

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения
Российской Академии наук

Утверждено

Директор, доктор геолого-
минералогических наук
Крук Н.Н.



26 декабря 2019

Программа развития
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения
Российской Академии наук
на 2019-2021 годы

г. Новосибирск

2019

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской Академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	Институт геологии и минералогии СО РАН; ИГМ СО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	630090, Россия, Новосибирская область, город Новосибирск, проспект Академика Коптюга, дом 3
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	Генерация знаний
2.2.	Категория организации	1-я категория
2.3.	Основные научные направления деятельности	<ul style="list-style-type: none"> - глубинная геодинамика и эволюция литосферы, тектоника и геология Азии, экспериментальное и теоретическое моделирование глубинных процессов (СНТР РФ 20 ж); - минералообразующие и флюидные системы в литосфере и их эволюция в истории Земли, термобарогеохимия, моделирование динамики эндогенных и техногенных систем, экспериментальное моделирование процессов минералообразования, петрология и рудоносность магматических формаций (СНТР РФ 20 ж, д); - метаморфизм горных пород, метаморфизм в различных геодинамических обстановках, его геологические и минеральные индикаторы (СНТР РФ 20 ж); - экспериментальная петрология и рост кристаллов, экспериментальное исследование вещества при сверхвысоких давлениях, процессы кристаллизации алмаза, рост кристаллов, синтез и изучение новых материалов (СНТР РФ 20 а, б); - изучение глобальных изменений природной среды и климата, изменение среды и климата Центральной Азии в кайнозой, геоэкология, анализ и моделирование геосистем (на основе геоинформационных систем и дистанционного зондирования, картографии) (СНТР РФ 20 а, ж); - изучение закономерностей образования и размещения полезных ископаемых, флюидный режим и рудообразование, прогнозно-металлогенические исследования, генезис и месторождения алмаза и редкоземельных элементов (СНТР РФ 20 а, е); - изучение геохимических особенностей распределения элементов, изотопная геохимия и геохронология, геохимия благородных и редких элементов, поведение и геохимические циклы экологически важных элементов и соединений в природных и техногенных системах, геохимия современных гидротермальных систем (СНТР РФ 20 д, ж); - развитие и использование инструментальных методов анализа состава вещества, рентгено-спектральные исследования, изотопно-геохимические исследования (СНТР РФ 20 а, ж).

РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

2.1. Цель Программы развития

Целью программы развития является укрепление позиции ИГМ СО РАН среди лидирующих научных организаций геологического профиля в Российской Федерации и вывод Института в число мировых лидеров в области наук о Земле.

2.2. Задачи Программы развития

Задачами программы развития являются:

1. Успешная реализация научно-исследовательской программы;
2. Развитие научно-исследовательской инфраструктуры Института для выполнения исследований по всем основным направлениям на мировом уровне и выше, обеспечивающего ее привлекательность для ведущих ученых;
3. Совершенствование системы развития кадрового потенциала организации, обеспечивающей стабильный рост числа исследователей, повышение их квалификации и результативности;
4. Совершенствование системы управления Институтом для повышения востребованности результатов фундаментальных исследований и их эффективного использования в интересах экономики Российской Федерации.

РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА «ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОСФЕР»

3.1. Общая информация

Институт геологии и геофизики СО АН СССР, правопреемником которого является ИГМ СО РАН, был организован в 1957 г. для комплексного изучения геологического строения и минеральных ресурсов Сибири. Сотрудники Института внесли большой вклад в развитие минерально-сырьевой базы Сибири и России в целом, в том числе в обнаружение месторождений алмазов в Якутской и Архангельской провинциях, золота, платиноидов и других полезных ископаемых. Одновременно Институт оформился как комплексное научное учреждение, занимающее лидирующие позиции в России в области наук о Земле. В Институте сформировались и успешно развиваются научные школы, созданные и возглавляемые в разное время выдающимися учеными, академиками В.С. и Н.В. Соболевыми, Ю.А. и В.А. Кузнецовыми, Н.Л. Добрецовым, Н.П. Похиленко и В.В. Ревердатто; чл.-корреспондентами РАН Ф.Н. Шаховым, В.С. Шацким, Г.В. Поляковым.

На сегодняшний день ИГМ СО РАН – многопрофильное научное учреждение, проводящее фундаментальные и прикладные исследования по геологии, минералогии, петрологии магматизма и метаморфизма, экспериментальной минералогии и росту кристаллов, рудогенезу и металлогении. В структуре Института - 22 научно-исследовательские лаборатории, укомплектованные высококвалифицированными сотрудниками. Высокое качество и мировой уровень исследований обеспечивают пять членов Российской академии наук, шесть профессоров РАН, 79 докторов и 160 кандидатов геолого-минералогических, технических, физико-математических и химических наук.

За последние 5 лет с участием сотрудников ИГМ опубликовано более 800 работ в высокорейтинговых журналах, включая публикации в журналах первой и второй квартили WoS таких как Science, Nature, Gondwana Research, Scientific Reports, Chemical Geology, Ore Geology Review, Economic Geology, Lithos, Contribution to Mineralogy and Petrology, Earth and Planetary Science Letters, American Mineralogist, Canadian Mineralogist, International Geological Review, Crystal Growth, Tectonophysics, Diamond and Related Materials и многих других. 75 научных сотрудников Института входят в элитный список Штерна, инициированный интернет-ресурсом scientific.ru. По этим показателям ИГМ СО РАН занимает 1 место среди геологических институтов России и 4-е место среди всех институтов Сибирского отделения РАН.

ИГМ СО РАН является признанным лидером в России в областях экспериментальной минералогии высоких давлений, роста и свойств кристаллов,

минералогии верхней мантии и происхождения алмаза, генезиса кимберлитовых магм. Кроме того, сотрудники института проводят комплексные исследования основных закономерностей строения и формирования геологических структур платформ и складчатых поясов, процессов магматизма, метаморфизма и рудогенеза, геохимии окружающей среды, эволюции климата в кайнозойе и взаимодействия природной среды и человека.

ИГМ СО РАН последние три десятилетия активно и плодотворно сотрудничает с научными центрами США (Институт Карнеги, Институт геопланетарных наук, Университет Теннесси, Гарвардский университет, Стенфордский университет, Океанографический Институт Вудс Холл), Японии (Университет Тохоку, Токийский Университет, Университет Хоккайдо и др.), Канады (Университет Британской Колумбии, компании Winspear Diamonds Inc., Diamondex Resources Ltd.), Австралии (Университет Макуори, Университет Тасмании, Университет Куртин), Германии (Потсдамский центр имени Гельмгольца (GFZ), Рурский университет), Франции (Университет Гренобля) Китая (Институт геологии и геофизики КАН, Гонконгский университет, Институт геохимии Гуанчжоу КАН), Вьетнама (Геологический институт ВАНТ), Монголии (Институт палеонтологии и геологии АНМ, СО «Монголросцветмет»), а также рядом научных и научно-производственных организаций Франции, Литвы, Беларуси, Казахстана, Украины, Анголы.

3.2. Ключевые слова

Региональная геология и тектоника, эволюция состава и строения литосферы, осадочные бассейны, магматические и метаморфические комплексы, деформации, месторождения полезных ископаемых, тектоническое районирование, геохронология, петрогенезис, формирование и эволюция магм, метаморфические реакции, флюидный режим, состав пород и минералов, модели формирования месторождений полезных ископаемых, методы прогнозирования и поисков твердых полезных ископаемых; геохимия, изотопная геохимия, экспериментальная минералогия и петрология, физико-химическое моделирование природных процессов, новые кристаллические материалы с заданными свойствами, быстротекущие природные и техногенные процессы, геохимические циклы элементов, экогеохимия, биогеохимия, взаимодействие человека и природной среды, эволюция геосистем и изменения климата.

3.3. Аннотация научно-исследовательской программы

Научно-исследовательская программа ИГМ СО РАН предполагает проведение комплекса взаимосвязанных фундаментальных исследований по направлениям деятельности Института. Будут выполнены исследования основных закономерностей строения и формирования геологических структур платформ и складчатых поясов Азии, включая особенности геологического развития и сырьевого потенциала ее арктических и субарктических регионов. На примере ключевых объектов Центральной и Юго-Восточной Азии будут изучены процессы магматизма, метаморфизма и рудогенеза, особенности флюидного режима магматических, метаморфических и гидротермальных рудообразующих систем. Будут проведены комплексные исследования вещества при высоких и сверхвысоких давлениях (включая фундаментальные аспекты генезиса алмазов). Будет проведено экспериментальное, математическое и теоретическое моделирование породо- и минералообразующих процессов в литосфере Земли, исследованы фундаментальные основы кристаллогенезиса, проведен синтез и изучение ряда новых кристаллических материалов. Будут проведены комплексные исследования геологических процессов, протекающих при изменении окружающей среды (изменении климата, деятельность человека и др. экзогенные факторы) в природных и техногенных системах.

