

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения
Российской Академии наук

Утверждено

Директор, доктор геолого-
минералогических наук
Перепелов А.Б.

30.12.2019



Программа развития

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской Академии
наук на 2019-2024 годы

г. Иркутск

2019 год

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской Академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИГХ СО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	664033, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1А
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	1. Генераторы знаний
2.2.	Категория организации	1-я категория
2.3.	Основные научные направления деятельности	<ul style="list-style-type: none"> - геохимия эндогенных и экзогенных процессов, химическая геодинамика, изотопная геология, минералогия (СНТР РФ, пункт 20.ж – получение фундаментальных знаний о процессах эволюции вещества Земли); - экспериментальное и компьютерное физико-химическое моделирование геохимических процессов (СНТР РФ, пункт 20.а – развитие численных методов исследований геологических, геохимических и минералообразующих процессов, создание цифровых моделей эволюции природных и природно-антропогенных систем; пункт 20.ж – построение и верификация прогнозных моделей взаимодействия человека и природы). - глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата: экологическая геохимия и палеоклиматология (СНТР РФ, пункт 20.а – цифровизация геоэкологических и палеоклиматических исследований; пункт 20.ж – изучение экологических и климатических последствий взаимодействия человека и природы, в т.ч. уникальной геосистемы оз. Байкал); - геохимия процессов рудообразования, геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых (СНТР РФ, пункт 20.ж – получение новых знаний о процессах рудообразования и развитие методов поисков сложно открываемых месторождений Сибири и Дальнего Востока; пункт 20.а – роботизация геолого-поисковых исследований и цифровизации геологической отрасли); - физическое материаловедение (СНТР РФ, пункт 20.а – получение новых материалов с заданными свойствами; пункт 20.б – создание новых материалов для использования возобновляемых источников энергии; пункт 20.д – создание эффективных сцинтилляционных и термолюминесцентных детекторов; пункт 20.ж – разработка новых технологий для получения перспективных материалов); - химические, физические и физико-химические методы аналитических исследований в науках о Земле (СНТР РФ, пункт 20.а – развитие инструментальных методов и цифровой обработки аналитических данных, получение информации о составе и структуре объектов окружающей среды; пункт 20.ж – разработка новых методов аналитических исследований и стандартных образцов).

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

2.1. Цель Программы развития

Программа развития Института геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН разработана на период с 2019 по 2024 год и ставит своей целью укрепление лидирующих позиций организации в фундаментальных исследованиях в области Наук о Земле по профилю «Генераторы знаний» в соответствии с основными направлениями научной деятельности организации и государственными заданиями.

Программа развития является основой для достижения организацией высокой результативности научных и прикладных исследований в среднесрочный период в соответствии с целями и задачами Федеральных проектов 2 и 3 Национального проекта «Наука», приоритетами Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, целями и задачами 1-го этапа Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» на 2019-2024 года, Стратегией развития геологической отрасли на период до 2030 года, Стратегией развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 года, задачами «Плана комплексного развития Сибирского отделения Российской академии наук с учетом приоритетов и долгосрочных планов развития Сибирского федерального округа» и положениями «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года».

Исследовательская цель Программы развития заключается в получении и систематизации новых знаний и поиске прорывных решений по основным направлениям научной деятельности – геохимия эндогенных и экзогенных процессов в эволюции Земли, химическая геодинамика, изотопная геология, минералогия, рудообразование, разработка и применение поисковых рудно-геохимических, геоэкологических, палеоклиматических и аналитических методов исследований, физико-математическое моделирование природных и природно-антропогенных систем, экспериментальная геохимия, физическое материаловедение, химические, физические и физико-химические методы аналитических исследований в науках о Земле.

Достижение целей Программы развития будет сопровождаться, прежде всего:

- значительным повышением публикационной активности научного коллектива организации (увеличение количества научных статей, опубликованных сотрудниками организации в изданиях, индексируемых в международных базах данных на ~ 40%, увеличение численности ученых организации, имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, не менее чем до 40% от общей численности исследователей),
- развитием кадрового потенциала с увеличением численности молодых ученых до 50 % от общего числа научных сотрудников ИГХ СО РАН;
- обновлением приборной базы и инфраструктуры исследований, развитием кадрового потенциала с увеличением численности молодых ученых,
- развитием образовательной деятельности на базе аспирантуры и магистратуры, активизацией взаимодействия с ВУЗами и международного сотрудничества,
- ростом внебюджетного финансирования (не менее 25% от объема финансирования на выполнение государственного задания) с повышением востребованности разработок и услуг,
- активной патентной и лицензионной деятельностью, развитием образовательной деятельности на базе аспирантуры и магистратуры, активизацией взаимодействия с ВУЗами и международного сотрудничества.

2.2. Задачи Программы развития

Главными задачами Программы развития являются выполнение государственных заданий на проведение научно-исследовательских работ и последовательное достижение организацией в период с 2019 по 2024 год следующих показателей результативности:

- увеличение количества научных статей, опубликованных сотрудниками организации в изданиях, индексируемых в международных базах данных на ~ 40% по итогам 2024 года,
- развитие междисциплинарных геологических, физических, биологических и аналитических исследований,
- увеличение числа заявок на получение патентов на изобретение и количества заключенных лицензионных договоров (не менее 1-ой заявки и 1-го договора в год),
- увеличение количества полученных охранных документов на РИД (не менее 2-х документов в год),
- увеличение объема внебюджетных средств не менее чем до 25% от объема финансирования на выполнение государственных заданий по итогам 2024 года,
- увеличение численности научных сотрудников организации не менее чем на ~ 15% по итогам 2024 года,
- увеличение численности исследователей в возрасте до 39 лет не менее чем до 50% от общего числа научных сотрудников организации по итогам 2024 года,
- развитие аспирантуры организации с числом обучающихся по базовым научным специальностям в количестве не менее чем 20 аспирантов в год,
- обеспечение грантовой поддержки исследований молодых ученых по программам РФФИ, РФФИ, Президента РФ и других научных, в том числе международных фондов,
- увеличение численности аспирантов, защитившихся в срок от 1 до 2-х в год,
- открытие в организации магистратуры с доведением числа обучающихся в магистратуре до ~ 5 магистрантов по итогам 2024 года,
- поддержка работы диссертационного совета организации с приемкой к защите работ не менее чем по 3-м научным специальностям, доведение соответствия членов диссертационного совета требованиям ВАК до 100% по итогам 2020-2024 годов,
- увеличение численности ученых организации, имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, не менее чем до 40% от общей численности исследователей по итогам 2024 года,
- обновление приборной базы организации не менее чем на 50% балансовой стоимости всего научного оборудования по итогам 2024 года,
- увеличение доли отечественного научного оборудования в общей балансовой стоимости научного оборудования организации по итогам 2024 года,
- увеличение времени работы центра коллективного пользования в интересах третьих лиц к фактическому времени работы центра не менее чем до 60% по итогам 2024 года,
- увеличение доли исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет не менее чем до 50%,
- обеспечение организации и проведения крупных научных конференций (не менее 6 конференций в период 2019-2024 год),
- организации до 2-х новых молодежных лабораторий в рамках приоритетов СНТР РФ (пункты 20.а; 20.б) по итогам 2024 года,
- обеспечение сотрудничества с ВУЗами с поддержкой работы не менее 3-х базовых кафедр, 2 базовых лабораторий, реализацией совместных образовательных программ в формате сетевого проектного образования и НОЦ,
- развитие и совершенствование системы довузовского образования в области Наук о Земле по действующей программе «Геошкола»,
- организация тематического электронного журнала на русском и английском языках с его включением в одну из международных баз данных по итогам 2024 года,
- развитие локальной вычислительной сети организации с увеличением скорости доступа до 1000 Мб/сек,
- активизация представления результатов исследований организации в сети Интернет и в средствах массовой информации,
- развитие международного сотрудничества, прежде всего с научными организациями Италии, Германии, Великобритании, Монголии, Китая, Японии, Тайваня, Вьетнама, Индии и

Белоруссии, участие в международных проектах, в совместных экспедиционных исследованиях, в работе редколлегий зарубежных научных журналов,

- совершенствование инфраструктуры научных исследований в части создания дополнительного блока «чистых комнат» для обеспечения работы современного прецизионного аналитического оборудования,

- проектирование и строительство блока общего назначения для размещения новых аналитических и научно-исследовательских лабораторий, административных и хозяйственных служб,

- приобретение служебного жилого фонда для обучающихся в аспирантуре и магистратуре в рамках развития образовательной деятельности, в том числе по программам международного обмена.

РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА

«ГЕОХИМИЯ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ, РУДООБРАЗОВАНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ»

Ключевые слова: мантийно-короевое и плюм-литосферное взаимодействие, геодинамические обстановки, крупные изверженные провинции, мантийная гетерогенность, источники магм, петрологические и изотопно-геохимические исследования разновозрастных вулканических, магматических, метаморфических комплексов пород, рудные месторождения, геохимические и геофизические методы поисков полезных ископаемых, месторождения стратегических металлов и неметаллического сырья, геохимия и минералогия благородных и редких металлов, экологическая геохимия, моделирование природных процессов, экологические сценарии, водные и наземные экосистемы, миграция и трансформация форм химических элементов, палеоэкология, геохимические циклы, палеоклиматические записи, кристаллические и аморфные функциональные материалы, сцинтилляторы, свечение, неэмпирические расчеты, люминофоры, радиационные дефекты, кварц, апконверсия, рост кристаллов, кварцевое стекло, мультикристаллический кремний, физико-химические исследования, эксперимент, минералообразование, наносистемы, элементный, изотопный и вещественный состав природных и техногенных сред, геоанализ, матричные многопараметрические стандартные образцы.

Коды рубрикатора ГРНТИ: [38.01.77](#) [38.01.94](#) [38.15.17](#) [38.17.21](#) [38.19.15](#) [38.29.15](#) [38.33.03](#) [38.33.15](#) [38.33.17](#) [38.33.19](#) [38.33.23](#) [38.33.27](#) [38.35.15](#) [38.35.19](#) [38.35.21](#) [38.37.17](#) [38.37.19](#) [38.37.21](#) [38.37.91](#) [38.39.15](#) [38.41.15](#) [38.41.19](#) [38.41.21](#) [38.41.27](#) [38.41.29](#) [38.49.15](#) [38.49.17](#) [38.49.19](#) [38.51.19](#) [38.57.15](#) [38.57.23](#)

3.2. Аннотация научно-исследовательской программы

Научно-исследовательской программой ИГХ СО РАН на период с 2019 по 2024 год планируется продолжение и активизация исследований по основным научным направлениям организации с перспективой получения новых фундаментальных знаний в области Наук о Земле, разработкой и применением новых методов аналитических и экспериментальных исследований, поиска новых решений в области физического материаловедения.

