением глубин Мирового океана, создать глубоководную технику, обладающую достаточной положительной плавучестью для работы на любых океанских глубинах.

6) Материалы и технологии для решения экологических проблем – очистка питьевой воды и воды для пищевой промышленности, ликвидация последствий аварийных разливов нефти и переработка других техногенных отходов

Целью исследований является разработка новых материалов и технологий для получения и применения новых сорбционных материалов и флокулянтов в целях обеспечения потребностей промышленных предприятий и коммунального хозяйства, обезвреживания и утилизации их отходов, ликвидации техногенных аварий.

Актуальность данных исследований обусловлена значительным количеством находящихся в России предприятий, требующих экономически оправданных и экологически безопасных технологий обращения с отходами и наличием множества нерешенных проблем в данной области, в том числе при обращении с гальваническими и радиоактивными отходами.

Успех данных исследований позволит достичь значительных экономических выгод и существенно увеличить уровень безопасности промышленного производства, в том числе, в области атомной энергетики, развитие которой является приоритетным направлением модернизации российской экономики.

Практически ориентированные научные результаты будут получены путем синтеза новых материалов и исследования их сорбционных свойств, разработки и апробации технологий их получения и применения. Будут проведены разработки новых методов обезвреживания нефтяных загрязнений, гальванических отходов, локализации радионуклидов в оксидные материалы и создания искусственных геохимических барьеров для фиксации радиационных загрязнений подземных вод.

7) Фторполимерные материалы

Работы в данной области будут посвящены фундаментальным аспектам и методологическим оценкам в изучении механизмов фторирования неорганических высокодисперсных минералов, искусственных и природных полимеров с целью придания им принципиально новых свойств, качественного повышения эффективности применения в традиционных областях и создания новых направлений использования наиболее перспективных материалов. Результаты работ непосредственно связаны с исследованиями и разработками в рамках разделов 2 и 4 (соответственно, защитные покрытия и материалы для химических источников тока). Объекты исследования:

- Возобновляемые источники электрической энергии на основе растительных полимеров:
- синтез и исследование свойств природных и искусственных полимеров различных степеней фторирования;
- исследование влияния физико-химических параметров и фторирующих агентов на энергетические характеристики катодных материалов на основе природных полимеров для химических источников тока.
- Методы синтеза и фракционного разделения ультрадисперсных низкомолекулярных фторполимеров с целью создания многофункциональных покрытий, компонентов металлических, минеральных и полимерных композитов, а также для создания нового направления в синтезе поверхностно-активных соединений для формирования мономолекулярных покрытий по типу «нано-трава» с целью достижения эффекта супергидрофобности, радикального улучшения гидродинамических и аэродинамических характеристик движущихся объектов, для защиты от обледенения воздушных и морских судов, а так же для защиты от обрастания подводной части судов и сооружений.

8) *Материалы для применения в медицине – люминофоры для фотодинамической терапии; магнитные core-shell наночастицы для противоопухолевой терапии; керамические биосовместимые материалы для замены костной ткани*

– *Люминофоры для фотодинамической терапии.* В результате выполнения программы будет научно обоснована (*in vitro, in vivo*) возможность значительного улучшения результатов лечения полосных злокачественных новообразований с использованием метода радиофотодинамической терапии. Будут исследованы принципы поэтапной передачи энергии гамма-квантов на люминофоры на основе фосфатов европия и далее на молекулу фотодитазина. Будет разработан новый метод лечения онкологических заболеваний, а именно радиофотодинамической терапии с использованием комбинации люминофора и фотодитазина. Будут получены данные по эффективности такой терапии на моделях *in-vitro* и *in-vivo*.

– *Магнитные core-shell наночастицы для противоопухолевой терапии.* Построение теории системы взаимодействующих с биологической средой (с белками, липидами и с другими клеточными и неклеточными компонентами крови) магнитных core-shell наночастиц и ее апробации на примере экспериментального исследования влияния core-shell наночастиц $Fe_3O_4-Ta_2O_5$ или $CoFe_2O_4-Ta_2O_5$ на процесс разрушения клеток опухоли при облучении ионизирующим фотонным излучением позволит разработать научные основы создания новых лекарственных препаратов.