3.4. Цель и задачи научно-исследовательской программы

Раздел 1. Исследование основных закономерностей строения и формирования геологических структур платформ и складчатых поясов Азии: формирование и эволюция

литосферы заложение и эволюция осадочных бассейнов, региональные аспекты проявления магматизма и метаморфизма, закономерности образования и размещения месторождений твердых полезных ископаемых.

Цель: получение новых фундаментальных знаний об истории и основных закономерностях формирования крупных геологических структур платформ и складчатых поясов Азии (в первую очередь - Сибирского макрорегиона) и о процессах, контролирующих размещение месторождений стратегических твердых полезных ископаемых.

Задачи:

1. Определение основных этапов и стадий формирования крупных геологических структур (эпохи складчатости, этапы тектоно-магматической активности, рубежи структурных перестроек), выяснение их тектонической природы, совершенствование методик тектонического и геодинамического районирования;

2. Изучение состава и строения осадочных комплексов палеобассейнов: тектоно-седиментологические типы, динамика седиментации, источники кластического материала; выявление геологических, геоморфологических, изотопно-геохимических и минералогических критериев диагностики палеобассейнов различных типов;

3. Установление взаимосвязи, тектонических процессов, осадконакопления, магматизма, метаморфизма, минерало- и рудообразования в пределах крупных геологических структур;

4. Выявление комплексов диагностических признаков магматических и метаморфических ассоциаций, формирующихся в различных тектонических обстановках;

5. Оценка потенциальной рудоносности структурно-вещественных комплексов определенных геодинамических режимов, выявление основных закономерностей размещения месторождений стратегических полезных ископаемых.

Раздел 2. Исследование процессов магматизма, метаморфизма и рудогенеза: породо- и минералообразования, флюидного режима, их геологических, минералогических и геохимических индикаторов. Разработка фундаментальных основ эффективных методов прогнозирования и поисков месторождений твердых полезных ископаемых. Изучение минералов и их ассоциаций, образовавшихся при высоких и сверхвысоких давлениях, генезис алмаза.

Цель: получение новых фундаментальных знаний о процессах образования и эволюции магм и эндогенных флюидов, образования минералов, горных пород и руд посредством изучения природных объектов.

Задачи:

1. Установление особенностей процессов плавления в мантии и земной коре, индикаторные геохимические и изотопно-геохимические особенности первичных магм, сформированных в различных тектонических обстановках от глубинных частей литосферной мантии до приповерхностных вулканических очагов. Принципиально новой является разработка методических подходов к изучению происхождения магм в условиях наложения различных геодинамических и тектонических режимов;

2. Проведение анализа закономерностей эволюции магм в коре и мантии Земли, определяющих разнообразие изверженных пород, включая анализ главных механизмов сегрегации, транспорта и эволюции расплавов в промежуточных очагах, магмоподводящих каналах, интрузивных камерах и системах активных вулканов, приуроченных к блокам литосферы различной природы, строения и состава;

3. Определение природы и параметров формирования метаморфических комплексов подвижных поясов Азии и особенностей флюидного режима, изотопной геохимии и массообмена при образовании минеральных парагенезисов в условиях контактового метаморфизма; проведение численного моделирования процессов

тепломассопереноса при метаморфизме, вызванном внедрением магм и тектоническими процессами;

4. Определение термодинамических параметров и геохимических особенностей процессов минералообразования при высоких и сверхвысоких давлениях в субдукционных обстановках, субконтинентальной литосфере и метеоритном веществе; установление закономерностей природного алмазообразования в различных геодинамических обстановках, включая импактное алмазообразование

5. Установление главных источников рудного вещества, особенностей флюидного режима, условий и механизмов формирования рудоносных магм и флюидов, определение главных факторов, определяющих реализацию их рудного потенциала при формировании рудно-магматических систем. Выявление комплексов индикаторных минералогических, геохимических и изотопно-геохимических признаков, позволяющих диагностировать рудоносные магматические ассоциации разных типов и надежно отличать их от безрудных;

6. Определение характера поведения и роли летучих компонентов в процессах образования минералов, горных пород и руд на основании исследования включений минералообразующих сред;

Раздел 3. Экспериментальное и теоретическое моделирование геологических процессов, включая процессы породо- и минералообразования; экспериментальная минералогия и петрология; рост кристаллов; синтез и изучение новых кристаллических структур и материалов.

Цель: получение новых фундаментальных знаний о процессах роста кристаллов, образования минералов, горных пород и руд в недрах Земли посредством экспериментального и теоретического моделирования.

Задачи:

1. Экспериментальное изучение образования минералов и минеральных ассоциаций при высоких и сверхвысоких давлениях в условиях мантии Земли, определение роли летучих компонентов, флюидных фаз и окислительно-восстановительных условий в мантийном минералообразовании в зонах субдукции и субконтинентальной литосфере;

2. Экспериментальное моделирование глубинного цикла углерода, процессов образования и роста кристаллов алмаза;

3. Экспериментальное и теоретическое изучение структурных преобразований минералов при высоких температурах и давлениях, в том числе при взаимодействии с флюидными средами;

4. Экспериментальное исследование закономерностей поведения рудных компонентов в гидротермальных процессах и при кристаллизации многокомпонентных сульфидных расплавов;

5. Экспериментальное изучение роста кристаллов в природных и технологических системах, включая выращивание кристаллов алмаза с заданными наборами дефектно-примесных центров для высокотехнологических применений;

6. Экспериментальное и теоретическое исследование синтеза новых кристаллических материалов с заданными свойствами; исследование зависимости функциональных свойств новых материалов от их состава, структуры и условий синтеза.

Раздел 4. Изучение геологических особенностей изменения окружающей среды: геохимических циклов элементов и соединений в природных и техногенных системах; изменения климата в кайнозой; современной экзодинамики и взаимодействия природной среды и человека.

Цель: Получение новых знаний о геологических условиях и факторах трансформации поверхностных геосистем. Выявление закономерностей формирования возобновляемых природных ресурсов в экзогенных условиях.

Задачи:

1. На основе исследований внутреннего строения, структуры и состава осадочных последовательностей определить влияние изменений климата, тектонических событий и антропогенной деятельности на специфику современного осадочного минералообразования и седиментации.

2. Определение условий концентрирования и рассеивания редких, благородных и радиоактивных элементов в природных и техногенных системах в условиях гипергенеза с учетом роли органического вещества.

3. Установление индикаторов естественных и антропогенных катастрофических, опасных и негативных процессов и их последствий как основу для палеореконструкций и краткосрочного прогноза подобных событий.

4. Выявление основных механизмов формирования возобновляемых георесурсов, образующихся под воздействием экзогенных факторов в позднем плейстоцене - голоцене.

5. Разработка и адаптация к задачам геологических исследований методики обработки пространственных данных и геоинформационного моделирования, обеспечивающей переход к полуколичественным и количественным интерпретациям результатов дистанционного зондирования Земли.

Раздел 5. Развитие и использование современных методов определения возраста, состава и структуры вещества: геохронологические, изотопно-геохимические и рентгено-спектральные исследования.

Цель: Повышение информативности геохронологических, изотопно-геохимических, рентгеноспектральных и рентгеноструктурных исследований при исследовании свойств природных и синтетических кристаллических материалов, реконструкциях этапов, условий, источников формирования магматических, метаморфических, осадочных комплексов и месторождений полезных ископаемых.

Задачи:

1. Выявление наиболее информативных элементных и изотопных систем при реконструкции этапов и условий формирования, идентификации источников вещества магматических, метаморфических, осадочных комплексов и месторождений полезных ископаемых на примере эталонных геологических объектов.

2. Численное моделирование поведения изотопных систем для решения задач геохронологии и изотопной геохимии с учётом реальных геодинамических обстановок исследуемых объектов.

3. Увеличение пространственного разрешения инструментальных методов анализа состава и структуры вещества;

4. Расширение объектов и методов исследования, включая изучение новых минеральных ассоциаций, новых элементных и изотопных систем, оценку количественного влияния термодинамических условий на распределение элементов и их изотопов в минералообразующих системах, изучение структур минералов и их преобразования при изменении температуры и давления.

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

Региональные геологические и тектонические исследования традиционно являются базовым составным элементом геологической науки, дающим основу для всех без исключения более «узких» специализированных работ, направленных на расшифровку закономерностей и механизмов эволюции нашей планеты. С конца XX столетия до настоящего времени основной объем региональных геологических исследований сосредоточен в Центральной и Юго-Восточной Азии. Ярким доказательством этого является заключение компании «Thomson Reuters» о том, что ключевым приоритетом в области наук о Земле является «изучение формирования континентальных плит южной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

За последние десятилетия российскими и зарубежными геологами опубликован ряд крупных фундаментальных работ, достаточно подробно характеризующих историю тектонического развития Азии (Парфенов и др., 2003; Dobretsov et al. 2003; Windley et al., 2007; Xiao et al., 2003; Yakubchuk 2008; Zhao et al., 2013). В то же время анализ результатов, полученных за последние 10-15 лет, демонстрирует смену главных направлений региональных исследований и резкий рост интересов к четырем аспектам: 1) природа и возраст метаморфических комплексов; 2) структура, состав и динамика формирования аккреционных комплексов; 3) роль сдвигового тектогенеза в формировании современной структуры складчатых поясов; 4) крупные изверженные провинции (LIPs): их природа, объемы и возрастные интервалы формирования.