По **Направлению 1 «Геохимия эндогенных и экзогенных процессов в эволюции Земли...»** планируется изучение процессов геолого-геохимической эволюции литосферы кратонов и складчатых поясов, разработка и совершенствование методических подходов к прогнозированию размещения месторождений и рудопроявлений. Будут проводиться петрологические, геохимические, минералогические и изотопно-геохимические исследования магматических и метаморфических, в том числе ультраосновных,

лампроитовых, карбонатитовых, гранитно-пегматитовых, щелочно-гранитных и офиолитовых комплексов пород в различных геодинамических обстановках, а также связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

Планируемые исследования по **Направлению 2 «Экспериментальное и компьютерное физико-химическое моделирование геохимических процессов»** включают: создание моделей эволюции кристаллического вещества при минералообразовании; изучение природных и синтетических малоразмерных объектов; разработку критериев прогноза и поисков полезных ископаемых и внедрение их в практику геологических работ; проведение интегральной оценки техногенного загрязнения; построение и верификацию прогнозных климатических моделей, обоснование и предложение рекомендаций о возможных последствиях развития геоэкологических и климатических рисков.

Научно-исследовательские работы по **Направлению 3 «Глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата: экологическая геохимия и палеоклиматология»** будут направлены на изучение вещественного состава абиотических и биотических компонентов окружающей среды, процессов взаимодействия природных и созданных человеком экосистем, разработку прогноза их техногенных изменений и сохранения качества окружающей среды. Планируется изучение биогеохимических циклов химических элементов в наземных и водных экосистемах Восточной Сибири и других регионов, в различной степени подверженных антропогенному воздействию. Большой объем ранее накопленных мониторинговых данных является существенным заделом по изучению процессов миграции элементов, связывающих все компоненты биосферы в единое целое.

Будут выполнены реконструкции разномасштабных по времени и амплитуде изменений наземных и пресноводных геосистем в позднем кайнозое, что необходимо для установления отклика регионального климата и ландшафтов на глобальные изменения природной среды. Актуальность таких исследований определяется необходимостью выяснения причин и механизмов формирования современного климатического тренда, создания его прогнозных моделей. Будут изучены непрерывные, высокоразрешающие, датированные записи изменения природной среды, полученные из торфяников и донных отложений озер. Новизна предлагаемых исследований заключается в возможности получения и использования природных архивов, введения в палеоэкологический анализ широкого спектра климатических маркеров.

В соответствии с **Направлением 4 «Геохимия процессов рудообразования, геохимические методы поисков...»** планируется усиление исследований благороднометалльных и редкометалльных рудообразующих систем складчатых поясов Востока Сибири и Дальнего Востока, а также прилегающих структур соседних стран Азиатского континента. Исследования направлены на выявление фундаментальных основ геолого-геохимической эволюции процессов рудообразования в различных геодинамических обстановках, разработку и совершенствование методических основ прогнозирования месторождений и рудопроявлений. Планируется переход к передовым цифровым и роботизированным беспилотным системам, реализующим методы комплексного дистанционного зондирования Земли, а также к поисковым геохимическим методам в условиях вечной мерзлоты и ионно-абсорбционных методик съемки. В ближайшие пять лет значительное внимание будет уделяться развитию методов комплексной обработки и интерпретации больших объемов геоданных, как на локальном уровне, так и в отношении регионального геологического прогноза, развитию методов обработки и классификации геоданных на эталонных объектах.

В задачи исследований по **Направлению 5 «Физическое материаловедение»** входит создание новых оптических материалов и технологий их получения для применения в качестве эффективных детекторов ионизирующего излучения, люминофоров, оптических компонент силовой оптики и солнечных элементов. Разработка нового высокоэффективного материала для регистрации ионизирующих излучений на основе дигалоидов щелочноземельных металлов, галоидов щелочных и щелочноземельных металлов со

смешанным составом, стекол, активированных редкоземельными элементами. Поиск новых сред для эффективных люминофоров в синей и ультрафиолетовой областях спектра и апконверсионных люминофоров. Разработка технологии промышленного получения высокотемпературной оптической и радиопрозрачной керамики и стекол высокой степени однородности. Разработка способов получения кремния с целью создания высокоэффективных солнечных элементов.

Основой для выполнения задач научно-исследовательской программы является планируемое развитие **Направления 6 «Химических, физических и физико-химических методов аналитических исследований...»**. Программа развития аналитических исследований предусматривает реализацию новых подходов в получении знаний о вещественном, элементном и изотопном составе природных и техногенных сред, создание новых аналитических методик, разработку уникальных не имеющих аналогов в России и за рубежом матричных многопараметрических стандартных образцов для изучения элементного, изотопного и вещественного состава природных и техногенных сред, изучение редких и новых минералов с использованием традиционных и современных аналитических методов.

3.3. Цель и задачи научно-исследовательской программы

Направление 1 «Геохимия эндогенных и экзогенных процессов в эволюции Земли...». Целью направления является решение актуальных задач по петрологии и рудоносности ультраосновных и основных магматических комплексов (Cu, Ni, Cr, ЭПГ), процессов плюм-литосферного и мантийно-корового взаимодействия и геохимического рециклинга, внутриплитного вулканизма, офиолитовых комплексов, процессов формирования рудных месторождений зон субдукции (Cu, Au, Co, Pb), рудоносности уникальных проявлений кимберлитового, лампроитового, карбонатитового (Ta, Nb, Zr, Hf, PЗЭ, Y, Ba, Sr, Ti, P), гранитного и щелочно-гранитного магматизма (Li, Be, PЗЭ, Ti, Ta, Nb, Zr, W, Sn, Au, Th, U и др.), докембрийских гранит-зеленокаменных и гранулит-гнейсовых комплексов. Основными задачами будут: создание генетических моделей формирования и эволюции магматических и метаморфических комплексов, и связанных с ними рудообразующих систем с разработкой критериев их поисков; установление изотопно-геохимических индикаторов мантийно-корового взаимодействия в различных геодинамических обстановках, включая систематику традиционно используемых радиогенных (Sr-Nd-Pb-Hf) и стабильных (O-C-S-Li-Mg) изотопов; характеристика геохимической подвижности элементов, в том числе стратегически важных редких элементов, выявление минералов-концентраторов рудного вещества, признаков потенциальной рудоносности пород и последующего металлогенического прогноза; характеристика уникальных процессов и обстановок минералообразования (в том числе метасоматического и пирометаморфического), не имеющих аналогов в мире.

Направление 2 «Экспериментальное и компьютерное физико-химическое моделирование геохимических процессов». Цель исследований – выявление закономерностей геохимической эволюции природных процессов методами экспериментального и компьютерного физико-химического моделирования в поликомпонентных и многофазных системах, а также микроскопическими, спектроскопическими и рентгеноструктурными методами изучения поверхности минералов, дефектов, нано- и микрофазовых включений, кластеров и агрегатов. Основные задачи включают создание экспериментальных и вычислительных моделей: эволюции кристаллического вещества при минералообразовании, использование в практических целях типоморфных и типохимических признаков минеральных кристаллов, мобилизации и транспортировки металлов в составе постмагматических, метаморфогенных или катагенных флюидов в различных геодинамических обстановках; взаимодействия атмосферных аэрозолей, водных растворов, донных отложений и почв; реконструкции абиогенной части

осадочных отложений с целью расчета соотношения минералов-индикаторов климата в донных отложениях озер Байкальского региона.

Направление 3 «Глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата: экологическая геохимия и палеоклиматология». Целью работ в области экологической геохимии является изучение биогеохимических циклов химических элементов в наземных и водных экосистемах Восточной Сибири, в различной степени подверженных антропогенному воздействию. Основные задачи включают: проведение мониторинговых работ, направленных на выявление динамики химического состава абиотических и биотических компонентов природно-техногенных экосистем; изучение состава почв, донных отложений, производственных отходов, атмосферных выпадений, поверхностных, подземных и поровых вод, гидробионтов и наземных растений, биосубстратов человека; изучение мобильности химических элементов и механизмов их миграции во взаимодействующих абиотических средах и трофических цепях живых организмов водных и наземных экосистем; создание физико-химические модели взаимодействия атмосферных аэрозолей, водных растворов, донных отложений и почв; биогеохимические исследования трансформации форм химических элементов в системе «почва-растения» под воздействием различных биопрепаратов; моделирование потенциальных рисков для экосистем и человека; геохимическое картирование распределения элементов на изучаемых территориях с применением ГИС-технологий.

Целью палеоклиматических исследований является реконструкция разномасштабных по времени и амплитуде изменений природной среды и климата юга Восточной Сибири на протяжении позднекайнозойского этапа ее истории и создание методической основы для верификации прогнозных моделей регионального/глобального климата. Для этого необходимо решение следующих задач: получение высокоразрешающих осадочных архивов различного генезиса - озерных, торфяных - вдоль субширотно/субмеридионального трансекта через экотонные ландшафты юга Восточной Сибири; проведение комплексного литологического, гранулометрического, геохимического, палеонтологического антракологического, палео- и петромагнитного, элементного и изотопного ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, ТОС) анализа отложений; получение изотопных характеристик ($\delta^{13}\text{C}$, δD) метана из осадков малых озер Прибайкалья и выявление механизмов генерации осадочного метана в континентальных озерах Центральной Азии; создание палеоэкологических сценариев динамики доминирующих ландшафтов региона в позднем плейстоцене-голоцене.

Направление 4 «Геохимия процессов рудообразования, геохимические методы поисков...». Целью работ является проведение геолого-геохимических исследований благороднометалльных и редкометалльных рудообразующих систем складчатых поясов Востока Сибири и Дальнего Востока, а также прилегающих структур соседних стран Азиатского континента для реконструкции процессов рудообразования в различных геодинамических обстановках, разработки и совершенствования методических основ прогнозирования и поиска рудных месторождений. Целью работ по развитию поисковой геохимии является разработка, научное обоснование и внедрение в практику комплекса новых методов, обеспечивающих высокоэффективное геологическое изучение недр. Основные задачи включают: развитие геохимических методов поисков слепых месторождений (биогеохимических, литолого-геохимических с применением малоглубинного бурения переносными установками и портативных РФА-анализаторов); освоение метода ионно-адсорбционной геохимической съемки; региональный и локальный прогноз оруденения, в т.ч. с использованием новых методов обработки больших геоданных для создания карт прогноза; развитие методов применения БПЛА (геохимических, геофизических, лидарных); подготовка квалифицированных кадров с компетенциями мирового уровня в области поисков рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях, в т.ч. в формате проектной работы и развития юниорского геологоразведочного бизнеса на основе созданных РИД.