В рамках описанного выше исследования предполагается решение следующих задач: а) описание взаимодействия магнитных core-shell наночастиц (частиц покрытых белковой короной) как между собой, так и с клеточными и неклеточными элементами крови; б) построение теории взаимодействующих с биологическим окружением магнитных core-shell (в том числе суперпарамагнитных) наночастиц и проведение теоретических и экспериментальных исследований зависимости магнитных свойств и процессов намагничивания таких наноструктур от характера как магнитного, так и немагнитного воздействия; в) проведение экспериментального исследования влияния взаимодействия магнитных core-shell наночастиц с биологической средой и их распределения в области злокачественной опухоли на процесс апоптоза опухолевых клеток при облучении высокоэнергичным ионизирующим фотонным излучением.

В результате выполнения исследований предполагается разработать теорию системы взаимодействующих с биологической средой магнитных core-shell наночастиц. В рамках этой теории будут изучены зависимость магнитных свойств и процессов намагничивания core-shell наночастиц от характера как магнитного, так и немагнитного взаимодействия, обусловленного электрическим взаимодействием белковой короны, взаимодействием полимерного покрытия наночастицы по углеродным связям, а также взаимодействием белковой короны с клеточными и неклеточными компонентами крови.

Кроме того, на основе экспериментального исследования влияния магнитных рентгеноконтрастных core-shell наночастиц на процесс разрушения клеток опухоли при облучении ионизирующим фотонным излучением предполагается разработать не имеющий аналогов в мировой практике метод повышения эффективности лучевой терапии в онкологии. Этот метод позволит увеличить энерговыделение в облученной ионизирующим излучением опухоли посредством увеличения в ней с помощью магнитного поля концентрации core-shell наночастиц.

– *Магнитные core-shell наночастицы для противоопухолевой терапии.* Основные задачи, которые будут решаться в рамках данного направления, включают подходы, которые будут использованы для достижения цели, включают: а) разработку комплексного (комбинированного) подхода, сочетающего две передовые технологии неорганического синтеза (золь-гель (темплатного) и искрового плазменного спекания (ИПС)) для получения новых наноструктурированных порошков моносилкатов кальция, а также оксидов циркония, титана, алюминия и высокоплотных наноструктурных керамик на их основе, за счет использования различных порообразующих компонентов (темплатов); б) исследование возможности применения усовершенствованного метода реакционного-ИПС (Р-ИПС) для создания керамики с биоактивной основой (ГАП, трикальциевый фосфат, наночастицы золота и серебра); в) накопление, систематизация и формулировка фундаментальных знаний о специфике формирования развитой микроструктуры керамики при темплатном синтезе, особенностях ее изменения при различных параметрах ИПС обработки, в том числе при проведении реакционного-ИПС спекания; г) оценка эффективности применения пост-модификации полученной пористой керамики полимерами и полимерными композициями для повышения биоактивных свойств за счет полимер-контролируемой биоминерализации с формированием на поверхности слоя гидроксипатита, внедрения в полимерный матрикс антибиотиков и наночастиц благородных металлов, а также белков, стимулирующих пролиферацию остеобластов.

9) *Комплексная переработка минерального сырья*

РФ является импортозависимой страной не только по пигментам, но и по материалам на основе редких и редкометалльных элементов, и гидрофторидная технология позволит получать при комплексной переработке сложных по составу ильменитовых концентратов не только чистые (от радиоактивных элементов) белые и красные пигменты, но и концентраты редкоземельных элементов, содержащихся, например, в ильменитовых концентратах Туганского и др. месторождений титансодержащего сырья. В целях развития данного направления исследований предполагается создание в Институте химии пилотного варианта технологического цикла гидрофторидной технологии, что позволит получить данные химико-технологических исследований и представить технико-экономическое обоснование на создание в РФ заводов заданной мощности по принципиально новой безотходной технологии производства пигментов. Это избавит страну от импортных поставок данного вида продукции, а пилотный вариант гидрофторидной технологии будет экспериментальной базой для дальнейших исследований в области разработки перспективных фторидных технологий получения материалов с заданными свойствами.

В Институте разработана технология комплексной переработки отходов борного производства с получением высококачественных цементов, компонентов для повышения прочности бетонов, сорбентов, минеральных удобрений, компонентов защитных покрытий на основе силикатов, которые по стабильности под действием электронного космического излучения превосходят известные аналоги. Исследуются состав, структура и функциональные свойства получаемых материалов.