Комплексы высокометаморфизованных пород, проявленные в пределах складчатых поясов, традиционно рассматривались в качестве выступов древнего фундамента. Развитие локальных методов анализа (в первую очередь – U-Pb датирование цирконов) явилось толчком для ревизии этих представлений. Показано, что практически все метаморфические комплексы Алтая, Забайкалья, и многих других регионов представляют собой позднедокембрийские или раннепалеозойские толщи, метаморфизованные в ходе фанерозойских тектонических событий (Лебедев и др., 1991; Плотников и др., 2001; Long et al., 2010; Sun et al., 2014 и др.). Изучение аккреционных комплексов, содержащих в своем составе породы океанической литосферы (oceanic plate stratigraphy (Isozaki et al., 1990)) и терригенные толщи континентального источника дало возможность оценить размеры и особенности строения существовавших в прошлом океанических бассейнов, динамику их взаимодействия с континентальными блоками разной природы (Scotese et al., 1994; Maruyama et al., 2010; Kusky et al., 2013; Safonova and Santosh, 2014), а также послужило основой для создания нового поколения моделей массообмена между мантией и континентальной корой (Maruyama et al., 2014). Инструментальной основой для развития этого направления, помимо методик локального изотопного датирования и изотопной геохимии, явилось развитие высокоразрешающей электронной микроскопии, которая вывела на новый уровень микропалеонтологические исследования.

Основополагающая роль сдвиговых деформаций при формировании сложнопостроенных аккреционных сооружений стала очевидной вследствие бурного развития палеомагнитных исследований и введения в практику геологической науки методики террейнового анализа. Показано, что около 23% границ литосферных плит имеют трансформную (сдвиговую) природу (Şengör et al., 1996). На примере Тихоокеанского окраины Азии выделены эпизоды широкого развития сдвиговых перемещений, которые сопровождалось специфическим осадконакоплением и магматизмом и привели, в конечном итоге, к совмещению между собой блоков (террейнов), изначально сформировавшихся в тысячах километров друг от друга (Khanchuk et al., 2016). Важная роль в изучении сдвиговых деформаций, наряду с прямыми геологическими наблюдениями, принадлежит методикам Ar/Ar изотопного датирования, позволяющим получить прямые оценки возраста тектонических деформаций в эродированных областях (Травин, 2016).

Учение о крупных изверженных провинциях (Basu et al., 1995; Ernst, 2015), вывело на новый уровень изучение мантийных плюмов, обострило дискуссию об их природе и условиях формирования. Как и в предыдущих случаях, развитие методик локального изотопного датирования и прецизионного определения изотопных характеристик магматических пород привело к формированию в мировой науке новой парадигмы, а данные региональных исследований – к формулировке ряда фундаментальных вопросов о характере эволюции Земли.

В настоящее время мировыми лидерами в области региональной тектоники являются научные коллективы Китая, сотрудники которых публикуют большинство геологических и тектонических статей в высокорейтинговых журналах. Российские научные коллективы ГИН РАН, НГУ, ИГЕМ РАН, ИГМ СО РАН, ИЗК СО РАН составляют достойную конкуренцию мировым лидерам, а по ряду позиций превосходят их. В отличие

от зарубежных коллективов российские научные школы делают ставку на проведение комплексных региональных исследований с привлечением широкого круга специалистов в разных областях геологической науки (стратиграфия, магматизм, метаморфизм, металлогения, структурная геология, изотопная геохимия и геохронология) и использованием широкого комплекса аналитических методов.

В качестве важнейших результатов, полученных сотрудниками Института при изучении Центральной Азии в последние десятилетия следует отметить доказательство присутствия алмазов в метаморфических породах сверхвысоких давлений Кокчетавского массива (Sobolev, Shatsky, 1990), доказательство раннекембрийского (530 млн лет) возраста этих образований U-Pb методом по циркону, содержащему включения алмазов (Claoue Long et al., 1991), обоснование наличия в западной части ЦАСП крупных изверженных провинций (LIP) кембро-ордовикского, карбон-пермского и пермо-триасового возраста, с каждой из которых связаны масштабные (более 1 млн км³ расплавов) проявления разнообразного мантийного и корового магматизма и формирование комплекса специфических месторождений (Добрецов и др., 2005; Борисенко и др., 2008; Владимиров и др., 2012; Изох и др., 2012). Кроме того, сотрудниками Института установлены основные закономерности эволюции литосферы ЦАСП, позволяющие реконструировать историю тектонических движений в позднем докембрии и фанерозое (Добрецов и др., 2004, 2005; Сафонова и др., 2008; Буслов и др., 2013; Владимиров и др., 2003).

Исследование процессов магматического, метаморфического и гидротермального рудообразования традиционно является одним из приоритетных направлений в науках о Земле и эмпирической основой для создания глобальных моделей эндогенных процессов и систем.

Трендом современной магматической петрологии является акцент на расшифровку происхождения магм в глубинных недрах Земли и построение численных моделей их эволюции на основании современных геохимических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований. Большое внимание уделяется реконструкции магматических процессов на ранних стадиях развития Земли и построению моделей мантийного магматизма. Актуальной проблемой является определение происхождения и восстановление эволюции кимберлитовых и карбонатитовых магм и их связи с метасоматическими преобразованиями корневых частей литосферной мантии древних платформ (Pearson et al., 1995; Pokhilenko et al., 1991, 1999; 2015). Проводится активное исследование происхождения и эволюции кислых магм, особенно в связи со становлением континентальной земной коры и поведения рудных компонентов в магматическом процессе в связи с реконструкцией развития рудно-магматических систем. Активно исследуется динамика формирования рудно-магматических систем в литосферной мантии над плюмами и связанная с ней задача конвективного плавления метасоматизированных пород литосферной мантии над областями частичного плавления в астеносфере. Математический анализ данной проблемы проведен для метасоматизированной по мантии (Шарапов и др., 2013; Перепечко и др. 2014), средино-океанических хребтов (Connolly, Podladchikov, 2007; Katz, Weatherley, 2012) и мантийного клина (Wilson et al., 2014).

Исследование современного вулканизма проводится активно во всем мире, так как дает прямую информацию о протекании магматических процессов и способствует накоплению знаний о подготовке и развитии вулканических извержений, разработке способов их предсказания и оценки последствий. Одной из главных тенденций развития магматической петрологии является разработка петрогенетических моделей для сложных геодинамических режимов, предполагающих взаимодействие различных литосферных и подлитосферных мантийных источников.

Мировой тенденцией развития магматической петрологии является широкое привлечение методов теоретического анализа и численного моделирования при интерпретации результатов исследований природных объектов.

Важнейшие достижения сотрудников ИГМ СО РАН в изучении связи геодинамики и магматизма представлены в многочисленных работах последних 10 лет (Добрецов и др., 2010; Поляков и др., 2013; Kruk et al., 2011; Safonova et al., 2012; Ivanov et al., 2013; Sobolev et al., 2011 и другие).

Главными направлениями изучения метаморфизма в недрах Земли являются установление связи между метаморфизмом и глобальными тектоническими процессами, определение параметров и физико-химическое моделирование метаморфического минералообразования. По этой причине наиболее крупные современные достижения в этой области связаны с развитием методов изотопной геохимии для определения возраста, реконструкции состава и природы исходных пород (протолита) и восстановления P-T-t трендов метаморфизма.

Большое внимание в проводимых исследованиях уделяется расшифровке глобальных геодинамических процессов в ранней истории Земли (Likhanov et al., 2011), связи высоко- и ультравысокотемпературного метаморфизма и магматизма в обстановках коллизии и областях экстремального утолщения земной коры, а также метаморфизму высоких и сверхвысоких давлений. Определение параметров последнего необходимо для построения геодинамических и тепловых моделей зон субдукции (Clark et al., 2011; Jessup et al., 2008; Tatsumi, Kogiso, 2003, Theunissen et al., 2000, Добрецов 2009). Субдукция литосферных плит определяет процессы плавления пород мантийного клина и генерацию ювенильной коры. В мировой практике процессы метаморфизма высоких и сверхвысоких давлений изучаются как с позиции расшифровки геодинамики зон субдукции, так и с точки зрения рециклирования элементов и взаимодействия коры и мантии (Chopin, 2003; Hermann, 2003; Dobrzhinetskaya, Faryad, 2011). Здесь особое место занимают исследования минералов, стабильных при высоких и сверхвысоких давлениях: алмаз, коэсит, бриджманит, мэйдждоритовый гранат и некоторые другие (Ogasawara et al., 2002; Ogasawara, 2005).