Направление 5 «Физическое материаловедение» Целью исследований является создание новых высокоэффективных материалов для разработки детекторов ионизирующего излучения, люминофоров в синей и ультрафиолетовой области, апконверсионных преобразователей инфракрасного излучения в видимое, радиопрозрачной термостойкой кварцевой керамики для высокоскоростных летательных аппаратов, оптически однородного и легированного кварцевого стекла для силовой оптики, кремния для солнечной энергетики. Будут решаться следующие основные задачи: разработка нового высокоэффективного материала для регистрации ионизирующих излучений на основе диалкоидов щелочноземельных металлов, галоидов щелочных и щелочноземельных металлов со смешанным составом, стекол, активированных редкоземельными элементами; поиск новых сред для эффективных люминофоров в синей и ультрафиолетовой областях спектра и апконверсионных люминофоров; поиск новых нетрадиционных источников природного особо-чистого кварцевого сырья; разработка промышленных технологий получения особо-чистых кварцевых концентратов с целью получения термостойкой радиопрозрачной керамики для высокоскоростных летательных аппаратов и оптического кварцевого стекла; поиск и разработка на основе природного кварцевого сырья методов получения оптически однородного кварцевого стекла для силовой оптики; разработка нетрадиционных методов получения кремния с целью создания высокоэффективных солнечных элементов.

Направление 6 «Химические, физические и физико-химические методы аналитических исследований в науках о Земле». Целью планируемых аналитических исследований является получение новых знаний о вещественном, элементном и изотопном составе горных пород, руд и минералов, создание и актуализация национальных стандартных образцов состава природных и техногенных сред, а также развитие и совершенствование методов и методик геоанализа. Для расширения списка и снижения пределов обнаружения определяемых элементов, их изотопов и соединений, повышения точности и экспрессности химического анализа геосред планируется приобретение, испытание и освоение нового аналитического оборудования, поиск рациональных схем и оптимальных условий пробоподготовки образцов при использовании современного (нового и модернизированного) аналитического оборудования.

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

Направление 1 «Геохимия эндогенных и экзогенных процессов в эволюции Земли...». Генетические аспекты формирования магматических и метаморфических комплексов различных геодинамических обстановок представляют важную информацию для понимания процессов эволюции земной коры и мантии, смены тектонических стилей и формирования рудно-магматических систем от раннего архея до фанерозоя (кайнозоя). Петролого-геохимические и геолого-геодинамические исследования, выполняемые в ИГХ СО РАН, включают целый ряд актуальных направлений. Это изучение ультраосновных реститовых массивов и расслоенных габброидных интрузий, как фрагментов офиолитовых комплексов конвергентных тектонических зон (Gornova et al., 2013), и связанных с ними месторождений хромитов. Образование дунит-пироксенит-габбровых интрузий связанных с островодужным магматизмом, а также базит-ультрабазитовых интрузий кратонов и складчатых поясов, образование которых вызвано мантийными плюмами (Ni-Cu-ЭПГ минерализация) (Изох и др., 2016; Мехоношин и др., 2016, 2018; Ernst et al., 2016). Исследование кимберлитов, карбонатитов и ксенолитов из них направлены на решения проблем строения и эволюции континентальной литосферы, астеносферы, а также генезиса алмаза (Kostrovitsky et al., 2016, 2018; Kostrovitsky, 2018; Shatsky et al., 2016, 2018; Sun et al., 2017; 2018). Проблемы геохимического рециклинга, связанного с дегидратацией и плавлением в зонах субдукции (Шацкий и др., 2015), формированием надсубдукционных и внутрислитных магм (Перепелов и др., 2014, 2017) и генезиса ассоциирующих с ними рудных месторождений занимается целый ряд крупных научных коллективов России, Китая,

Германии и многих других стран. Одним из наиболее обсуждаемых вопросов в мировой петрологии является формирование дифференцированных и бимодальных вулканических серий пород (Перетяжко и др., 2015, 2018; Воронцов и др., 2015), в т.ч. средних и кислых расплавов первично-мантийной природы (Перепелов и др., 2014). Традиционными являются исследования докембрийского и фанерозойского гранитоидного магматизма и метаморфических комплексов коллизионных и внутриплитных геодинамических обстановок с разработкой вещественных критериев их различий и рудоносности (Скузоватов и др., 2016, 2017; Skuzovatov et al., 2016, 2019). Проводится оценка роли процессов мантийно-корового взаимодействия в развитии и формировании редкометалльно-гранитоидного магматизма на эталонных комплексах Центральной Азии (Прибайкалье, Забайкалье, Монголия) (Антипин, Перепелов, 2011; Antipin et al, 2016; Макрыгина, Антипин, 2018). Вопросы генезиса и возраста крупных проявлений гранитных пегматитов, геодинамической позиции, источников и влияния мантийно-коровых процессов на особенности редкометалльной специализации рассмотрены для пегматитовых полей Забайкалье (Загорский и др., 2015; Zagorsky et al., 2015) и Тувы (Кузнецова и др., 2018). Исследования данного направления соответствуют мировому уровню и необходимы для реконструкции условий генезиса рудоносных магм при формировании гранитно-пегматитовых систем.

В Восточной Сибири открыты и охарактеризованы все типовые структуры континентальной коры Земли (в докембрии - гранит-зеленокаменные и гранулит-гнейсовые области, парагнейсовые комплексы), подвижные пояса докембрия и фанерозоя (Петрова, Левицкий, 1984; Левицкий, 2006 и др.). Их изучение современными методами, сравнение с другими областями Лаврентии и Гондваны позволит получить уникальную информацию по всем отраслям геологических знаний.

С щелочными породами генетически связаны месторождения стратегических редких элементов – Ta, Nb, Zr, Hf, PЗЭ, Y, Ba, Sr, Ti. Сотрудниками института открыты 4 месторождения редких металлов в Монголии (Vladykin 2013), Белозиминское карбонатитовое месторождение, Мурунские Ba-Sr карбонатиты (Владыкин, Царук, 2003). Проведены исследования Зашихинского (Владыкин, Алымова 2016), Бурпалинского (Vladykin, Sotnikova 2017) и Томторского редкометалльных месторождений, доказан магматический генезис чароитовых пород и карбонатитов Мурунского массива (Владыкин, 2018, Vorovikov, Vladykin, 2018). Выполняются работы по изучению щелочных пород с коллегами из Италии (Stoppa, Vladykin, 2016), Индии (Vladykin, Viladkar, 2008), Великобритании, Японии, Канады, Монголии и Болгарии.

Проводится изучение комплекса пирометаморфических пород (паралав и клинкеров с уникальными минерально-фазовыми составами), образованных при плавлении осадочных толщ на территории Монголии (Peretyazhko et al., 2017, Перетяжко и др., 2018).

Перспективы развития направления связаны как с развитием собственной аналитической базы, так и с сотрудничеством в рамках петрологических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований с научными центрами и университетами Китая, Тайваня (Институт наук о Земле, Национальный университет Тайваня), Австралии (Университет Маккуори), Италии, Японии (Университет Тохоку), Монголии (Институт палеонтологии и геологии МАН, Монгольский университет наук и технологий).

Направление 2 «Экспериментальное и компьютерное физико-химическое моделирование геохимических процессов» Важнейшим достижением мирового уровня является обнаружение и исследование наноразмерных неавтономных фаз на поверхности синтетических и природных минералов, в частности, явления «скрытой» металлоносности вследствие концентрирования поверхностными неавтономными фазами «невидимых» форм полезных компонентов (Таусон и др., 2015, 2016, 2017, 2018; Tauson et al., 2017, 2018). Особенностью этих исследований, делающих их уникальными не только в стране, но и в мире, является их сопряжение с ростовыми экспериментами при повышенных температурах и давлениях. Эти работы проводятся в комплексе с изучением природных минералов и их ассоциаций на золоторудных и серебряных месторождениях разных генетических типов.

Изучение природных минералов и синтетических кристаллов с разными условиями образования с помощью рентгеновской дифракции и рентгеновской абсорбционной спектроскопии, а также микропористых оксидных, силикатных и алюмосиликатных минералов проводятся совместно с учеными Института технологии в Карлсруэ, Синхротронного центра ANKA (Германия), Института кристаллографии РАН и Университета Нотр Дам (США) (Taroev et al., 2015; Aksenov et al., 2019). Компьютерное моделирование постепенно становится самостоятельным и быстро развивающимся методом исследования в геохимии и петрологии. Созданный в ИГХ СО РАН программный комплекс «Селектор» (Karpov et al., 1997) и реализованная на его основе совместно со швейцарскими коллегами программа GEM-Selektor (Kulik et al., 2013) принадлежат к самым передовым программным продуктам, используемым в построении моделей природных систем (Chudnenko et al., 2015, 2016; Murzin et al., 2018; Авченко и др., 2018; Zhuravkova et al., 2017).

Направление 3 «Глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата: экологическая геохимия и палеоклиматология» Изучение трансформации естественных биогеохимических циклов элементов является важнейшей научной задачей. На территории Восточной Сибири во взаимодействии находятся экосистемы с разной степенью техногенного воздействия: от наименее загрязненных и стратегически значимых (оз. Байкал) до балансирующих на грани экологических катастроф («Усольехимпром» и прилегающая к нему территория). Исследования поведения химических элементов в природных и техногенных экосистемах позволили разработать общие принципы и подходы к изучению поведения химических элементов в водных и наземных экосистемах, включающие: разработку сети отбора проб компонентов окружающей среды, условий хранения и пробоподготовки; межлабораторный контроль качества химических анализов; создание многокомпонентной базы данных; определение связей между концентрациями и формами нахождения макро- и микроэлементов в зависимости от физико-химических условий окружающей среды; разграничение природных и техногенных источников поступления химических элементов; эколого-геохимическое картирование (Poste, Pastukhov et al., 2018; Ozersky, Pastukhov et al., 2017; Sklyarova et al., 2017; Gordeeva et al., 2017; Mamontova et al., 2017; Grebenshikova et al., 2017; Васильева и др., 2018; Полетаева и др., 2018). Данные по химическому составу абиотических и биотических компонентов окружающей среды Восточной Сибири, накопленные коллективом ИГХ СО РАН на предыдущих этапах и полученные в современный период, позволят получить новые фундаментальные знания по геохимии окружающей среды, оценить устойчивость природных экосистем к изменениям внешних условий среды и антропогенным воздействиям, разработать методологию оценки и прогноза экологического состояния окружающей среды.