В рамках исследовательской программы представляет особый научный и практический интерес разработка физико-химических и технологических основ комплексной переработки титан-, бор-, фторсодержащих концентратов и технологических отходов с получением товарной продукции в виде фторидных соединений, материалов для стройиндустрии и, самое важное, получение концентратов редкометалльных

элементов щелочных металлов и бериллия, производство которых в РФ отсутствует в настоящее время. Если потребности в бериллии для РФ останутся на уровне настоящего времени, то в отходах Ярославского ГОКа бериллия (при 100 % извлечении) хватит более чем на 250 лет.

10) *Развитие дифракционных методов исследования веществ со специальными физико-химическими свойствами для поиска новых функциональных материалов*

Развитие современной фундаментальной и технологической химии невозможно без глубокого знания строения вещества на молекулярном уровне. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах позволяет получать сведения об атомном, реальном (дефектном) и электронном строении кристаллических материалов, надежно определять параметры теплового движения атомов и характер межатомных связей в анализируемом соединении. Знание закономерных связей между строением и свойствами кристаллических материалов открывает пути целенаправленного поиска и синтеза новых химических соединений и ведет к возможности регулирования в определенных пределах их физико-химических свойств.

Для решения фундаментальной проблемы поиска и создания основ направленного синтеза новых функциональных и конструкционных материалов промышленного и медицинского назначения планируется дальнейшее развитие дифракционных методов исследования веществ в Институте химии ДВО РАН («Дальневосточном центра структурных исследований (ДВЦСИ)») главным образом по трем направлениям:

– Исследование молекулярного и кристаллического строения монокристаллических объектов различного происхождения; получение на их основе данных о длинах химических связей, типах связей, стерических напряжениях и распределения электронной плотности.

– Исследование поликристаллических объектов, включая наноразмерные материалы; получение на основе проведенных исследований данных о качественном и количественном составе поликристаллов, молекулярном и кристаллическом строении новых химических соединений, размеров кристаллитов и т.д.

– Малоугловые исследования, включая исследование многослойных тонких пленок методами рентгеновской рефлектометрии; получение на основе проведенных исследований данных о размерах частиц, их формах и распределений ориентации в сложных жидкостях, полимерах, биологических материалах, волокнах, нанопорошках и массивных пробах.

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

Круг возможных потребителей и заказчиков исследований в рамках научно-исследовательской программы, может быть очень широк, он включает организации, как государственные, так и частные, связанные с технологиями наукоемкого производства новых материалов и переработки природного и техногенного сырья. Ввиду того, что многие из разработок ИХ ДВО РАН требуют значительных инвестиций, большое значение имеет развитие механизмов взаимодействия с реальными заказчиками в реализации схемы «фундаментальные исследования --- опытно-конструкторские разработки --- пилотные испытания --- опытное производство --- коммерциализация».

РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Развитие Института основано на совершенствовании его кадровой, квалификационной структуры при глубокой интеграции научной и образовательной деятельности, успешном расширении налаженных связей с образовательными и научными организациями не только Приморского края, но и других регионов России. Программа развития научной организации предполагает продолжение и дальнейшее

совершенствование кадровой политики, направленной на обновление и омоложение коллектива Института, при условии максимального сохранения имеющегося научного потенциала высококвалифицированных опытных сотрудников и вовлечения их в процесс передачи молодежи знаний и навыков научной и организационной деятельности.

Квалификационный профессиональный рост научного персонала должен стимулироваться за счет административно-финансовых и моральных рычагов. Системная работа аспирантский и аттестационных комиссий, регулярное проведение сессий (конкурсов научных работ) молодых ученых, хорошо отлаженная работа диссертационного совета, научных семинаров должны обеспечить неуклонный рост профессионального уровня научных кадров, включая подготовку кандидатских и докторских диссертаций. Для омоложения научных кадров в рамках одной из стратегических целей предусматривается популяризация значимости научных достижений; тесное сотрудничество с ведущими вузами страны и региона (главным образом Дальневосточным федеральным университетом – ДВФУ); дальнейшее развитие и совершенствование методов обучения на базовой кафедре «Фундаментальные основы химических технологий» ДВФУ при ИХ ДВО РАН; поиск мер и форм сохранения ученых старшего поколения, стимулирование их к передаче своих знаний и опыта молодежи.