Сотрудники ИГМ СО РАН ведут передовые исследования по определению геодинамических обстановок, в которых формируются метаморфические комплексы (Polyansky et al. 2017; Likhanov, Santosh, 2017), процессов контактового метаморфизма (Сокол и др. 2019), построению количественных моделей массопереноса и подвижности элементов при метаморфизме и метасоматозе, разработке методов геотермометрии (Лиханов, Ревердатто 2015; Ревердатто и др., 2017; Likhanov et al., 2018). В ИГМ СО РАН сделано крупное обобщение современных знаний о типах и природе метаморфизма, вышедшее в издательстве Springer (Reverdatto et al. 2019). Выдающимися являются достижения ИГМ СО РАН в области расшифровки параметров высокобарического метаморфизма и построении геохимических моделей перераспределения вещества в субдукционных процессах (Sobolev, Shatsky, 1990; Dobretsov, Shatsky, 2004; Korsakov et al., 2010; Шацкий и др., 2012, 2015; Shatsky et al., 2015, 2016).

Перспективным направлением практического применения знаний об изменении свойств вещества в природных метаморфических процессах является разработка алгоритмов прогноза долговременной механической устойчивости конструкционных материалов и химической стойкости материалов-иммобилизаторов особо опасных компонентов (Sokol et al., 2016).

Большое внимание в мире уделяется закономерностям образования алмаза в мантии на основании изучения дефектно-примесного состава алмаза, включений в нем и ассоциирующих с ним минералов из лампроитов, кимберлитов и ксенолитов мантийных пород в них (Соболев Н.В., 1974, Taylor et al., 2016; Neuser et al., 2015; Meyer, Tsai, 1979). Одной из наиболее актуальных задач является изучение минеральных включений в сверхглубинных алмазах, несущих прямую информацию о цикле углерода и минералогии переходной зоны мантии Земли (слой D) (Stachel et al., 2005; Bulanova et al., 2010; Harte, 2010; Kaminsky, 2012). В этом направлении ИГМ СО РАН также обладает достижениями мирового уровня, о чем свидетельствуют публикации в международных журналах с самыми

высокими показателями цитирования (Sobolev et al., 2016; Соболев и др., 2015; Зедгенизов и др., 2015 и многие другие).

Перечисленные вопросы входят в состав приоритетных направлений исследования крупнейших мировых центров в Германии, Франции, Швейцарии, Великобритании, Японии, США, Австралии. Большой интерес к решению перечисленных вопросов проявляют научно-исследовательские центры Китая, Вьетнама, Канады. В нашей стране ИГМ СО РАН занимает лидирующие позиции в исследованиях процессов магматизма и метаморфизма наряду с исследовательскими коллективами из МГУ, ГЕОХИ РАН, ИГЕМ РАН (Москва), ИЗК СО РАН, ИГХ СО РАН (Иркутск).

Главными тенденциями в исследовании сред минералообразования стало получение ранее недоступной информации о составе магматических расплавов, гидротермальных и пневматолитовых растворов и флюидов. Здесь особый интерес проявляется к поведению летучих компонентов, таких как H_2O , CO_2 , F, Cl и ряд газообразных соединений. Эта информация является ключевой в построении моделей транспорта и отложения вещества во всем спектре процессов: магматическом метаморфическом и гидротермальном (Webster, 1992; Sobolev, Chaussidon, 1996; Moore, 2008; Touret, 2001; Thomas, Davidson, 2012; Bodnar, 2014). Получение детальной информации о составе расплавов и флюидов дало возможность реконструировать характер распределения компонентов между разными фазами магм и во флюидных системах рудных месторождений (Audetat et al., 2000; Audetat, Pettke, 2003; Zajacz et al., 2008). Развитие микротермометрических методов позволило получить более точные оценки плотностей водных флюидов и как следствие более точно определить PT параметры процессов минерало- и рудообразования (Lecumberri-Sanchez et al., 2015; Steel-McInnis et al., 2014). Существенно расширилось представление минералогов и петрологов о составе минералообразующих сред, включая оценки содержаний рудных компонентов (Смирнов и др., 2000; Перетяжко и др., 2000; Борисенко и др., 2011; Thomas et al., 2008; Bodnar, 2014). Большой прогресс достигнут в понимании фазовых превращений в природных флюидных системах. Показана роль процессов фазовой сепарации – ликвации магматических расплавов, дегазации магм, кипения флюидов, в транспорте и отложении вещества (Kamenetsky et al., 2004; Veksler, 2004; Перетяжко, 2009; Котельникова, Котельников, 2010; Смирнов, 2015). Исследование флюидного режима очагов вулканизма используется для оценки эксплозивного потенциала вулканических извержений и влияния эндогенных флюидов на состав атмосферы и гидросферы (Oppenheimer, 2003; Плечов и др., 2010; Borisova et al., 2005).

Одним из наименее изученных аспектов флюидного режима эндогенных процессов является поведение газовых компонентов сложного состава, в частности глубинный цикл углеводородного вещества и его природа (Potter, Kornerupp-Madsen, 2003; Sforza et al., 2018; Сонин и др., 2014, Томиленко и др., 2018). В последние годы большой прорыв сделан в понимании состава и агрегатного состояния минералообразующих сред, участвующих в образовании алмаза. Показано, что составы алмазообразующих сред могут варьировать в широких пределах от силикатных через силикатно-солевые до солевых (хлоридно-карбонатных) (Logvinova et al., 2008; Zedgenizov et al., 2009; Kopylova et al., 2010). Уникальными являются определения составов алмазообразующих флюидов и содержания в них летучих компонентов (Tschauer et al., 2018; Navon et al., 2017; Томиленко и др., 2018).

Среди мировых центров вносящих большой вклад в изучение природных флюидов и расплавов следует отметить научные центры Франции, Германии, Великобритании, США, Италии, Швейцарии, Австрии, Австралии. СССР и РФ ранее также занимали лидирующие позиции в направлениях исследований природных минералообразующих сред. Однако старение оборудования и бедственное состояние научных организаций привело к сокращению научных групп в этом направлении до критического минимума. На сегодняшний день только ИГМ СО РАН, МГУ, ИГЕМ РАН и ГЕОХИ РАН способны развивать исследования в этом направлении на мировом уровне.

Важнейшими мировыми трендами в экспериментальной минералогии и петрологии высоких давлений являются: изучение структурных трансформаций минералов при повышении давления, глубинный цикл углерода, происхождение и рост кристаллов алмаза, образование глубинных кимберлитовых магм и карбонатитовых расплавов, особенности поведения летучих компонентов в глубинных недрах планеты. Они характеризуют передовой край научных исследований в целом и основаны на использовании оборудования и методик, позволяющих проводить эксперименты при высоких температурах и давлениях с контролем всех параметров, включая окислительно-восстановительный потенциал и активность летучих компонентов. Опыт разработки экспериментальных установок и методик экспериментов, накопленный за последние 20 лет, и его воплощение в конструкциях беспрессовых аппаратов высокого давления, используемых ИГМ СО РАН, позволяет расширить круг задач по построению моделей мантийных минералообразующих процессов, в том числе сопряженных с кристаллизацией алмаза, и обеспечить позиции ИГМ СО РАН в этой области на мировом уровне. Благодаря оригинальным технологиям, разработанным в ИГМ СО РАН, он является единственным в мире научным центром, проводящим успешные экспериментальные исследования минералообразования при давлениях до 7,5 ГПа и температурах до 2100°C в полностью контролируемых физико-химических условиях. Сотрудниками ИГМ СО РАН разработаны уникальные для России методики экспериментального исследования обмена веществом между флюидными средами и кристаллическими решетками минералов *in situ* при высоких давлениях и температурах, в том числе с использованием синхротронного и нейтронного излучения на отечественных и зарубежных установках megascience (Rashchenko et al. 2016; Seryotkin et al., 2011).

Наименее изученной с точки зрения минерального состава и структурного состояния вещества частью планеты являются нижние части ее мантии и ядро, недостижимые для прямых исследований. Разработка алгоритмической базы для численного моделирования структуры и свойств вещества, основанной на теории функционала плотности, например, программный комплекс USPEX (Oganov, Glass, 2006), создало предпосылки для изучения таких глубоких недр. Использование программного кода в комплексе с термодинамическим моделированием позволяет предсказывать особенности структуры минералов и фазовых превращений при экстремально высоких РТ параметрах. Вовлечение этих подходов в проводимые в ИГМ СО РАН исследования обеспечивает постепенное расширение круга решаемых задач в области кристаллохимии минералов при высоких давлениях.

Мировыми лидерами в области экспериментальной минералогии и петрологии являются научные центры Японии и США, с которыми у ИГМ СО РАН имеются партнерские связи, позволяющие развивать совместные исследования.