В результате исследований по палеоклиматическому направлению установлено, что донные отложения озер и торфяники аккумулируют уникальный «банк данных» об изменениях природных процессов прошлого (Субетто и др., 2017). Изучение отложений таких геосистем позволяет выявить направленность развития природных процессов в целях общего геоэкологического прогнозирования. При изучении озерных и болотных геосистем Байкальского региона сотрудниками ИГХ СО РАН в составе международных научных коллективов были созданы модели пространственно-временного процесса озерного седиментогенеза в позднем плейстоцене и голоцене и установлена его связь с природно-климатическими процессами, эволюцией ландшафтов и климата региона за последние 5 млн. лет (Bezrukova et al., 2001; Prokopenko et al., 2007; Bezrukova et al., 2017). Впервые создана тефро-стратиграфическая шкала позднеплейстоцен-голоценового вулканизма на Окинском плато (Shchetnikov et al., 2019). В осадочных отложениях озера Баунт обнаружено, датировано и обосновано существование палеомагнитных экскурсов Гётеборг и Моно Лейк (Krainov, Bezrukova et al., 2017, 2018). Впервые созданы временные карты биомов (ландшафтов) за последние 21 тыс. лет, оценены ключевые модели ландшафтов в связи с изменением климата, изменениями распределения ключевых таксонов растений и устойчивостью евразийской мегафауны (Binney et al., 2017). Получение детально

датированных и высокоразрешающих (несколько десятилетий для голоцена) записей из разных, еще не изученных территорий Байкальского региона, необходимы для более глубокого понимания истории (динамики) климата и растительности Байкальского региона.

Последовательность изменений природной среды региона в позднем плейстоцене-голоцене не имеет столь детального расчленения и обеспечения хронологическим контролем, как это присуще записям из разных природных архивов Евразии (Nakagawa et al., 2003; Wehrly et al., 2007; Brauer et al., 2008; Stebich et al., 2009; Yang et al., 2014; Lozano-García et al., 2015; Gałka et al., 2016; Hillman et al., 2017; Leipe et al., 2018). Поэтому, важнейшими задачами исследований будет получение детально датированных и высокоразрешающих (несколько столетий для голоцена) записей из разных, еще не изученных территорий региона.

Направление 4 «Геохимия процессов рудообразования, геохимические методы поисков...» Геолого-генетические аспекты формирования благороднометалльных рудообразующих систем различных геодинамических обстановок долгое время остаются важными объектами внимания мировой и российской геологической науки, так как они являются базой для выявления перспективных типов промышленных рудных месторождений (Goldfarb et al., 2001; Goryachev, Pirajno, 2014; Groves et al., 2018) и представляют важную информацию для понимания процессов эволюции земной коры и мантии (Кузьмин, Горячев, 2017; Кузьмин и др., 2018). Например, генезис золотых месторождений южного обрамления Сибирской платформы обсуждается со времен открытия золото-кварц-сульфидной рассеянной минерализации месторождения гиганта Сухой Лог (Буряк, 1982; Рундквист и др., 1992; Дистлер и др., 1996; Сафонов, 2003; Лаверов и др., 2006, 2007; Рыцк и др., 2007; Meffre et al., 2008; Кряжев и др., 2009; Кучеренко и др., 2011; Юдовская и др., 2011; Yudovskaya et al., 2016; Иванов 2014). Важный вклад в дискуссию внесли и работы сотрудников института (Вилор 2000; Немеров, 2005; Развозжаева, 2015; Будяк и др., 2015, 2016, 2019 и др.), показавшие важную роль сочетания процессов седиментогенеза, регионального метаморфизма и орогенного плутонометаморфизма в формировании крупнейших месторождений золота в связи с эволюцией геодинамических событий на территории современного Байкало-Патомского региона. Аналогична и ситуация по геолого-геохимическим исследованиям процессов рудообразования в Монголо-Охотском орогенном поясе и Охотско-Чукотском окраинно-континентальном вулканогенном поясе, где наряду с большим объемом публикаций в российской и международной печати (Ханчук и др., 2010) немалое место занимают работы сотрудников института (Спиридонов и др., 2006; Кравцова, 2010; Китаев и др., 2018; Ефремов и др., 2018 и многие другие), результаты которых находятся на мировом уровне исследований и занимают важное место среди работ российских ученых в области геологии, геохимии и минералогии эндогенных рудообразующих систем. Важными результатами мирового уровня в последнее время являются работы коллектива рудной лаборатории института в области развития современных поисковых геофизических и геохимических методов с применением БПЛА (Паршин и др., 2016; Parshin et al., 2018a; 2018b). Перспективы развития направления связаны как с развитием собственной аналитической базы института, так и с развитием сотрудничества в рамках геолого-геохимических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований как с российскими (Москва, Новосибирск, Владивосток, Казань) научными центрами, так и научными центрами, и университетами Китая и Монголии.

Направление 5 «Физическое материаловедение». Важное значение имеют комплексные исследования радиационных и фотооптических процессах в материалах, перспективных для создания высокоэффективных сцинтилляторов и люминофоров с применением методов оптической спектроскопии, в том числе в области межзонных возбуждений в вакуумном ультрафиолете (ВУФ), электрон-парамагнитного резонанса (ЭПР), анализ примесного и структурного состава рентгеноспектральными методами, а также теоретические расчеты из первых принципов с использованием молекулярной динамики. Это

позволяет установить роль ловушек, дефектов и экситонов в процессах переноса энергии, а также на основании изученных процессов получить новые эффективные материалы с принципиально лучшими характеристиками. Подобный подход был применен в оксидных матрицах, что позволило создать целый ряд новых коммерчески успешных сцинтилляторов для медицины (Nikl et al., 2015). Коллектив института обладает как необходимым опытом и возможностями как для синтеза и выращивания сцинтилляционных кристаллов, так и уникальным комплексом экспериментальных установок и вычислительных мощностей для исследования свойств полученных материалов. Установлены механизмы остоно-валентной субнаносекундной люминесценции в кристаллах BaF₂ (Nepomnyashchikh et al., 2002; Radzhabov et al., 2008; Egranov et al., 2008; Myasnikova et al., 2009); реакции изменения валентности ионов лантаноидов в щелочно-земельных фторидах при высокотемпературном прогреве в парах металла (Раджабов и др., 2017; Radzhabov, 2018); механизмы ультрафиолетового свечения ионов лантаноидов 5d-4f во фторидных кристаллах (Radzhabov et al., 2013; Раджабов, 2014; построена диаграмма положения уровней трехвалентных и двухвалентных ионов лантаноидов относительно уровня вакуума в кристаллах тройных щелочноземельных галоидов BaBrI, SrBrI, BaClI (Shendrik et al., 2017; Shalaev et al., 2018; разработана и применена для расчетов широкого класса дефектов модель встроенного кластера (Mysovsky et al., 2004, 2011).

Развитие солнечной энергетики за последние 20 лет привело к необходимости поиска новых источников высокочистого природного кварцевого сырья как для получения высоких сортов рафинированного металлургического кремния, так и производства кварцевых тиглей для выращивания моно- и мульткристаллического кремния (Goetze et al., 2015; Minerals, 2017; Wang et al., 2011; Diamond et al., 2015; Tarantola et al., 2009). Не решенной является проблема получения оптически однородного «сухого» кварцевого стекла на основе природного кварцевого сырья. В результате изучения кварцитов Восточного Саяна сотрудниками института были выявлены особо-чистые мономинеральные разновидности кварцитов, названные «суперкварцитами». Они получили свое название за весьма редкий по химической чистоте состав (содержание десяти элементов-примесей в валовых пробах менее 100 ppm, а в крупке ~10-15 ppm) (Воробьев и др., 2003, Федоров и др., 2012). На основе детальных исследований выявлены основные продуктивные разновидности природных кварцитов (Непомнящих и др., 2017, 2018; Волкова и др., 2017; Fedorov et al., 2019); разработаны процессы получения особо-чистых кварцевых концентратов, получено оптическое кварцевое стекло марки КИ (Непомнящих и др., 2018). Разработана технология прямого получения кремния методами направленной кристаллизации из UMG кремния, полученного на основе высоко - чистых кварцитов Восточного Саяна и углерод - углеродистых восстановителей; определены условия монокристаллического зарождения кремния на плоском дне; установлено, что в условиях присутствия в расплаве UMG-кремния примесей происходит образование центров рекомбинации в виде дислокаций и дислокаций, декорированных примесями переходных металлов, в области специальных границ зёрен; обнаружено, что зёрна с низкой ретикулярной плотностью могут содержать равномерно распределённые центры рекомбинации в объеме.

Направление 6 «Химические, физические и физико-химические методы аналитических исследований в науках о Земле» В ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» и в Аналитическом отделе института для изучения геологических объектов различного состава, их структуры и генезиса (горные породы, руды, минералы, рыхлые отложения, донные осадки, биота растительного и животного происхождения, продукты неорганического и органического синтеза и др.) традиционно применяется широкий комплекс химических, физических и физико-химических методов (методик) анализа: элементная и изотопная масс-спектрометрия (МС-ИСП, МС-ИСП-ЛА, ТИМС, ICP-MS), рентгеновские методы анализа (рентгенофлуоресцентная спектрометрия, рентгеноструктурный анализ, сканирующая электронно-зондовая микроскопия и др.), атомно-эмиссионная спектрометрия с разными источниками возбуждения атомов (пламя,

дуговой разряд, ИСП), пламенная и электротермическая атомно-абсорбционная спектрометрия, люминесцентная спектроскопия минералов, газовая хромато-масс-спектрометрия стойких органических загрязнителей и др. Исследования проводятся, в основном, на оборудовании зарубежных фирм по передовым международным и российским методикам, поэтому уровень получаемых результатов анализа соответствует современному развитию аналитической химии в мире и России (Chuparina, Azovsky, 2016; Skuzovotov et al., 2018; Антипин и др., 2018; Гребенщикова и др., 2018; Шацкий и др., 2018).

Для различных аналитических методов выполняются оригинальные методические разработки, такие как МС-ИСП для определения платиноидов и Re в горных породах (Меньшиков и др., 2016), рентгенофлуоресцентное определение валентности атомов Fe и Mn в породах и рудах (Chubarov, Finkelshtein, 2015; Chubarov et al., 2015), рентгенофлуоресцентное определение макро- и микроэлементов в осадках (Amosova et al., 2016), рентгеноструктурный анализ новых минералов (Sapozhnikov et al., 2017), рентгеновский микроанализ синтетических (Belozeroва et al., 2017) и природных минералов (Finkelshtein et al., 2018), газовая хромато-масс-спектрометрия CO₃ (Мамонтова и др., 2019), атомно-абсорбционной спектрометрия для определения подвижных форм ртути (Gordeeva et al., 2017), пламенная атомно-эмиссионная спектрометрия при определении щелочных элементов (Шабанова и др., 2018).

В институте разрабатывается современный вариант метода сцинтилляционной дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии для одновременного определения в порошках *in situ* валовых содержаний Au, Ag, Ir, Os, Pd, Pt, Rh, Ru на уровне 1-50 ppb, а также состава и размера их минеральных фаз (Vasil'eva, Shabanova, 2016; Васильева и др., 2018). Развивается газовая хроматография/масс-спектрометрия для определения широкого спектра стойких органических загрязнителей: полихлорированных бифенилов (ПХБ), хлорорганических пестицидов (ХОП) и других полигалогенорганических соединений (диоксины, фураны и др.) – на уровне пико- и фемтограмм в наземных и водных геосистемах окружающей среды и биосубстратах человека (Mamontov et al., 2016; Мамонтова и др., 2016, 2017, 2019).