– Институт имеет лицензию на осуществление образовательной деятельности № 0419 от 08 ноября 2012 г. Лицензия бессрочная, предоставлена на основании распоряжения Федеральной службы по надзору в области образования и науки № 4111-06 от 08 ноября 2012 г.

– Институт имеет государственную аккредитацию по категории «высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре» в укрупненной группе профессий, специальностей и направлений подготовки профессионального образования «04.00.00. Химия». Свидетельство о государственной аккредитации № 1544 от 02 декабря 2015 г., срок действия – до 02 декабря 2021 г.

– Действующий диссертационный совет: 11 июля 2008 г. образован совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 005.020.01 при Институте химии ДВО РАН. Специальности, по которым совету разрешено проводить защиту диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук: 02.00.01 – неорганическая химия (химические науки); 02.00.04 – физическая химия (химические науки).

РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ

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

В Институте химии ДВО РАН создана современная, во многом соответствующая мировому уровню, приборная и методическая база для изучения физико-химических проблем направленного синтеза соединений и создания на их основе новых материалов, в том числе нанокompозитов с уникальными свойствами, установления их состава и структуры, разработки теоретических основ комплексного использования природного и техногенного сырья Дальнего Востока, включая ресурсы моря.

Исследования проводятся совокупностью имеющихся методов: структурного анализа, рентгеновской флюоресценции, импедансной спектроскопии, ядерного магнитного резонанса, ядерного квадрупольного резонанса, атомной абсорбции, колебательной спектроскопии, хроматографии, электронного парамагнитного резонанса, туннельной и атомно-силовой микроскопии, дифференциального термического анализа и термогравиметрии, нейтронно-активационного анализа и т.д.

В целом все функционирующее оборудование можно объединить в 6 групп: спектрометрические, хроматографическое, микроскопическое, электрохимическое и прочее оборудование, а также системы производства газов.

Институт имеет следующие уникальные приборы:

Спектрометрическое оборудование

- рентгено-флуоресцентный спектрометр с полным внешним отражением FEI TXRF-8030C (Германия);
- рентгеновские дифрактометры BRUKER SMART 1000 CCD (монокристаллический) и BRUKER D8 ADVANCE (порошковый) (Германия);
- рентгеновский дифрактометр BRUKER KAPPA APEX II для определения атомных структур монокристаллов и изучения диффузного рассеяния (Германия);
- рентгенографическая система с двумя гониометрами для исследования порошковых образцов и поверхностей STOE STADI P (Германия);
- спектрометр ядерного магнитного резонанса BRUKER AVANCE 300 (Германия);
- энергодисперсионный рентгеновский флуоресцентный спектрометр EDX-800HS (Япония);
- инфракрасные Фурье-спектрометры BRUKER EQUINOX 55S (Германия) и SHIMADZU IR-Prestige-21 (Япония);
- двухлучевой автоматический атомно-абсорбционный спектрометр SOLAAR M6 (США);
- пикосекундный лазерный спектрофлуориметр с разрешением по времени FluoTime 2000 (Германия);
- Раман-спектрометр TR77A (Германия);
- Раман-спектрометр BRUKER RFS 100/S (Германия);
- Фурье-спектрометр VERTEX 70 (Германия);
- ЭПР-спектрометр BRUKER EMX-6/1 (Германия);
- спектрофотометр SHIMADZU 1650 (Япония);
- сверхвысоковакуумная установка для исследования поверхности (рентгено-фотоэлектронная спектроскопия, Оже-спектроскопия, ионная спектроскопия, квадрупольная масс-спектрометрия) (SPECS GmbH, Германия).

Хроматографическое оборудование

- жидкостный хроматограф SHIMADZU LC 20A (Япония);
- газовый хроматограф SHIMADZU GCMS-QP2010 (Япония);
- анализатор размеров наночастиц IG-1000 и газовый хроматомасс-спектрометр SHIMADZU GCMS-QP2010Plus с пиролизером Py-2020iD в составе программно-технического комплекса для автоматизации научных исследований (изучение размеров наночастиц и химического состава синтезируемых функциональных материалов) (Япония);
- жидкостный хроматограф/масс-спектрометр SHIMADZU LCMS-2010EV с квадрупольной ионной ловушкой (Япония);
- система двумерной хроматографии Comprehensive GCMS-2010Ultra;
- система капиллярного электрофореза Agilent 3 D (США).