Институт является одной из немногих организаций в мире, где решаются глобальные вопросы создания функциональных монокристаллов. Алмаз и другие кристаллы, для образования которых требуются высокие температуры и давления, обладают уникальными функциональными свойствами. В настоящее время в мировой практике проводятся активные исследования, направленные на синтез алмазов, легированных различными примесями (Si, Ge, Sn, B, P и др.) и представляющих интерес для микроэлектроники и квантовых технологий. Другим важнейшим направлением является рост высококачественных монокристаллов алмаза для приготовления элементов рентгеновской оптики. Такие элементы, в частности, необходимы для реализации проекта Сибирского кольцевого источника фотонов (СКИФ) в рамках нацпроекта «Наука».

В современной кристаллохимии минералов и материаловедении актуальной является проблема установления взаимных связей между химическим составом, структурой и физическими свойствами кристаллических материалов. Кроме развития фундаментальных представлений о веществе Земли это обусловлено поиском оптимальных способов получения новых функциональных материалов и разработкой методов управляемого роста перспективных объемных монокристаллов высокого качества:

халькогенидов, галогенидов, боратов и оксидов. Эти кристаллы предназначены для генерации лазерного излучения в диапазоне длин волн от высокочастотного ультрафиолетового до ультранизкочастотного терагерцового. Получение такой элементной базы позволяет создавать приборы нового поколения для использования в современной медицине, военных целях, мониторинге окружающей среды, промышленной обработке материалов, литографии, измерительных приборах, связи, оптической памяти, записи изображений и т.д. Особый интерес проявляется к методам получения и выращивания кристаллов для активных лазерных сред, обладающих высоким квантовым выходом на излучательных переходах и минимальными потерями на тепловыделение для телекоммуникационных усилителей, оптических конверторов, оптических линий связи и др.

Исследования новых функциональных материалов фотоники проводятся в университетских и отраслевых исследовательских центрах России, Германии, Франции, Нидерландов, США, Японии и некоторых других стран. Для развития методов выращивания нелинейно-оптических кристаллов в ИГМ СО РАН предполагается проведение совместных исследований с компаниями Cristal Laser (Франция), Eksma Optics (Литва), Solar LS, Lotis TP (Беларусь); Lorraine University (Франция), КазНУ им. Аль-Фараби (Казахстан).

Данные дистанционного зондирования Земли из космоса, особенно геоданные высокого (детального) пространственного разрешения позволяют получать информацию преимущественно о поверхности Земли, в частности о каркасных и динамических составляющих экзогенных геосистем. Достигнутое в последние годы резкое (на порядки) увеличение объемов обрабатываемых многомерных данных, масштабное повышение их пространственного, временного и спектрального разрешения, точности и воспроизводимости, открыло возможность получения принципиально новой информации при обработке временных серий снимков. Во всех ведущих центрах для этого ведется разработка новых и адаптация существующих методик, включая использование вероятностных методов, нейронных сетей и других компонент искусственного интеллекта (Pouliot, et al., 2018; Syrris, et al., 2019; Lanaras et al., 2018 и др.). В ИГМ СО РАН активно развивается собственное тематическое направление охватывающее оценку состояния и динамику (по временным сериям снимков) природных и природно-антропогенных геосистем, их критические состояния, а также геологические процессы катастрофического, опасного и негативного характера (Зольников, Котлер, 2018; Никулина и др., 2018; Чупина и др., 2018). На сегодняшний день эти работы сдерживает нехватка вычислительных мощностей и систем хранения информации.

Изучение глобальных климатических изменений является одним из приоритетов мировой науки. Важными объектами исследований, содержащими представительную информацию о происходивших изменениях внешней среды, являются непрерывные разрезы стратифицированных отложений. При этом акценты работ смещаются от исследования биологических индикаторов к литолого-геохимическим. Это связано с внедрением в мировую практику новых аналитических инструментов, позволяющих получать информацию с высоким пространственным и, следовательно - временным разрешением. Опыт ИГМ СО РАН в создании и развитии методик высокоразрешающего анализа осадочных последовательностей накоплен благодаря участию в крупных международных проектах «Байкал-бурение», «Хубсугул-бурение», «Дархад-бурение», «PLOT» и других исследованиях крупных озер Азии. Эти исследования ведутся в сотрудничестве со многими учеными из стран Европы и Азии, при этом роль российских ученых в неформальных научных объединениях повышается. Достигнуты большие успехи в расшифровке событий, связанных с оледенением Алтае-Саянской области и гор Байкальского региона (Kalugin et al., 2015; Rogozin et al., 2017; Vologina et al., 2019).

Органическое вещество является активным геохимическим агентом в поверхностных процессах. Доказано, что деятельностью микроорганизмов, во многих случаях,

обусловлено формирование промышленных концентраций и уникальных запасов многих элементов в осадочных и гидротермально-осадочных толщах (Bhargava et al., 2006; Yong et al., 2007; Al-Hazmi et al., 2008; Куимова и др., 2012; Reith et al., 2014; Cabral et al., 2015; Chen et al., 2015 и т.д.). Сотрудниками ИГМ СО РАН проводятся систематические исследования основных закономерностей перераспределения редких элементов в присутствии органического вещества, определяющих формирование рудоносных черносланцевых толщ. Перспективными модельными объектами в этих исследованиях являются системы минерализованных малых озёр.

Модельной природной лабораторией, позволяющей изучать метастабильные процессы перераспределения элементов в гипергенных условиях, являются отвалы горнодобывающих предприятий. Изначально интерес к этим объектам был обусловлен экологическими аспектами и концентрировался на условиях складирования отходов, особенностях формирования зон окисления, организации превентивных и восстановительных мер, позволяющих минимизировать негативное воздействие на окружающую среду (Blowes et al., 1994, 2003; Nordstrom, 2000; Dold, 2002; Auld, 2013; Sun, 2013; Heviánková, 2014; Jeen, 2014). Сотрудниками ИГМ СО РАН показано, что в быстротекущих гипергенных процессах, протекающих в пределах хвостохранилищ, происходит эффективное перераспределение не только токсичных элементов, но и ряда редких и благородных металлов (Saryg-ool et al., 2016; Lazareva et al., 2019). Предполагается, что ведущим агентом этого процесса являются метастабильные комплексные соединения (Myagkaya et al., 2016).

Прогноз поведения радионуклидов в хранилищах является одной из ключевых задач для оценки их безопасности. Лабораторное и термодинамическое моделирование обстановок хранения РАО, является нетривиальной задачей ввиду химической сложности отходов и неоднородности участков хранения (Величкин и др., 2009, Kate M. Campbell, 2015, Gaskova et al., 2015). Работами сотрудников ИГМ СО РАН установлено, в частности, что некоторые микроорганизмы влияют на миграционную способность отдельных элементов, в частности урана (Gaskova et al., 2018; Boguslavskii et al., 2019).

Благодаря значительному прогрессу приборостроения современные научные исследования в области элементной и изотопной геохимии широко востребованы во всём спектре наук о Земле, наук об окружающей среде, эффективно используются при разработке новых материалов и могут быть задействованы для мониторинга технологических процессов. Генеральным трендом развития этих исследований является увеличение информативности получаемых данных путём расширения набора элементных и изотопных систем, сохраняющих информацию о возрасте, физико-химических параметрах и источниках вещества конкретных геологических процессов. Увеличение пространственного разрешения методов анализа позволяет повысить временное разрешение геохимических данных, а также получать существенно более достоверные результаты при исследовании экспериментальных модельных систем, в которых работа в больших объёмах вещества по разным причинам не возможна.

ИГМ СО РАН располагает и успешно применяет на практике широкий комплекс инструментальных геохронологических и изотопно-геохимических методов исследования, включая собственные разработки и адаптированные методики. Результаты этих работ регулярно публикуются в международных научных журналах, индексируемых Web of Science на уровне Q1-Q2.

Сотрудниками ИГМ СО РАН созданы частные модели поведения изотопов лёгких элементов при высоких температурах и давлениях (Reutsky et al., 2015-2018), алгоритмы реконструкции термической истории магматических, метаморфических комплексов на основе комплексного изотопного датирования (Travin et al., 2009-2018), решаются спорные вопросы датирования карбонатных разрезов методами хемотратиграфии (Dzuba, et al., 2013, Вишневская, Летникова, 2013).

Для элементного анализа в ИГМ СО РАН задействованы высокоразрешающие ИСП-масс-спектрометры «Element» и «Element XR»; ИСП-спектрометр IRIS-Advantage; автоматизированные рентгеновские микроанализаторы Камебакс Микро, JXA-8100 и комбинированный ЭДС-ВДС электронно-зондовый микроанализатор JXA-8230; рентгеновский спектрометр ARL-9900XP; растровые электронные сканирующие микроскопы LEO-1430, JSM 6510 LV и MIRA 3LMU; абсорбционные спектрометры фирм «Perkin-Elmer» и Thermo.