Более полувека ИГХ СО РАН является лидером в России по созданию многоэлементных стандартных образцов (СО) природных и техногенных геосред. Коллекция СО представлена в международных и российских электронных базах (GeoRem, COMAR, COOMET, Электронный каталог СО, 2019), признана мировым сообществом и пользуется постоянным спросом в аналитических центрах научных, образовательных и производственных организаций России, ближнего и дальнего зарубежья. Исследования по созданию и актуализации СО для геоанализа удовлетворяют требованиям систем международной (Guides ISO REMCO) и национальной (ФЗ-102) законодательной метрологии (Васильева, Шабанова, 2017). Большинство образцов из коллекции не имеют аналогов в России и за рубежом.

Список литературы, использованной в разделе, приведен в **Приложении 1**.

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

Направление 1 «Геохимия эндогенных и экзогенных процессов в эволюции Земли...». Будут разработаны модели формирования разновозрастных магматических и метаморфических комплексов в складчатом обрамлении Сибирского кратона, в том числе создана петрологическая модель формирования офиолитовых комплексов юга Сибири; выявлены источники и построены модели формирования рудно-магматических систем, связанных с ультраосновными комплексами выступов фундамента Сибирского кратона; создана петрологическая модель формирования кимберлитов и лампроитов, как результата взаимодействия астеносферного вещества с литосферной мантией. Будет уточнено строение литосферной мантии (ее неоднородность) под северными кимберлитовыми полями Якутской кимберлитовой провинции. Будут предложены схемы формирования редкометалльных

щелочных массивов, получены новые данные о вещественных характеристиках слагающих их пород и минералов, получены новые возрастные датировки, определен генезис месторождений и их мантийные источники, разработаны новые геохимические критерии поисков редкометальных месторождений. Будет уточнен возраст и определены геохимические параметры и мантийные источники нового K-Al-Si сырья - сынныритов. Будет осуществлена кооперация в ходе решения поставленных задач с зарубежными исследовательскими центрами, институтами СО РАН и РАН.

Комплексное исследование поведения некогерентных и рудообразующих минералов в зонах субдукции океанического и континентального типов позволит оценить вклад субдуцированной континентальной и океанической коры в процессы модификации мантии и образовании порфировых и эпитермальных месторождений, ассоциирующих с зонами субдукции. Совершенствование Sm-Nd методики изохронного датирования с применением ID-TIMS и MC-ICP-MS, а также адаптация и совершенствование методики Lu-Hf изохронного датирования с применением MC-ICP-MS позволит расширить возможности по геохронологическому анализу высокоградных пород аккреционно-коллизийных поясов (методика актуальна в метаморфической и магматической петрологии, изотопной геохимии и не реализована в России). Будут установлены индикаторные вещественные особенности гранитоидов различных геодинамических обстановок, источники магм и роль процессов мантийно-корового взаимодействия при формировании и эволюции магматизма. Для разновозрастных редкометальных гранитных и гранитно-пегматитовых систем Центрально-Азиатского складчатого пояса планируется обосновать связь магматизма с глубинными внутриплитными процессами и оценить вклад коровых и мантийных источников редких элементов при формировании двух основных типов промышленно-важных гранитоидных редкометальных (Li, Be, Ta, Nb, Cs, Sn, W, Zr, PЗЭ) рудных месторождений – гранитно-пегматитовых и литий-фтористых гранитов.

При проведении сравнительного петролого-геохимического и изотопного анализа пород докембрийских метаморфических и магматических комплексов Сибирского кратона, Фенноскандинавского щита, Памира, фанерозойских складчатых поясов их обрамления будут: реконструированы условия накопления протолитов осадочных и магматических пород; установлена специфика их литогенеза, магматизма, преобразований (метасоматоз, гранитообразование); определены возрастные рубежи становления ключевых осадочных и магматических формаций, отражающих как становление докембрийского Сибирского кратона, так и его фанерозойского складчатого обрамления; уточнена возрастная шкала докембрия и фанерозоя. В целом, это позволит по протолитам и новообразованиям метаморфических комплексов выявить условия и время зарождения протоокеанов в бескислородной и кислородной атмосфере, обосновать периоды и природу экзогенной и эндогенной активности, оценить роль процессов магматизма, метаморфизма, метасоматоза при формировании континентальной коры и месторождений полезных ископаемых от палеоархея до кайнозоя в геологической истории Земли. Будут обозначены потенциальная рудоносность разновозрастных комплексов на редкие металлы (Li, Rb, Cs, Ta, Nb, Ti, Zr, Co, Ni, Cr, V), драгоценные и поделочные камни (шпинель, рубин, сапфир, кордиерит, пьезокварц, лазурит, содалит, офикальцит), нерудных полезных ископаемых (глиноземистые руды – силлиманит, кианит, андалузит; магнезит, тальк, флогопит, графит, кварциты, мраморы, волластонит, диопсид).

В рамках программы планируется установить распределение давлений и температур при сопряженном формировании кислых и основных метасоматитов, разработать модель формирования метаморфических ядер с расчетом относительных скоростей роста ядер и оползания супраструктуры на примере Чуйского поднятия и Гарганской глыбы Сибирского региона. Будут получены новые экспериментальные данные по плавлению флюорит-содержащих трахириолитов, которые проводятся в широком диапазоне P-T-X параметров для получения фторидно-кальциевого расплава и определения его реологических свойств, состава и структурного состояния. В уникальных паралавах и клинкерах новых

пирометаморфических комплексов Монголии будут изучены новые и редкие минерально-фазовые ассоциации, реликты несмесимых силикатных, сульфидных, карбонатных и фторидных расплавов, силикатно-железистых флюидных сред.

Направление 2 «Экспериментальное и компьютерное физико-химическое моделирование геохимических процессов» Будут получены экспериментальные и природные данные и выполнены теоретические оценки, позволяющие объяснить особенности разделения малых элементов (благородные металлы, РЗЭ, элементы переменной валентности группы Fe и др.) в гетерогенных флюидно-минеральных системах с реальными кристаллами фаз. Установлена природа явления поверхностной сегрегации микроэлементов как результата действия механизма гидротермального роста кристалла посредством неавтономной фазы. Проведено термодинамическое моделирование и исследован вклад системообразующих факторов, оказывающих определяющую роль в процессе рудообразования, включая состав и физико-химические характеристики рудообразующих флюидов различного генезиса. Результаты необходимы для получения обоснованных поисковых критериев, информации об источниках металлоносных флюидов и их составе, формах переноса рудных элементов.

Совместно и Иркутским госуниверситетом будут изучены структура и состав наночастиц системы Pd-P как возможных катализаторов в технологии получения пероксида водорода антрахиноновым способом. Перспективы использования результатов связаны со слабой изученностью нетрадиционных форм нахождения элементов, таких как наночастицы и неавтономные фазы; их учет необходим для развития методов геоанализа, повышения эффективности технологий извлечения полезных компонентов рудных систем.

Будут получены первые в мировой практике количественные данные по разделению и распределению элементов в модельных гетерогенных мультисистемах, которые составят основу типохимизма основных минералов переменного состава – индикаторов среды минералообразования (магнетит, феррошпинели, гематит, сфалерит, пирит). Результаты способствуют развитию фундаментальной геохимии, поскольку устанавливают причины и условия реализации тех соотношений химических элементов в минералах, которые наблюдаются при их аналитических исследованиях, причины разделения или совмещения элементов в кристаллическом пространстве реальных кристаллов минералов-носителей. Выявлены причины и условия устойчивости малых частиц металлов и минералов в природных условиях; получены частицы, подобные природным, с заданными свойствами и характеристиками, определяемыми их строением и составом поверхностных оболочек. Применение формализма вынужденных равновесий к проблеме устойчивости микрочастиц легко окисляемых металлов в природных объектах позволит предложить реальные механизмы их сохранения, что приведет к созданию стабильных покрытий для микро- и наночастиц, используемых в различных технологических процессах.

Будут разработаны физико-химические модели: преобразования газопылевых выбросов алюминиевых производств, теплоэлектростанций и химико-технологических комплексов по результатам снеговой съемки промышленно нагруженных районов городов Иркутск (НИ ТЭС), Шелехов (ИркАз), Усолье-Сибирское (Усольехимпром); процессов газоочистки алюминиевого производства, позволяющая предсказать извлечение фтора из отходящих газов, тем самым способствовать существенному снижению количества фторидов, поступающих в окружающую среду; образования и разложения газовых гидратов в природных условиях с оценкой возможных последствий для гео- и биосферы с целью определения причин и условий образования газогидратов в донных осадках, криолитозоне и ядрах комет.

Направление 3 «Глобальные и региональные изменения окружающей среды и климата: экологическая геохимия и палеоклиматология». В области экологической геохимии будут получены следующие результаты. Создана серия моно- и полиэлементных карт для количественной визуализации распространения на исследуемой территории химических элементов и оценки характера и интенсивности воздействия на окружающую

среду крупных промышленных агломераций и отдельных источников загрязнения. Детально изучены формы нахождения химических элементов в абиотических компонентах экосистем. Определены внешние и внутренние факторы, влияющие на эколого-геохимический вектор эволюции водных и наземных экосистем Восточной Сибири в современный период. Изучены механизмы миграции и токсического воздействия химических элементов и веществ на структурно-функциональные системы гидробионтов. Установлена степень воздействия различных бактериальных биопрепаратов и отдельных штаммов бактерий на мобилизацию/иммобилизацию потенциально токсичных элементов в почвах для дальнейшей разработки новых биотехнологий, используемых в биоремедиации техногенно загрязненных территорий. Получены экспериментальные данные и выполнено моделирование, позволяющие выявить климатические факторы, влияющие на поведения СО₂ в почвах, наземной растительности и атмосферном воздухе. Изучена динамика химического состава абиотических и биотических компонентов природных и техногенно-измененных экосистем, позволяющая дать оценку происходящим изменениям окружающей среды Восточной Сибири и прогнозировать экологическую ситуацию в регионе.

Планируется получение новой модели непрерывных, разномасштабных по времени и амплитуде проявления изменений климата позднего плейстоцена и голоцена и их влияния на наземные и пресноводные геосистемы Восточно-Саянской горной страны, Тункинской рифтовой долины и среднетаежной зоны Прибайкалья. Эти результаты станут значимым вкладом в мировую базу данных о ретроспективных сценариях климата и ландшафтов ближайшего прошлого. Ожидаемые высокоразрешающие реконструкции динамики доминирующих ландшафтов (биомов) и климата ранее неисследованных районов БР Витимского плоскогорья в позднем плейстоцене-голоцене позволят сгладить и частично заполнить существующую глубокую пространственную неравномерность палеогеографического изучения территории БР и предложить научную основу для рационального управления лесной отраслью региона, в котором ведется интенсивная вырубка лесов.