Микроскопическое оборудование

- автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп сверхвысокого разрешения HITACHI S-5500 (Япония);
- туннельные/атомно-силовые микроскопы Solver PRO/PRO M (Россия);

- конфокальный лазерный сканирующий микроскоп для материалографии LEXT OLS 3100 (Германия);

Электрохимическое оборудование

- электрохимическая система 12558WB в сочетании с диэлектрическим интерфейсом 1296 для проведения импедансных измерений производства фирмы «Solartron Mobrey Ltd.» (Великобритания);
- анализатор химических источников тока Solartron Analytical Celltest System 1470E (Великобритания);
- уникальная сканирующая электрохимическая станция LEIS Model 370, оснащенная следующими методиками исследования: локальная электрохимическая импедансная спектроскопия, сканирующая электрохимическая микроскопия, сканирующий вибрирующий зонд, сканирующий зонд Кельвина (фирма «Ametek», Великобритания)
- Сканирующая электрохимическая станция фирмы Applicable Electronics, управляемая программным обеспечением ASET, для проведения измерений методами (SVET) и сканирующим ионоселективным электродом (SIET).

Прочее оборудование

- скретч–тестер RST–S–AE–000 (Германия);
 - поромер Auto Pore IV Model 9505 (Micromeritics, США);
 - MALVERN Zetasizer Nano ZS, прибор для комплексного исследования коллоидных частиц, полимеров и т. д. определение размера частиц, зета-потенциала, абсолютного молекулярного веса (Великобритания);
 - комплекс автоматизированных измерений магнитных свойств материалов с интегрированной системой ожижения гелия замкнутого цикла MPMS-XL–7–EC SQUID (Quantum Design, Inc., США);
 - дифференциальный сканирующий калориметр NETZSCH DSC 204F1 (Германия);
 - приборы для дифференциального термического анализа DSC 204, NETSCH STA 409 CD и NETSCH STA 449 (Германия);
 - установка для изготовления металлографических шлифов METCON (Германия);
- прибор для динамического механического анализа METTLER-TOLEDO DMA/SDTA 861e (Швейцария)

Производство газов

- система для производства фтора Generation F80 (Великобритания);
- криогенная установка для получения жидкого азота LINIT-25 (Великобритания).

На базе уникального дорогостоящего оборудования Института химии ДВО РАН создан центр коллективного пользования «Дальневосточный центр структурных исследований» с целью проведения научных исследований для академических, отраслевых учреждений и учебных заведений Дальневосточного региона.

Значительный прогресс в обеспечении научных исследований Института уникальным оборудованием был обеспечен в период с 2003 по 2012 год, прежде всего за счет централизованных закупок ДВО РАН через «Академинторг». По нескольким позициям имеющиеся в Институте единицы уникального оборудования входят, в пределах своего класса, в число лучших на Дальнем Востоке страны или, в некоторых случаях, в пределах РФ.

Обеспеченность вычислительной техникой весьма высокая. В научных подразделениях Института насчитывается не менее 300 персональных компьютеров и достаточное количество разнообразного периферийного оборудования. В 2012 г. установлен суперкомпьютер (120–процессорный Linux-кластер, пиковая производительность 1.4 терафлопа) для проведения трудоемких, главным образом квантово–

химических, расчетов. Все персональные компьютеры, используемые в работах по несекретным тематикам, объединены в локальную сеть Института и имеют выход в корпоративную сеть ДВО РАН через оптоволоконное соединение со скоростью 1 Гб/сек.

Институт в настоящее время имеет 3 опытно-промышленные технологические установки:

- установка для получения гидрофобных сорбентов на алюмосиликатной матрице, применяющихся для очистки промышленных сбросных вод от примесей нефтепродуктов и пищевых жиров;

- опытно-промышленная установка для синтеза новых флокуляционных композиций «Хитофлок» и «Инстафлок», используемых для очистки питьевой воды. По своим параметрам вода после применения данных композиций соответствует санитарно-гигиеническому нормативу СанПИН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» (водоочистные устройства, реализующие данную технологию очистки, успешно функционируют на предприятиях и в организациях г. Владивостока в частности, в п. Лучегорск, на ОАО «Владивостокский молокозавод», ОАО «Пивоиндустрия Приморья», в ИПМТ, Институте химии ДВО РАН и др.);

- опытно-промышленную установку по производству фторполимерной добавки «Форум».