Изотопно-геохимические и геохронологические исследования проводятся на масс-спектрометрах «Micromass-5400 NG», «Aргус», «Delta V Advantage», «Finnigan-MAT 253» и многоколлекторном термоионизационном масс-спектрометре МИ-1201АТ.

Изучение структурных характеристик минералов и пород проводится на рентгеновских дифрактометрах ARL-XTRA, ДРОН-3, ДРОН-3М, ДРОН-4, ИК-спектрометрах Specord-75R, Specord-M80, SP3-300; КР-спектрометре Horiba LabRam HR800.

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

- Будут установлены и уточнены закономерности геологической эволюции крупных структур платформ и складчатых поясов Азии, определена их тектоническая природа, подготовлены методические пособия для геологических, тектонических и геодинамических карт (схем) распространения разновозрастных субдукционных, аккреционных и коллизионных комплексов северной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП).

- Будут определены возрастные рубежи, эволюция, геодинамическая позиция, физико-химические параметры и масштабы магматизма; установлены закономерности мантийно-корового взаимодействия на разных стадиях эволюции литосферы Азии. Будут определены закономерности коллизионного метаморфизма, Р-Т-t-d эволюция, механизмы и динамика эксгумации метаморфических комплексов, влияние полистадийных тектоно-термальных процессов на сохранность изотопных систем минералов.

- Будут установлены закономерности размещения месторождений цветных и благородных металлов в различных типах тектонических обстановок, создана серия геолого-генетических моделей формирования месторождений редких и благородных металлов с учетом эндогенных и экзогенных факторов, разработан комплекс термобарогеохимических и минералогических прогнозно-поисковых критериев для разных типов оруденения.

- Будут получены новые данные об условиях генерации магм, особенностях их состава в зависимости от природы мантийных и коровых субстратов, характере эволюции первичных расплавов, флюидном режиме, механизмах концентрирования, распределения и перераспределения рудных элементов. Будет выявлена специфика магматических образований продуктивных на различные типы промышленного оруденения и отработана методика разделения магматических образований на потенциально рудоносные и безрудные. Будет построена количественная модель динамики интродуцирования магм по проницаемым зонам в литосфере с учетом механизма формирования магмапроводника

- На обширном природном материале будут обоснованы модели образования алмазосодержащих пород, уточнены механизмы происхождения импактных алмазов, пород импактного происхождения и оценены механические свойства пород, содержащих импактные алмазы.

- Будут экспериментально определены закономерности минералообразующих процессов, в том числе сопряженных с образованием алмаза и других высокобарических минералов, в зонах субдукции и субконтинентальной литосфере, а также роль взаимодействия мантийного субстрата с различными по составу флюидами и расплавами в генезисе алмазосодержащих пород.

- Будут определены оптимальные условия выращивания алмаза с заданными наборами дефектно-примесных центров и требуемого качества для высокотехнологичных применений, усовершенствованы методы НРНТ-отжига алмазных изделий для получения новых свойств и характеристик.
- Будут экспериментально установлены механизмы концентрирования, распределения и перераспределения рудных элементов в гидротермальных процессах, а также закономерности образования сульфидных фаз и перераспределения рудных элементов при кристаллизации сульфидных расплавов.
- Будут определены закономерности взаимного обмена веществом между глубинными флюидами и кристаллическими решётками минералов в широком диапазоне температур и давлений.
- Будут уточнены фазовые диаграммы, на основе которых будут разработаны новые и усовершенствованы известные методики синтеза и получения кристаллов методами раствор-расплавной и расплавной кристаллизации.
- Будут определены структурные особенности новых и уже известных материалов, отвечающие за проявления нелинейно-оптических и иных функциональных свойств у выращиваемых кристаллов, выявлена взаимосвязь между этими свойствами и условиями синтеза.
- Будут количественно описаны физико-химические механизмы растворения, миграции, обмена и аккумуляции компонентов на минеральных и биоорганических барьерах, выявлены необходимые условия для создания хемосорбционных барьеров и рассчитаны поля устойчивости соединений в водно-проточных реакторах.
- Будут установлены главные парагенетические, минералого-геохимические и изотопно-геохимические индикаторы палеоклимата и роль климатического фактора в эволюции осадконакопления в голоценовых отложениях Сибири.
- Будет разработан комплекс индикаторов катастрофических событий, резких изменений в осадконакоплении и формировании ландшафтов равнинных областей с оценкой возможных рисков и повторяемости подобных явлений.
- Будут определены закономерности формирования и выполнена оценка ресурсной базы возобновляемых биогенных отложений гумидных и семиаридных областей внутриконтинентальной Евразии.
- Будут разработаны и адаптированы под конкретные задачи технологии ГИС и ДЗ, нацеленные на геологическое картографирование среднего и крупного масштабов, морфоструктурный анализ, выявление рудоконтролирующих факторов и прогноз локализации рудопоявлений.

По всем результатам реализации научно-исследовательской программы будут опубликованы научные статьи в журналах, бóльшая часть из которых индексируется в системах Web of Science и Scopus. По части результатов планируется получение патентов.

3.6. Потребители (заказчики) результатов исследований научно-исследовательской программы

Потенциальными заказчиками результатов научно-исследовательской программы могут быть: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Роснедра, АК «Алроса» (ПАО), ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Полус», АО «Алмазы Анабара», АО «Росгеология», ОАО «ТомскНИПИнефть», ПАО «НЗХК», Cristal Laser S.A. (Франция), CASTON INC. (Китай) и др.

РАЗДЕЛ 4. РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Основы кадровой политики, реализуемой в настоящее время в ИГМ СО РАН, были заложены академиком М.А. Лаврентьевым в 50-е годы прошлого века при создании Новосибирского Академгородка. Основой воспроизводства и развития кадрового потенциала Института является непрерывная последовательность мероприятий от

выявления талантливых школьников и создания для них мотивации реализовать себя в области геологической науки до подготовки кадров высшей квалификации (докторов наук).

Работа со школьниками проводится по двум направлениям: через взаимодействие с клубом юных геологов им. П.М. Бондаренко, который действует в Академгородке уже в течение тринадцати лет, и через проведение (совместно с НГУ и ИНГГ СО РАН) ежегодной Сибирской геологической олимпиады школьников. Кроме того, для усиления мотивации школьников и привлечения талантливой молодежи Институт трижды в год проводит дни открытых дверей, где школьники могут ознакомиться с исследованиями, проводимыми в Институте, его потенциалом и возможностями.

Основным источником кадров для института является Геолого-геофизический факультет НГУ, где большую часть профессорско-преподавательского состава составляют сотрудники ИГМ и ИНГГ СО РАН. Начиная со второго курса, студенты привлекаются к научно-исследовательским работам в лабораториях Института. Базовыми для Института являются 3 кафедры ГГФ НГУ: кафедра минералогии и геохимии, кафедра петрографии и геологии рудных месторождений, кафедра общей и региональной геологии. Квалификационные работы на этих кафедрах выполняются, преимущественно, под руководством сотрудников ИГМ, основная часть выпускников (9-11 человек ежегодно) после окончания магистратуры и аспирантуры НГУ приходит на работу в Институт.

В ИГМ СО РАН проводится обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с лицензией на осуществление образовательной деятельности (Серия ААА № 002766, выдана 22.03.2012, действует бессрочно) по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле. Также у ИГМ СО РАН имеется свидетельство о государственной аккредитации образовательной деятельности (Серия 90А01 №0001460, выдано 14.07.2015, действует до 14.07.2021). В 2021 году будет пройдена новая аккредитация. Прием в аспирантуру осуществляется по 6 направлениям:

25.00.03 «Геотектоника и геодинамика»

25.00.04 «Петрология, вулканология»

25.00.05 «Минералогия, кристаллография»

25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

25.00.11 «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения»

25.00.25 «Геоморфология и эволюционная география»

Также на базе ИГМ СО РАН существует экстернатура для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

В Институте работают и будут продолжать свою работу 2 диссертационных совета по защитах докторских и кандидатских диссертаций:

- Д 003.067.02

Направление 05.06.01 «Науки о Земле», специальности: 25.00.05 – минералогия, кристаллография; 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых;

- Д 003.067.03

Направление 05.06.01 «Науки о Земле», специальности: 25.00.04 – петрология, вулканология; 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

В ближайшие три года в диссертационных советах ИГМ СО РАН планируется защита не менее шести докторских и 20 кандидатских диссертаций (преимущественно – сотрудниками ИГМ СО РАН).