На основании обобщения имеющихся данных по компонентному и изотопному составу углеводородных газов озера Байкал будут выяснены основные закономерности генезиса метана в осадках озера, а также определена роль вторичных процессов в формировании свойств углеводородных газов. Будут впервые получены данные по компонентному составу и изотопным характеристикам углеводородных газов в термальных источниках Байкальской рифтовой зоны, что позволит провести генетическую типизацию метана в этих объектах. Определена роль окислительных процессов в формировании свойств углеводородных газов термальных источников Байкальского региона.

Направление 4 «Геохимия процессов рудообразования, геохимические методы поисков...» Основные ожидаемые результаты: разработка и усовершенствование геолого-геохимических моделей благороднометалльного оруденения основных складчатых структур Центрально-Азиатского пояса (Монголо-Охотский, Саяно-Байкальский и пр.), в привязке к геодинамическим условиям формирования оруденения; выявление геохимических и минералогических характеристик руд новых золоторудных и золото-серебрянных месторождений Сибири и Северо-Востока России; изучение многоуровневых геохимических полей на рудных объектах, относящихся к метаморфогенно-метасоматическому типу (Южное обрамление Сибирской платформы) и эпитермальной золото-серебряной формации (Северо-Восток России); получение модельных параметров для выделения перспективных для поисков рудных площадей; разработка критериев поисков и оценки золоторудной и золото-серебряной минерализации в условиях зон криолитогенеза; внедрение в практику поисково-оценочных работ современного комплекса методов дистанционных поисков с помощью БПЛА, основанных на многомерной цифровизации данных; увеличение к 2024 году в 3 раза объемов поисково-оценочных работ, выполняемых институтом на рынке Сибири и Центральной и Северо-Восточной Азии.

Направление 5 «Физическое материаловедение» В результате планируемых исследований будут: разработаны новые высокоэффективные материалы для регистрации ионизирующих излучений на основе дигалоидов щелочноземельных металлов, галоидов щелочных и щелочноземельных металлов со смешанным составом, стекло, активированных редкоземельными элементами; найдены новые среды для эффективных люминофоров в синей и ультрафиолетовой областях спектра и апокнверсионных люминофоров; найдены новые нетрадиционные источники природного особо-чистого кварцевого сырья; разработаны технологии получения особо-чистых кварцевых концентратов для их промышленного применения для получения термостойкой радиопрозрачной керамики для высокоскоростных летательных аппаратов и оптического кварцевого стекла; разработаны на основе минерального кварцевого сырья методы получения оптически однородного кварцевого стекла для силовой оптики; разработаны нетрадиционные методы получения кремния с целью создания высокоэффективных солнечных элементов.

Направление 6 «Химические, физические и физико-химические методы аналитических исследований в науках о Земле» Итогом реализации научных исследований в области аналитических исследований будет получение новой высокоточной информации о составе и структуре природного, измененного в процессах техногенеза и синтетического вещества. Критическим условием успешной реализации аналитического направления программы является обновление приборной базы организации не менее чем на 50% научного оборудования. Уникальной особенностью получения новых знаний в области аналитической химии и междисциплинарных с ней областях является создание аттестованных инновационных продуктов, не имеющих аналогов в России и мире, таких как: матричные многопараметрические стандартные образцы (не менее 4-х) и методики геоанализа (не менее 6-ти) для элементной и изотопной масс-спектрометрии, рентгеновских методов, атомно-эмиссионной, атомно-абсорбционной и газовой хромато-масс-спектрометрии.

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

Результаты исследований, выполнение которых планируется Программой развития ИГХ СО РАН и проводятся в соответствии с государственным заданием, будут востребованы в различных областях фундаментальной науки, природоохранной деятельности и экономики России, могут быть использованы за рубежом. Результаты работ могут использоваться научными и производственными организациями геологического профиля на всех этапах разработки минерального сырья (разведка, добыча, обогащение); проектно-изыскательскими организациями, предприятиями химической, энергетической, добывающей, обогатительной и металлургической отраслей промышленности. Потенциальными потребителями результатов и разработок научно-исследовательской программы являются государственные структуры и учреждения федерального и регионального уровня, а также образовательные организации и частные производственные компании различного профиля.

Основными заказчиками результатов рудно-геохимических и экологических исследований являются:

- проектно-изыскательские предприятия и учреждения, выполняющие работы по разведке, добыче полезных ископаемых и освоению перспективных территорий (АК АЛРОСА (ПАО), ООО «ГПП-Геологическая компания»; ООО «Байкал Недра Гео», ЗАО «ТЕХНОИНВЕСТ АЛЪЯНС», ООО «Тиамин Ресурс Байкал», ООО «Чароит», НПО «Альянс Байкал»);

- крупные золоторудные компании («GV Gold», «Норникель», «Полус», «Корп Goldfields»), юниорские компании, подразделения Росгеологии, отраслевые институты (ВИМС, ЦНИГРИ и дочерние компании ИГХ СО РАН: ООО «Кварцевые материалы», ООО «Геоинформационные технологии – Сибирь»),

- органы исполнительной власти (Министерство науки и высшего образования РФ, Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Министерство чрезвычайных ситуаций; Байкальская межрегиональная природоохранная прокуратура, правительство и министерства Иркутской области).

Результаты работ, связанные с изучением трансформации абиотических и биотических компонентов водных и наземных экосистем различных иерархических уровней востребованы органами государственной власти РФ и правоохранительными органами. Лицензия на осуществление «Деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях» дает право ИГХ СО РАН проводить определение уровня загрязнения почв, водных объектов; подготовку и предоставление потребителям аналитической и расчетной информации о загрязнении почв, водных объектов; формирование и ведение банков данных об их загрязнении.

В ИГХ СО РАН впервые в мире был разработан монокристаллический термолюминесцентный детектор на основе фтористого лития (ДТГ-4), превосходящий по своим параметрам зарубежные аналоги (Непомнящих и др., 1985; Nepomnyashikh et al., 1990). В настоящее время все термолюминесцентные комплексы для индивидуального дозиметрического контроля, выпускаемые в России комплектуются детекторами ДТГ-4. Производство детекторов освоено в опытном участке ИГХ СО РАН, созданном в 1987 г. (Постановление Президиума СО АН ССР № 350 от 29.05.87).

Потребителями ДТГ-4 являются многие научно-производственные предприятия: ООО «Научно-производственное предприятие «Доза»; АО «ННПО имени М.В. Фрунзе» (Курский завод «Маяк»); ООО «НПЦ» ЛТ»; ОАО «Промэлектромонтаж», р. Беларусь; ООО «Радэк»; ГУЗ Иркутская областная клиническая больница; Институт сильноточной электроники (ИСЭ СО РАН); ООО «МАССИСТЕМ»; «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения г. Москвы»; «Ивановский областной онкологический диспансер»; ООО «ИЗОТОП РК»; АО "ИНТРА"; ООО «Радиоприборснаб»; ООО «ЦентрИон».

Разрабатываемые в ИГХ СО РАН особо-чистые кварцевые материалы востребованы предприятиями ВПК (ГНЦ «ОНПП Технология», ГНЦ РФ ТРИНИТИ, ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ», АО НЦЛСК «Астрофизика»; предприятиями, производящими изделия из кварцевого стекла (ООО «НПФ Кварцевое стекло», Гусевский стекольный завод»), сцинтилляционные кристаллы и стекла используются в качестве детекторов в досмотровых системах контроля (НПО «Аспект», «Saint-Gobain» и другими).

Аналитические исследования, выполняемые в подразделениях ИГХ СО РАН, и коллекция стандартных образцов для геоанализа востребованы разными государственными учреждениями (академические и отраслевые научные институты, организации высшего образования, силовые структуры, органы исполнительной власти) и производственными (коммерческими) организациями – контрагентами ИГХ СО РАН. Такие исследования необходимы и используются при выполнении национальных и международных междисциплинарных проектов.

Организациями-заказчиками аналитических работ в ИГХ СО РАН являются:

- научно-исследовательские организации (ИЗК СО РАН, ЛИН СО РАН, ИрИХ СО РАН, ИГ СО РАН, СИФИБР СО РАН, ИФ ИЛФ СО РАН, ИСЗФ СО РАН, ИСЭМ СО РАН, ГИН СО РАН, ИГМ СО РАН, ИНГГ СО РАН, ИГГД РАН, ИГЕМ РАН, ГИН РАН, ДВГИ ДВО РАН, ИВиС ДВО РАН, ИПРЭК СО РАН, ИГТ УрО РАН, ИФХБПП РАН, Институт геологии Республики Беларусь);

- образовательные организации (ИГУ, ИрНИТУ, МГУ);

- производственные и научно-производственные предприятия (ООО НПО «Гео-Хром», ООО «Байкальские минералы», ИРГИРЕДМЕТ, СЖС «Восток Лимитед», ООО НИПИ «ТОМС», ООО «Кремниевые технологии», ЗАО «Кварцевые материалы», ООО «Байкальская финансовая компания», АО «Иркутск-Энерго», ЗАО АЛРОСА (НПО), ООО

«ВМК-Оптоэлектроника», АО «Росгеология», АО «Иркутскгеофизика», Ангарская геологическая экспедиция» и многие другие);

- органы исполнительной власти (Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Министерство чрезвычайных ситуаций, Министерство природных ресурсов Иркутской области, Министерство экономического развития Иркутской области, ФГБУ «Заповедное Прибайкалье» Прибайкальского национального парка).

РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Достижение целей и выполнение задач Программы развития ИГХ СО РАН требует привлечения в организацию значимого количества молодых исследователей высокой квалификации. В настоящее время основным источником молодых научных кадров ИГХ СО РАН является действующая аспирантура (Лицензия на право ведения образовательной деятельности № 002720, рег. № 2598 от 19.03.2012 г.; Свидетельство о государственной аккредитации 90А01 № 0000765, рег. № 0710 от 08.07.2013 г.).

Обучение в аспирантуре ИГХ СО РАН осуществляется по федеральным государственным образовательным стандартам (ФГОС). Сроки обучения составляют по направлению «Науки о Земле» 3 года, по направлениям «Физика и астрономия» и «Химические науки» - 4 года. По окончании срока обучения аспиранты проходят государственную итоговую аттестацию, которая включает в себя защиту научно-квалификационной работы. Однако по складывающимся на сегодняшний день тенденциям, окончание аспирантуры планируется завершать с обязательной защитой кандидатской диссертации. Установленных сроков обучения в аспирантуре недостаточно для подготовки диссертационной работы высокого научного уровня. В среднем на доработку диссертации с хорошей апробацией и публикациями основных результатов в высокорейтинговых журналах требуется дополнительно 2-3 года. В связи с этим ИГХ СО РАН планирует открытие магистратуры. Это даст возможность активно привлекать выпускников бакалавриата ВУЗов к научным исследованиям по направлениям НИР Института и качественно подготавливать кадры для последующего поступления в аспирантуру.