Все указанные выше технологии защищены патентами РФ, имеются сертификаты, технические условия и другая нормативная документация.

В целом анализ экспериментальной базы показывает достаточно высокий уровень обеспечения работ Института научным оборудованием, которое по ряду позиций отвечает мировому уровню, а по многим позициям превосходит оснащение академических институтов и учреждений высшего профессионального образования РФ. Тем не менее, существует ряд областей, в которых имеется потребность в укреплении материальной базы исследований и разработок. В настоящее время доля оборудования возрастом старше 5 лет составляет более 80 %.

5.2. Основные направления и механизмы развития научно-исследовательской инфраструктуры организации (включая центры коллективного пользования и уникальные научные установки)

Для совершенствования научно-исследовательской инфраструктуры, в частности, для создания Дальневосточного центра морских и климатических испытаний, необходимо обновление, развитие и дальнейшее усиление материальной, организационной, финансовой, информационной, а также правовой компонент имеющейся инфраструктуры:

- 1) Приобретение современного научного оборудования.

- 2) Оптимизация возможностей Центра коллективного пользования ДВЦСИ.

- 3) Консолидация финансовых средств для обеспечения работоспособности и ремонта оборудования находящегося на балансе Института.

- 4) Обеспечение объектов науки услугами сторонних организаций. Ожидается, что эта доля будет увеличиваться в ближайшие годы за счет следующих факторов:

- рост использования современных физико-химических методов в получении принципиально новых результатов научных исследований;

- углубление кооперации с вузами региона (Дальневосточным федеральным университетом) и академическими учреждениями ДВО РАН и других регионов РФ;

- преобразование и расширение инновационной составляющей научного процесса, связанное с ростом числа контактов с реальным сектором экономики, так и с образованием и развитием малых инновационных предприятий при Институте.

5) Наличие «узких мест» и их преодоление при решении задач развития материальной базы, определение приоритетов.

За последние несколько лет в Российской академии наук произошли значительные сдвиги в плане улучшения финансирования оплаты труда сотрудников научно-исследовательских учреждений и обеспечения лабораторий современным оборудованием. Это позволило сохранить кадры в составе Института и привлечь в его штат аспирантов, молодых научных сотрудников и инженеров, а с другой стороны, создать предпосылки для проведения исследований и создания инновационной продукции на современном уровне. С другой стороны, существует ряд серьезных ограничений, преодоление которых позволило бы существенно улучшить эффективность научных исследований и реализовать их инновационных. Среди мероприятий по преодолению этих ограничений можно выделить 2 основные группы: 1) развитие прикладных исследований в сочетании с созданием инновационной инфраструктуры и 2) дальнейшее решение задач финансового обеспечения работ и социальных проблем.

Что касается процессов реализации разработок и инноваций (первая группа), ранее (до 1990-х годов) функцию реализации научных разработок выполняли главным образом отраслевые институты, которые в 1990-е годы практически перестали существовать. В результате задачи внедрения и коммерциализации получаемой высокотехнологичной продукции стали выполняться разработчиками, не всегда обладающими соответствующей квалификацией. Эта ситуация была характерна для большинства институтов ДВО РАН в течение последних 10–15 лет. Соответственно, успех достигался в тех случаях, когда объем производимой высокотехнологичной продукции был невелик. Например, это относится к продуктам торговой марки ФОРУМ, для которых опытное производство было создано в стенах Института химии ДВО РАН. Тем не менее, некоторые более крупные проекты (например, связанные с переработкой рудных концентратов, производством полимерных пленок с добавками редкоземельных элементов, материалов для переработки радиоактивных отходов и очистки питьевой воды и др.) нуждаются в иных, более серьезно проработанных механизмах реализации и развитии материальной базы.

РАЗДЕЛ 6. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Развитие системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований будет осуществляться через механизмы формирования коммуникативных площадок в интернет-среде, путем освещения результатов деятельности Института, прежде всего, на собственном сайте, а также через различные формы представления и популяризации научной деятельности в средствах массовой информации. Основные методы продвижения научной продукции включают в себя:

- создание рекламных материалов, пропагандирующих научные достижения;
- создание нового программного обеспечения и баз данных в области науки и технологий;
- продвижение научной продукции через Интернет и электронные средства массовой информации;
- участие в выставках, ярмарках, фестивалях науки;
- установление неформальных связей с партнерами из бизнеса;
- участие в семинарах и публикации в специализированных изданиях.