Существующая система обеспечивает воспроизводство кадрового потенциала в научно-исследовательских лабораториях. В то же время, приток выпускников ГГФ НГУ не способен обеспечить стабильный рост числа научных сотрудников (что предполагается в рамках нацпроекта «Наука»). Также пока не оптимальна ситуация с поддержанием кадрового потенциала аналитических лабораторий, основной «костяк» которых составляют

специалисты физического и химического профиля. Есть сложности с обеспечением молодыми исследователями лабораторий экспериментального профиля (существующие на сегодняшний день образовательные программы не обеспечивают в полной мере получение компетенций и профессиональных навыков, необходимых для специалистов этого профиля). Эта проблема в течение ближайших лет может стать критичной, поскольку Институт принимает активное участие в программе создания ЦКП «Сибирский кольцевой источник фотонов» в рамках программы синхротронных и нейтронных исследований РФ и планирует значительное расширение работ по изучению вещества Земли в условиях экстремальных температур и давлений.

Как следствие, приоритетными направлениями развития кадрового потенциала организации являются:

1. Организация стабильного притока в Институт специалистов в области физики и аналитической химии, необходимых для поддержания и развития кадрового потенциала аналитических лабораторий. Для этой цели планируется укрепление связей с Факультетом естественных наук НГУ и Новосибирским государственным техническим университетом.

2. Проведение совместных с руководством геолого-геофизического факультета НГУ мероприятий, нацеленных на открытие на факультете новой специальности «экспериментальная минералогия» и увеличение приема абитуриентов.

3. Комплекс мероприятий, направленных на привлечение в Институт выпускников ВУЗов Сибири и молодых квалифицированных специалистов (в первую очередь - кандидатов наук) из ВУЗов и производственных организаций (в том числе – через систему грантов и создание комфортных условий для творческой реализации).

4. Повышение квалификации сотрудников в форме более активного участия в российских и международных конференциях, совещаниях и симпозиумах, а также прохождения стажировок в ведущих мировых научных центрах. Данное мероприятие, по развитию внутрироссийской и международной мобильности ученых, будет реализовываться за счет активного информирования сотрудников о предстоящих научных мероприятиях. Планируется повышение квалификации сотрудников, которые являются преподавателями дисциплин в аспирантуре Института, за счет прохождения курсов повышения квалификации по педагогике.

5. Создание условий для реализации потенциала молодых лидеров. В 2018 году в структуре ИГМ СО РАН появились две новые молодежные лаборатории, состоящие более чем на 60 % из научных сотрудников до 39 лет. В ближайшие годы планируется создание еще, как минимум, одной лаборатории, сотрудниками которой станут молодые выпускники НГУ и молодые ученые, привлеченные из других организаций.

6. Совершенствование системы мотивации сотрудников. В ИГМ СО РАН разработана система стимулирования и премирования сотрудников, обеспечивающая повышение результативности деятельности научных работников. Данная система должна четко реагировать на новые вызовы и задачи в научной среде. В связи с этим предполагается проведение ежегодной ревизии индивидуальных показателей результативности научной деятельности, методики их расчета, а также порядка их учета при установлении рейтинговых стимулирующих надбавок.

7. Реализация активной молодежной политики. В Институте существует внутриинститутское объединение – Совет научной молодежи (СНМ), которое ставит своей целью содействие профессиональному росту молодых сотрудников до 35 лет включительно. Председатель СНМ участвует в работе Ученого совета и комиссий Института. СНМ будет оказывать поддержку молодым ученым Института для участия в научных мероприятиях различного уровня. СНМ выступает организатором крупной молодежной конференции по наукам о Земле в 2020, 2022 и 2024 годах, ежегодной Сибирской геологической олимпиады школьников. Ежегодно силами СНМ будут проводиться научно-популярные мероприятия (научно-популярные лекции, в том числе выездные, посещение Центрального Сибирского геологического музея) в рамках дней

науки и дней открытых дверей. Данные мероприятия являются важными для Института с точки зрения выявления и привлечения талантливой молодежи.

РАЗДЕЛ 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ

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

Подразделения ИГМ СО РАН располагают оборудованием, необходимым для проведения предварительного изучения геологических образцов, включая бинокулярные микроскопы, настольные микроскопы проходящего и отражённого света, специализированные установки для резки каменного материала, включая низкоскоростную резку, позволяющую избегать нагрев образцов.

Аналитический центр коллективного пользования научным оборудованием для многоэлементных и изотопных исследований СО РАН на базе ИГМ СО РАН располагает комплексом дорогостоящего уникального научного оборудования для проведения фундаментальных исследований от процесса первичной пробоподготовки до получения информации об изотопных отношениях следовых примесей, несущих генетическую и геохронологическую информацию. Общая балансовая стоимость эксплуатируемого крупного оборудования составляет более 417 млн. рублей. Помещения ЦКП общей площадью 1020 м² оборудованы системами подачи сжатого воздуха и технологических газов. Все крупные научные приборы ЦКП соответствуют мировому уровню и функционируют нормально с учётом срока эксплуатации. ЦКП регулярно и успешно участвует в межлабораторных сличительных испытаниях по основным видам выполняемых работ. Общая балансовая стоимость оборудования, применяемого для научных исследований в ИГМ, составляет 866,1 млн. руб.

Имеющаяся приборно-методическая база позволяет проводить комплексный элементный, изотопный и структурный анализ любых геологических проб, включая:

- исследование элементного состава методами рентгеноспектрального микроанализа, масс-спектрометрии с индукционно-связанной плазмой растворов и при локальной лазерной абляции твёрдого вещества, рентгенофлуоресцентного анализа, в том числе с использованием синхротронного излучения, инструментального нейтронно-активационного анализа;
- изотопно-геохимические исследования геологических образцов в целях прецизионного изотопного датирования (⁴⁰Ar/³⁹Ar, U-Pb и Rb/Sr датирование), выявления источников вещества (изотопные отношения ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ¹³C/¹²C, H/D, ¹⁸O/¹⁶O, ³⁴S/³²S), основных этапов формирования геологических систем, реконструкции термической истории, построения изотопных трендов;
- Исследование минералов, горных пород, синтетических материалов и экологических образцов методом сканирующей электронной микроскопии, с получением изображений во вторичных и отражённых электронах, а также в лучах катодолюминесценции;
- фазовый анализ многокомпонентных систем минералов, горных пород, донных осадков, почв и других объектов окружающей среды методами рентгеновской дифракции и спектроскопии;
- исследования оптических свойств, дефектно-примесного состава и расшифровка структур природных и синтетических кристаллических материалов;

В рамках национального проекта «Наука» целесообразно обновление следующего оборудования ИГМ СО РАН:

- Замена масс-спектрометра с ионизацией в индуктивно-связанной плазме ELEMENT II (1998 г.в.) на современный моноколлекторный ИСП-масс-спектрометр высокого разрешения (~85 000 000 руб). *Метод ИСП-МС высокого разрешения позволяет*

исследовать практически все применяемые в геохимии изотопные системы и чрезвычайно востребован во всём спектре научных исследований, изучающих вещество;

- Замена имеющегося оборудования для предварительной обработки каменного материала: дробления, измельчения, электромагнитного разделения минералов (1973-1980 г.в.) современными установками дробления, изодинамическим и электромагнитным роликовым сепараторами, микроскопами проходящего и отражённого света (~8 000 000 руб). *Качество предварительной обработки каменного материала является критичным для всех без исключения последующих проводимых исследований;*

- Замена исчерпавшего свой рабочий ресурс на 70-80% ультрафиолетового лазера New Wave Research 213 (используется для U-Pb датирования цирконов) на эксимерный лазер New Wave Research 193 (15 000 000 руб). *Метод U/Pb ЛА-ИСП датирования является одним из наиболее востребованных методов датирования в науках о Земле. Основным преимуществом ИГМ СО РАН является возможность реконструкции этапов формирования широкого круга геологических пород (магматических, метаморфических, рудных) с применением на одних и тех же образцах комплекса методов U/Pb, ⁴⁰Ar/³⁹Ar, Rb/Sr датирования;*

- Обновление имеющегося однопозиционного оборудования для подготовки геологических образцов к кондиционному рентгено-флуоресцентному анализу (2008 г.в.) на современную 6-и позиционную установку типа CLAISSE TheOx-D (5 500 000 руб) позволит не только существенно обновить имеющееся оборудование для научных исследований, но и увеличить производительность чрезвычайно востребованного метода в геологических исследованиях как фундаментального, так и прикладного характера;

- Замена вспомогательного оборудования для подготовки проб и обеспечения работы крупного научного оборудования, включая имеющиеся микроволновую систему вскрытия проб «Mars-5» (2002 г.в.), систему очистки воды «Millipore» (2000 г.в.), системы очистки кислот «Berghof» (2008 г.в.) на современные функциональные аналоги (общей стоимостью ~45 000 000 руб). *Уровень получаемых данных напрямую связан с уровнем подготовки проб и эксплуатационного обеспечения измерительной техники. В случае высокоточных и высокочувствительных методов, к которым относятся методы масс-спектрометрии и спектроскопии с ионизацией в индуктивно-связанной плазме, требования к такому обеспечению наиболее критичны;*