При этом возможности повышения эффективности работы аспирантуры ограничиваются низким качеством подготовки поступающих в аспирантуру, практически отсутствием конкурса при поступлении в аспирантуру, низкой стипендиальной поддержкой аспирантов и имеющимися затруднениями в обеспечении аспирантов жилыми помещениями.

Программой развития организации планируется решение этих проблем. В последние три года разработан комплекс системных и взаимодополняющих мер, направленных на решение вопросов развития кадрового потенциала. Проводится и будет активизирована работа со школьниками для отбора талантливых и интересующихся геологией абитуриентов, которые в дальнейшем могут поступить в ВУЗы-партнеры ИГУ и ИрНИТУ и продолжить образование под руководством ученых института.

Для этого с 2013 года в Институте реализуется программа «Геошкола», которую в рамках реализации программы развития предполагается развить за счет организации классов для работы школьников и нового оборудования. Уже на данный момент в рамках реализации принятой в 2018 году Дорожной карты стратегического сотрудничества ИГХ СО РАН и ИрНИТУ выпускники программы «Геошкола» получают льготные условия при поступлении на геологические специальности.

С 2019 года реализуются пилотные проекты «элитарного проектного специалитета по индивидуальным образовательным траекториям» для студентов Института недропользования ИрНИТУ специальностей «Прикладная геология» и «Геоинформационные системы». Теперь каждый год «профессора практики» Института Геохимии предлагают годовые проекты различной тематики для студентов ИрНИТУ, которые один день в неделю проводят в составе рабочих коллективов Института, а ежегодная смена тематик позволяет им получить различные компетенции и сформировать уникальный набор знаний и навыков. Для

ускоренной постановки базовых компетенций студентов, которые необходимы им для участия в проектах, созданы две совместные с ИрНИТУ базовые лаборатории «Геологической информатики» и «Геохимии и аналитических методов исследований». Дальнейшее развитие программ лежит в области запуска программ международного обмена с университетами Европы и Азии (в первую очередь рассматривается University of Bari Aldo Moro (Италия) и University of Science and Technology (Монголия). Для этого программа развития предусматривает создание кампуса для совместного проживания российских и зарубежных студентов и аспирантов в количестве не менее 30 человек, что будет способствовать погружению в англоязычную среду, более успешное освоение иностранного языка и знакомство с международным исследовательским протоколом. Также предусмотрено обновление парка оборудования до международного уровня, расширение площадей института позволит организовать дополнительные помещения для проектной работы. Предусматривается проведение полевых учебных практик на стационарах ИГХ СО РАН (Ханх, Монголия) и ВУЗов Иркутска (Черноруд, Прибайкалье и Аршан, Тункинская долина) с уникальными геологическими условиями. Успешно работают базовые кафедры ИГХ СО РАН на химическом, физическом и геологическом факультетах ИГУ, на профильных кафедрах иркутских ВУЗов более 30 ученых ИГХ СО РАН ведут преподавательскую работу, читают лекции и проводят практические занятия.

Обязательным условием успешной реализации программы по привлечению молодых специалистов в научные лаборатории ИГХ СО РАН является наличие привлекательных условий для реализации исследовательских программ в аспирантуре, в частности обновление приборной базы, которое планируется провести в рамках Программы развития. При этом критическое значение имеет расширение площадей института, которое также предусмотрено настоящей Программой развития.

Программой развития ИГХ СО РАН, как образовательной организации, предусматривается образование Научно-образовательного центра ИГХ СО РАН. Это позволит создать наиболее благоприятные условия для подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации и дает дополнительные инструменты активизации участия молодых ученых и аспирантов в научных исследованиях. Образование НОЦ ИГХ СО РАН также открывает новые возможности для осуществления инновационной деятельности в научной и образовательной сфере и будет способствовать развитию взаимовыгодного и эффективного сотрудничества с другими ВУЗами.

В рамках Иркутского НОЦ физики, химии и минералогии наносистем, организованного в 2008 г., регулярно проводятся совместные исследования с ИГУ и ЛИИ СО РАН, защищаются магистерские и кандидатские диссертации, выполняются дипломные работы студентами. В 2013 г. на базе ИрНИТУ с участием ИГХ организован НОЦ «Нанотехнологии природных и функциональных синтетических материалов», в рамках которого ныне осуществляется подготовка студентов по специальности «Нанотехнологии и микросистемная техника». Необходимо активизировать работу этих НОЦ, функционирующих на общественных началах, при помощи которых будет осуществляться взаимодействие высшей школы, научных и производственных организаций. Их тематика остается актуальной: они созданы с целью изучения новых закономерностей природных и искусственных наносистем и внедрения инновационных образовательных программ в данной области науки.

Работа НОЦ ИГХ СО РАН будет вестись по следующим направлениям:

- работа со школьниками в рамках проекта «Геошкола» ИГХ СО РАН. Разработанная программа дополнительного образования участников проекта «Геошкола» направлена на популяризацию науки, углубление геологических знаний школьников, их профессионального самоопределения, повышение престижа геологической профессии и формирования познавательного интереса обучающихся, на создание условий для развития личности ребенка, его творческой самореализации;

- активизация сотрудничества с ВУЗами на основе деятельности базовых кафедр и совместных лабораторий, в рамках которого ведущие специалисты Института участвуют в

образовательном процессе и привлекают талантливую молодежь к научным исследованиям. В ИГХ СО РАН функционируют 3 базовые кафедры в ИГУ, 3 Научно-образовательных центра с ИГУ и ИрНИТУ, 2 совместные лаборатории с ИрНИТУ; уже проводится и будет расширяться программа сетевого и проектного обучения на базе ИГХ СО РАН и ИрНИТУ.

- в рамках создания НОЦ в Восточной Сибири предполагается обосновать научно-методическую основу для организации и проведения научного (научных работников и преподавателей ВУЗов), научно-познавательного (для туристов, школьников, посетителей нац. парков) и образовательного (для студентов) туризма для участников разного научного уровня и подготовки из разных стран;

- открытие магистратуры ИГХ СО РАН, что дает возможность активно привлекать выпускников бакалавриата к научным исследованиям по направлениям НИР Института, качественно подготавливать кадры для дальнейшего поступления в аспирантуру;

- активизация деятельности аспирантуры, как ключевого элемента образовательного процесса и основного источника научных кадров ИГХ СО РАН. Институт осуществляет большую образовательную деятельность, аспирантура Института готовит кадры высшей квалификации по 3-м научным направлениям и 5-ти специальностям геохимического, геоэкологического, аналитического и физического направлений;

- поддержка работы Диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по 3-м специальностям – «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», «минералогия, кристаллография», «геоэкология». Одной из задач Программы развития является поддержание высокого научного уровня членов Диссертационного совета и приведение их 100% соответствия требованиям ВАК. За последние 5 лет 12 ученых РАН, в том числе и молодые сотрудники ИГХ СО РАН, повысили свою квалификацию защитив кандидатские и докторские диссертации.

Особенное внимание будет уделяться повышению качества обучения. В ИГХ СО РАН функционирует Электронная информационно-образовательная среда организации (ЭИОС). Это информационная система, представляющая собой совокупность электронных информационных и образовательных ресурсов, информационных и телекоммуникационных технологий и средств, обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ. Планируется развитие ЭИОС для всех сфер образовательного процесса ИГХ СО РАН с подключением актуальных информационных баз и современных образовательных ресурсов. Будет создана возможность проведения лекций и семинаров ведущих ученых России с использованием информационно-коммуникационных технологий.

Таким образом, Программой развития планируется активное развитие ИГХ СО РАН как образовательной организации, задачами которой является формирование конкурентно-способного кадрового потенциала Института, способного решать современные научные задачи на мировом уровне.

РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ

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

Инфраструктура организации, в целом, отвечает требованиям выполнения главных задач Программы развития на период 2019-2024 год. В структуре организации действуют 7 научно-исследовательских лабораторий, а также Центр коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований», созданный на базе Аналитического отдела, в состав которого входит 3 аналитических лаборатории и 1 группа. Для выполнения экспериментальных исследований и отработки технологических испытаний в организации создан 1 опытный участок. Кроме того, для обеспечения работы научных подразделений и осуществления образовательной деятельности в организации работают 2 научно-

вспомогательных подразделения, отдел аспирантуры, 7 административно-хозяйственных и планово-финансовых подразделений, в том числе отдел закупок и производственный отдел.

В организации работает Диссертационный совет Д 003.059.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций по 3-м специальностям – «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», «минералогия, кристаллография», «геоэкология».

Научные и прикладные исследования, проводимые в ИГХ СО РАН, опираются, главным образом, на аналитические возможности и научно-исследовательские разработки Центра коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований». Материально-техническая база ЦКП включает в себя современное оборудование, позволяющее выполнять аналитические и научно-исследовательские работы по направлениям изотопного, элементного, структурного и оптического анализа горных пород, руд, минералов, природных вод, почв, растительных и биологических материалов, золо-шлаковых материалов, а также в области экологической геохимии и физического материаловедения (перечень оборудования ЦКП, Приложение 2). В структуру ЦКП входит аккредитованный Аналитический отдел (Аттестат № RA.RU.21ГП12 от 15.11.2015 г.), который в 2018 году прошел процедуру подтверждения компетентности и расширения области аккредитации. Отдел укомплектован высоко квалифицированным персоналом из категории научных и инженерных работников, многие из которых имеют ученые степени кандидатов и докторов наук. В Аналитическом отделе разработаны уникальные высокоточные методики химического анализа для исследования природных и техногенных объектов, он располагает уникальной коллекцией созданных в ИГХ СО РАН государственных стандартных образцов (ГСО) различного состава: руд, горных пород и минералов, почв, донных отложений и биологических объектов. Для выполнения аналитических работ имеются помещения, обеспечивающие проведение анализов в химически высокочистых условиях по классу 10000.

Для целей создания промышленных технологий получения особо-чистых кварцевых концентратов, оптического кварцевого стекла, термостойкой кварцевой керамики и наработки опытных партий продукции в Институте начаты работы по созданию экспериментальной пилотной технологической линии. Для этих целей проведены необходимые работы по подготовке помещений площадью 360 м², отвечающие требованиям особо-чистых помещений для химических технологий, частично приобретено необходимое оборудование для получения кварцевых концентратов, в том числе система подготовки деионизированной воды, позволяющая обеспечить весь технологический цикл.

В ИГХ СО РАН имеются специализированные кабинеты минералого-петрографических исследований, отдел пробоподготовки, экспериментальные установки, отдел компьютерного обеспечения исследований, парк автомобильного транспорта для обеспечения экспедиционных исследований.

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

Основным направлением развития научно-исследовательской инфраструктуры является расширение возможностей ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН за счет оснащения новым научным оборудованием для поддержки и реализации приоритетных фундаментальных и научно-технических исследований в рамках задач Национального проекта «Наука». Осуществление поставленной цели в рамках ЦКП позволит реализовать ряд многоцелевых проектов ведущих академических институтов РАН и университетов Восточной Сибири и Дальнего Востока, заданий исполнительных органов власти, производственных предприятий и компаний, а также использовать ЦКП как площадку для широкого научного общения и обмена опытом с иногородними и зарубежными специалистами.