При популяризации науки пропагандистские усилия Института в первую очередь адресованы:

- политикам (государственные и местные органы власти);
- бизнесу (в основном промышленности);
- образовательному сообществу;

- гражданскому обществу.

Научные коммуникации будут включать в себя весь объем информационного обмена между научной средой и остальным миром и нацелены на диалог с аудиторией. Для коммуникации с широкой общественностью будут использованы:

- социальные медиа;
- тематический контент на официальных сайтах;
- мероприятия для публики (экскурсии, дни открытых дверей, выставки);
- обучающие семинары, лекции, мастер-классы для широкой публики;
- тематические печатные и онлайн-издания.

Для коммуникации с бизнес-сообществом будут использованы:

- услуги посредников-коммуникаторов (агентств, бюро);
- специальные лицензионные и патентные структуры, отвечающие за коммуникацию с бизнес-организациями и коммерциализацию результатов научной деятельности, центры коммерциализации;
- тематические мероприятия для представителей бизнес-сообщества.

С целью успешной коммерциализации научных исследований и продвижения результатов до потребителей будут использованы маркетинговые технологии для определения ключевого целевого рынка (бизнеса) в качестве отправной точки для всей научно-исследовательской деятельности. Проведение маркетинговых исследований рынка позволит сформировать маркетинговую стратегию, внедрить принципы управления отношениями с клиентами, сформировать интерес у целевого рынка.

Взаимодействие организации с образовательным сектором будет способствовать также популяризации науки, что и при взаимодействии с гражданским обществом. При этом будут использованы следующие подходы:

- создание научно-образовательных объединений, которые осуществляют одновременно генерацию знаний, обмен знаниями и распространение знаний (ассоциации, консорциумы);
- совместное участие научных и образовательных организаций в различных конкурсах;
- организация регулярных встреч и форумов представителей научных и научно-образовательных организаций;
- распространение электронных и печатных изданий, освещающих проблемы науки и образования;
- анкеты, в которых представители научных организаций, образовательного сектора и бизнеса могут вписать и отправить свои предложения.

При взаимодействии с образовательными организациями будет осуществляться проведение совместных исследований, написание совместных научных работ.

В течение последних 10 лет произошел значительный рост уровня публикаций организации. В частности, годовое число публикаций в зарубежных журналах выросло с 20–25 в 2010–2011 гг. до 100 и более в 2016–2018 гг. Постоянно растет число публикаций и уровень цитирования в Web of Science & Scopus (см. раздел 3.4). В ближайшие годы особое внимание будет уделено повышению качества публикаций (числу статей в журналах с импакт-факторами 3–4 и выше, 1 и 2 квартили).

В Институте имеется опыт организации международных мероприятий: Международный симпозиум по сорбции и экстракции (2008–2012 гг.), Международный симпозиум «Химия и химическое образование» (2011, 2014, 2017 гг.), Asian Symposium on Advanced Materials (2007 г.). Организация симпозиумов во Владивостоке осложняется рядом факторов, таких как дальность перелетов и трудности получения визы для

зарубежных участников. В последние годы проблема получения виз упростилась для участников из стран Азии, что дает перспективу развития в этом направлении. Другое направление – участие в организации мероприятий в других городах России (например, 5 Международный симпозиум по сорбции и экстракции проходил в Санкт-Петербурге в 2012 г.).

Институт ежегодно обеспечивает публикацию номеров журнала Дальневосточного отделения Российской академии наук «Вестник ДВО РАН». Направления развития здесь – 1) создание переводной версии журнала «Вестник ДВО РАН»; 2) создание нового журнала, посвященного химическим наукам с повышением его статуса (цитирование в РИНЦ, Web of Science & Scopus); 3) сотрудничество с российскими химическими журналами, цитируемыми в Web of Science & Scopus (пример: журнал «Химическая технология»).

РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Основные направления развития системы управления организации:

- совершенствование структуры организации (объединение подразделений, создание новых лабораторий и временных коллективов и т.д.) в целях концентрации усилий на приоритетных направлениях науки и технологии, определенных в национальных стратегиях развития;
- создание отдельных подразделений и малых инновационных предприятий, нацеленных на практическую реализацию полученных фундаментальных результатов и поиск партнеров для реализации разработок в промышленном масштабе;
- углубление сотрудничества с ведущими вузами Дальнего Востока и других регионов России и учреждений Российской академии наук в целях развития междисциплинарных исследований.

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

– Важнейшее направление деятельности ИХ ДВО РАН при достижении значений целевых показателей национального проекта «Наука» связано с ростом числа публикаций в изданиях, индексируемых в российских (РИНЦ) и международных (Web of Science, Scopus) базах данных, и повышением их качества (публикация в журналах с высоким импакт-фактором, прежде всего, 1 и 2 квартили). К 2021 году предполагается увеличение количества статей, цитируемых в Web of Science (не менее, чем до 150) и Scopus (не менее, чем до 180). Подробная информация – в таблице целевых показателей Программы развития. *(Цель № 1 Национального проекта «Наука»)*

– За последние 5 лет в ИХ ДВО РАН ежегодно было подано от 12 до 20 заявок на получение охранных документов на объекты интеллектуальной собственности (патенты на изобретение, программы для ЭВМ и т.п.). В 2019–2021 годах предполагается стабильный рост числа поданных заявок и развитие комплекса мероприятий для практической реализации разработок. Подробная информация – в таблице целевых показателей Программы развития. *(Цель № 1 Национального проекта «Наука»)*

– В 2018 году 80 сотрудников ИХ ДВО РАН (научные сотрудники (исследователи) и инженерно-технический персонал) стали авторами статей, опубликованных в журналах 1 и 2 квартили. В течение ближайших лет предполагается рост числа авторов таких статей, в том числе, за

счет концентрации усилий исследователей и разработчиков на прорывных направлениях развития научно-технологического комплекса. (Цель № 2 Национального проекта «Наука»)

– В течение последних 5 лет доля исследователей ИХ ДВО РАН в возрасте до 39 лет составляла около 35–40 % (в зависимости от конкретного года). Ожидается рост данного показателя за счет проведения мероприятий, отраженных в Разделе 7 Программы развития, с достижением уровня показателя в 50 % в 2024 году. (Цель № 2 Национального проекта «Наука»)

– Доведенный лимит финансирования на обновление приборной базы ИХ ДВО РАН в 2019 году составляет 76656,15 тыс. руб. С учетом текущей оценки стоимости оборудования на балансе организации (~ 1100 млн. руб.), необходимо дальнейшее финансирования обновления приборной базы для достижения уровня обновления в 50 % (соответствующие суммы включены в п. 1 раздела 9).

РАЗДЕЛ 9. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

№	Показатель	Единица измерения	Отчетный период	Значение				
				2019 год	2020 год	2021год	2022 год	2023 год
1.	Общий объем финансового обеспечения Программы развития ¹	тыс. руб.	320830,1	338620,74	325889,43	318894,15	318894,15	318894,15
	Из них:							
1.1.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из федерального бюджета	тыс. руб.	229764,5	215452,8	221972,3	224599,6	224599,6	224599,6
1.2.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-

¹ Указывается в соответствии с планом финансово-хозяйственной деятельности организации

1.3.	субсидии, предоставляемые в соответствии с абзацем вторым пункта 1 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации	тыс. руб.	3950,3	76915,64	81174,63	81137,65	81137,65	81137,65
1.4.	субсидии на осуществление капитальных вложений	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-
1.5.	средства обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-
1.6.	поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности	тыс. руб.	87115,3	46252,3	103779,41	111043,97	22742,5	22742,5
1.6.1.	В том числе, гранты	тыс. руб.	57808	27000	5800	5800	5800	5800

Примечания:

- 1) Пункт 1 и 1.3: в 2019 году добавлена выделенная сумма; в дальнейшем добавлены ориентировочные суммы для достижения 50 % обновления приборной базы.
- 2) Пункт 1.3 также включает стипендии.
- 3) Пункт 1.6: в 2018 и 2019 году указаны суммы согласно ПФХД; в 2020 и 2021 году указаны суммы согласно направленным целевым показателям (от 25.03.2019).
- 4) Пункт 1.6.1: указаны выигранные гранты (РНФ, РФФИ), дальнейшее финансирование будет осуществляться по результатам конкурсов.

Директор ИХ ДВО РАН

чл.-корр. РАН

13 мая 2019 г.



С.В. Гнеденков