Перечень необходимого дорогостоящего аналитического оборудования и обоснование решаемых при его использовании задач прилагается (Приложение 3).

Для обеспечения развития научно-исследовательской инфраструктуры ИГХ СО РАН Программой развития планируется реализация ряда крупных хозяйственных мероприятий, среди них:

- капитальное строительство ранее спроектированного блока общего назначения, необходимое для размещения аналитических лабораторий, новых научных лабораторий и вспомогательных служб за пределами главного лабораторного корпуса будет способствовать оптимизации и улучшению условий труда, а также повышению эффективности работы коллектива научных сотрудников. Необходимость строительства объясняется тем, что ИГХ СО РАН уже более 50 лет и до настоящего времени в связи с исключительно ограниченными возможностями размещения не имеет конференц-зала, библиотеки и читального зала, помещений для административных и вспомогательных служб, фойе, медпункта, пункта питания сотрудников, хранилища геологических материалов и складов для хранения материальных запасов. Все службы и научные лаборатории располагаются в лабораторном корпусе главного здания и малого производственного корпуса по адресу г. Иркутск, ул. Фаворского 1а, и частично на площадях здания по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова 130а. Все это затрудняет работу коллектива Института по выполнению государственного задания на проведения научно-исследовательских работ, ограничивает возможности по размещению новых лабораторий, опытного производства и специализированных помещений для аналитических исследований;

- проектирование и проведение капитального ремонта блока «чистых комнат» для обеспечения работы нового высокоточного оборудования с целью повышения эффективности, количества и качества аналитических исследований;

- завершение создания пилотной линии по производству высокочистого кремния из природного кварцитового сырья в интересах солнечной энергетики;

- мероприятия, улучшающие научно-производственную деятельность и снижающие затраты на коммунальные платежи, а именно: замена электрических ячеек с оборудованием, проектирование и строительство новой линии электропитания; переход на закрытую систему отопления; стабилизация работы систем вентиляции, замена старых вытяжных вентиляторов на вентиляторы стойкие к агрессивной среде с увеличенным ресурсом работы; капитальный ремонт коммуникаций для сточных вод, канализационных колодцев и асфальтного покрытия на внутренней территории; проектирование и строительство складов для хранения коллекций геологических проб и образцов; организация закрытых парковочных мест под стоянку грузовых машин для экспедиционных работ.

С целью обеспечения возрастающих потребностей в скорости доступа пользователей к локальной вычислительной сети Института и с целью ускорения обмена научной информацией и доступа к сети Интернет в период до 2024 года планируется поэтапно увеличить доступную скорость с текущих 100 Мб/с до 1000 Мб/с. Планируется одновременно обеспечить замену каналов связи между узлами ЛВС на оптические линии и увеличить пропускную способность данных каналов до 5-10Гб/с.

Целью развития научно-исследовательской инфраструктуры должно быть создание на базе ИГХ СО РАН организации лидера в научной и образовательной деятельности, предоставляющей необходимые условия прежде всего для генерации новых знаний в области Наук о Земле и придания им ценности в обществе и экономике, создания привлекательных условий для вовлечения в научную деятельность молодых ученых.

РАЗДЕЛ 6. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Главным направлением развития системы научной коммуникации и популяризации исследований в рамках Программы развития ИГХ СО РАН на 2019-2024 год является увеличение числа научных публикаций ученых организации в российских и зарубежных журналах, повышением числа сотрудников, публикующих статьи в журналах 1-го и 2-го

квартилей, участие сотрудников организации в работе редакционных коллегий российских и зарубежных научных и популярных журналов.

По направлению развития научной коммуникации и популяризации результатов научных исследований в ИГХ СО РАН Программой развития предусматривается:

- развитие и информационное обеспечение сайта Института для информирования научного сообщества о научных достижениях Института, результатах научных исследований и их научной и социально-экономической значимости;

- взаимодействие со средствами массовой информации в целях информирования общественности о результатах научных исследований организации на площадках сайтов регионального уровня, а именно «БАБР», «Твой Иркутск», «Байкал 24», «Восточно-Сибирские новости», а также при поддержке пресс-служб Минобрнауки, РАН и СО РАН;

- разработка и создание тематического периодического электронного научного журнала ИГХ СО РАН с его вхождением в одну из международных баз данных к 2024 году;

- организация и проведение научных семинаров и конференций с участием российских и зарубежных ученых на основе более чем 50-летнего опыта проведения таких мероприятий в ИГХ СО РАН, а именно: проведение Всероссийской конференции с международным участием «Современные направления развития геохимии» 1 раз в 5 лет, молодежной конференции «Современные проблемы геохимии» 1 раз в 2 года, международной молодежной конференции по люминесценции и лазерной физике 1 раз в 2 года, Всероссийских конференций «Петрографическое совещание» в 2020 году и «Граниты в эволюции Земли» в 2021 году, конференций в сотрудничестве с ИГУ и ИрНИТУ;

- расширение сотрудничества с ВУЗами г. Иркутска на основе поддержки работы базовых кафедр и совместных лабораторий, что будет способствовать привлечению талантливой молодежи к научным исследованиям;

- разработка и чтение лекционных курсов о пропаганде современных достижений науки среди обучающейся молодежи в ВУЗах г. Иркутска;

- выступление сотрудников с докладами на всероссийских и международных конференциях,

- подготовка и проведение научно-популярных лекций на различных значимых площадках г. Иркутска: научная библиотека им. И.И. Молчанова-Сибирского, научная библиотека им. В.Г. Распутина и т.д.;

- активизация работы ведущих ученых Института в экспертной деятельности в составе Экспертных советов РАН и Минобрнауки, научных фондов и редакций российских и зарубежных журналов,

- привлечение в научный коллектив Института зарубежных ученых для участия в выполнении научных проектов и программ;

- обеспечение условий мобильности молодых ученых и их дополнительной стажировки в ведущих российских и зарубежных научных организациях, в том числе по программам научного обмена и постдока.

РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Основным способом повышения эффективности работы научной организации является создание условий, при которых исследователям будет престижно и выгодно генерировать дополнительный объем научных результатов и активизировать внедрение полученных результатов в экономику в интересах государственных и частных предприятий.

Основной проблемой традиционно сдерживающей развития перспективных направлений, является равномерное распределение ресурсов, что снижает эффективность работы и мотивацию научных сотрудников к достижению результатов, превышающих фоновые квалификационные требования. В связи с этим основной задачей Программы развития является создание системы перераспределения ресурсов стимулирующего характера и приоритетный доступ активных исследователей к материально-технической базе института.

Последние 2 года организацией приняты меры, при которых научные сотрудники, превышающие базовые параметры по показателям генерации и коммерциализации знаний, имеют заработную плату и выплаты стимулирующего характера, кратно превышающие стандартные показатели. Принятые меры уже привели к росту по показателям публикационной активности, привлечения внебюджетного финансирования и будут развиваться в дальнейшем. В соответствии с задачами Национального проекта «Наука» в системе управления организацией предполагается создание гибкой системы научного планирования и стимулирования достижений.

В рамках выполнения Программы развития и улучшения системы планирования следует считать необходимым создание сервисов поддержки (юридической, патентной, финансово-экономической, лингвистической), призванной разгрузить рабочие группы от непрофильной работы.

Традиционной структурой управления ИГХ СО РАН является дирекция и Ученый совет. Данная структура управления в определенной степени консервативна и не может дать дополнительного импульса в развитии организации. В связи с этим в структуре управления ИГХ СО РАН для контроля за выполнением поставленных задач и достижением целевых показателей Программы развития планируется создать Совет по развитию, состоящий из наиболее активных и перспективных молодых и передовых ученых, компетентных в различных сферах исследований деятельности института из кадрового резерва Минобрнауки РФ.

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

Программой развития ИГХ СО РАН, разработанной на период 2019-2024 год, в соответствии с профилем организации «Генераторы знаний» и государственными заданиями планируется мероприятия, способствующие достижению целей и выполнению задач Национального проекта «Наука» и входящих в ее состав Федеральных проектов.

В рамках Федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» и для выполнения Задачи 1 к 2024 году планируется: обновление приборной базы не менее чем на 50% балансовой стоимости научного оборудования; установление безбарьерного доступа к оборудованию ЦКП для внешних пользователей и доведение объема внешних заказов не менее чем до 60%, в том числе не менее 50 % от этого объема по заказам молодых исследователей; увеличение количества статей, опубликованных сотрудниками организации, и индексируемых в международных базах данных не менее чем на 40%; увеличение объема внебюджетных средств не менее чем на 25% по профилю «Генераторы знаний». В рамках выполнения Задачи 2 указанного проекта планируется организация и выпуск одного тематического периодического журнала с его вхождением по итогам 2024 года в одну из международных баз данных; возрастание числа ученых организации, публикующих статьи в первом и втором квартилях не менее чем до 40 % от общей численности исследователей; увеличение числа заявок на получение патентов не менее чем на 1 в год нарастающим итогом.

Согласно задачам Федерального проекта «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок» Программой развития ИГХ СО РАН в период 2019-2024 год предусматривается повышение результативности работы аспирантуры организации с возрастанием числа молодых ученых, защищающих диссертации в срок обучения; открытие магистратуры; увеличение числа проектов исследований, выполняемых молодыми учеными; создание двух новых лабораторий под руководством молодых ученых; укрепление кадрового резерва; поддержка мобильности молодых ученых.

Приведенные в **Приложении 4** целевые показатели реализации Программы развития указывают на то, что перед организацией стоит ряд актуальных задач, выполнение которых позволит укрепить лидирующее положение ИГХ СО РАН среди институтов геологического профиля в России и мире в соответствии с целью и задачами Национального проекта «Наука».

РАЗДЕЛ 9. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

Финансовое обеспечение Программы развития ИГХ СО РАН на 2019-2024 год включает субсидии на выполнение государственных заданий и объем внебюджетных средств, полученных от приносящей доход деятельности. Объемы необходимого финансирования рассчитаны с учетом, прежде всего, объемов затрат на проведение утвержденных и планируемых в 2019-2024 годах исследований, объема внебюджетных средств, с учетом роста численности исследователей организации не менее чем на 15% по итогам 2024 года, обновления приборной базы в размере не менее чем на 50% от балансовой стоимости научного оборудования, субсидий на осуществление образовательной деятельности, включая стипендиальный фонд, субсидий на организацию и деятельность 2-х новых научных лабораторий, субсидий ежегодно направляемых на капитальный ремонт и субсидий на планируемое капитальное строительство блока общего назначения.

Показатели финансового обеспечения Программы развития ИГХ СО РАН на 2019-2024 год приведены в **таблице 1**.