- Обновление инфраструктуры передачи, хранения и обработки информационных данных, получаемых по результатам экспедиционных исследований и экспериментального моделирования, обработки, систематизации и хранения результатов инструментальных геохимических исследований, обработки мультиспектральных космических снимков. Требуется замена серверов и хранилищ данных 2005-2008 годов выпуска, устройств вывода для визуализации геологической информации, специализированного программного обеспечения ГИС и ДЗ. Общая стоимость замены ~20 000 000 руб;

- Замена имеющегося масс-спектрометра для аргон-аргонового датирования Micromass-5400NG (1998 г.в.) на современный масс-спектрометрический комплекс для изучения изотопных систем благородных газов с высоким пространственным разрешением, оснащённый современной системой лазерной абляции (~100 400 000 руб). *Группа аргон-аргонового датирования геологических объектов является первой в РФ и является признанной мировой геохронологической общественностью на протяжении более 20 лет. Аргон-аргоновый метод датирования уникален широким спектром поддающихся исследованию минералов и горных пород в широком диапазоне возрастов, что делает его «сквозным» для многих многостадийных геологических процессов;*

- Для полной реализации возможностей имеющегося газового масс-спектрометра Delta V Advantage требуется замена эксплуатируемой с 1998 года самодельной установки подготовки проб современной системой фторирования для определения изотопного

состава кислорода в силикатах и оксидах с лазерным нагревом (около 15 000 000 руб). *Метод широко востребован при изотопных исследованиях процессов рудообразования и рудоконцентрации, метаморфизма и метасоматоза, а также для изотопной термометрии;*

• Замена атомно-эмиссионного спектрометра с ионизацией в индуктивно-связанной плазме «IRIS Advantage» (2000 г.в.) современным атомно- эмиссионным спектрометром iCUP 6300 DUO (~10 000 000 руб). *Метод является идеальным функциональным дополнением ИСП-масс- спектрометрического анализа и позволяет существенно расширить количество определяемых элементов и диапазон измеряемых концентраций из одной пробы. Атомно-эмиссионная спектрометрия востребована для мониторинга технологических процедур обогащения, стадийного концентрирования полезных компонентов, экспрессного обзорного изучения экологических проб;*

• Замена имеющихся лазерных систем возбуждения спектров (2006 г.в.) и вспомогательного оборудования для инфракрасной спектроскопии комбинационного рассеяния и покупка прибора нового поколения для КР-картирования фаз с субмикроскопическим разрешением (автоматизированная система КР-картирования Аругон-WITec 29 000 000 руб. *Метод является одним из наиболее востребованных и загруженных в настоящее время. Он задействован в широком диапазоне исследований кристаллических материалов, включая природные алмазы, синтезированные матрицы, флюидные и расплавные включения; проводить достоверную идентификацию фаз (~1 микрона) в этих включениях. Позволяет обрабатывать технологии получения новых материалов с заданными свойствами. Большинство публикаций в журналах уровня (Q1) опубликованных сотрудниками Института получены с применением этого метода.*

• Замена электронно-зондового анализатора Cameca Camebax-micro (1981 г.в.) на сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения TESCAN S8000 с приставками для элементного микроанализа и регистрации дифракции отражённых электронов в комплекте с системой подготовки образцов для электронной микроскопии SEMPrep 2 (модель SC-2000), стоимость около 70 000 000 руб. *Данная модель обеспечивает весь функционал имеющегося Camebax, но также позволяет получать качественные изображения и проводить структурные исследования минералов;*

Для реализации программы развития ИГМ СО РАН целесообразно приобретение следующего нового оборудования:

1. Блок чистых помещений для подготовки проб к изотопным исследованиям - 5 млн. руб.

2. Монокристалльный рентгеновский дифрактометр XtaLAB Synergy - около 80 млн. руб. *Прибор необходим для исследования кристаллических структур на современном уровне, прецизионной диагностики микрофаз, включений и функциональных материалов, в том числе для изучения реакции структуры на экстремальные давления и температуры. Этот прибор незаменим при ведении микроминералогических и кристаллохимических исследований современного уровня и будет востребован лабораториями экспериментального, петрологического, материаловедческого и экологического профиля ИГМ СО РАН, обеспечив существенный рост публикационной активности в ведущих мировых научных изданиях.*

3. Высококчувствительный спектрофотометр для работы в УФ, видимом и ближнем ИК-диапазоне Shimadzu UV-3600 Plus – 18 млн. руб. Назначение – измерение спектров оптического пропускания/отражения кристаллических материалов и элементов в диапазоне 185-3300 нм.

4. Люминесцентный/рамановский конфокальный спектрометр Renishaw inVia в комплектации лазерами с различными длинами волн (325, 440, 532, 660, 785 нм) – 30 млн. руб. Назначение – исследование кристаллических материалов методами комбинационного рассеяния света и люминесцентной спектроскопии.

5. Термоаналитический комплекс в составе термоанализатора (LABSYS EVO TGA-DTA/DSC) и термогравиметрического анализатора (TGA XP-10) – 8 млн. руб. Для анализа содержания летучих в минералах и породах. Высокотемпературный термический анализ для исследования фазовых диаграмм плавкости и изучения термодинамических свойств веществ.

6. Хромато-масс-спектрометр высокого разрешения с двойной фокусировкой DFS (комплект из 2 газовых хроматографов TRACE GC Ultra с автосамплером TriPlus XT и пиролизером CDS Pyroprobe 5000) – 36 млн. руб. Детальное прецизионное изучение летучих компонентов природных и экспериментальных минералообразующих сред, законсервированных в различных включениях в минералах.

7. Сканирующий электронный микроскоп ZEISS EVO MA15 в комплектации с системой измерения спектров катодolumинесценции Horiba Jobin-Yvon HCLUE – 50 млн. руб. Назначение – исследование кристаллических материалов методами сканирующей электронной микроскопии и катодolumинесценции.

8. Установка для лазерной резки кристаллов Lazer NXT – 6 млн. руб. Назначение – изготовление экспериментальных образцов и элементов из различных кристаллических материалов, включая алмаз.

9. Гелиевый криостат замкнутого цикла для микро-спектроскопических измерений ARS DMS-20-OM – 5 млн. руб. Назначение – спектроскопические исследования кристаллических материалов в диапазоне температур 10-300 К. Криостат совместим со спектрометром Renishaw inVia.

10. Оптический криостат Oxford OptistatDN V – 2 млн. руб. Назначение – спектроскопические исследования кристаллических материалов в диапазоне температур 80-500 К. Криостат совместим со спектрометром Shimadzu UV-3600 Plus

11. Вакуумный пост HiCubeEco (2 шт.) – 1 млн. руб.

12. Атомно-силовой микроскоп MultiMode 8. Назначение – исследование топографии поверхностей кристаллов с высоким разрешением – 30 млн. руб.

13. Многоколлекторный ИСП-масс-спектрометр, укомплектованный фемтосекундным лазером типа NWRfemto sub 200 нм.

14. Масс-спектрометрический комплекс MSU G-01-M, фирмы ЗАО СПЕКТРОН-АНАЛИТ (Санкт-Петербург, Россия) для $^{190}\text{Pt}/^4\text{He}$ датирования.

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

Дальнейшее развитие исследовательской инфраструктуры ИГМ СО РАН предусматривает дооснащение и перевооружение имеющихся высокопроизводительных дорогостоящих приборов для проведения научных исследований, в первую очередь входящих в ЦКП МИИ, современным периферийным вспомогательным оборудованием, позволяющим исключить влияние внешних факторов на качество проводимых исследований: обновление источников бесперебойного электропитания, систем приточно-вытяжной вентиляции и климат-контроля, организация систем подачи технологических газов, необходимых для функционирования оборудования и проведения измерений и экспериментов, обновление выработавшего ресурс оборудования очистки химических реактивов, локализация помещений подготовки проб и обеспечение в них условий требуемой чистоты. Функционирующий на базе ИГМ СО РАН Центр коллективного пользования научным оборудованием на протяжении всей истории своего существования (с 1999 года) обеспечивает более 40 % работ по внешним заказам – уровень, который будет удерживаться и далее. Предполагается внедрение в рутинную практику ряда методик определения состава, структуры и возраста пород и минералов с высоким пространственным разрешением, востребованных при современных исследованиях, что позволит увеличить заинтересованность в возможностях ЦКП со стороны молодых исследователей, реализующих работы по грантам научных фондов. Обновление

информационной инфраструктуры ИГМ СО РАН в рамках проекта «Наука» позволит обеспечить техническую возможность для ведения электронных онлайн журналов загрузки оборудования и, в ряде случаев, дистанционного доступа к научному оборудованию. Предполагается, также, организация комплекса уникального оборудования (УНО) на базе аппаратов высокого давления для проведения экспериментальных работ в области минералогии, геохимии и материаловедения. В рамках имеющихся соглашений планируется укрепление и расширение взаимодействия с исследовательскими центрами ассоциации Гельмгольца (Потсдам-Дрезден-Лейпциг, Германия), национального совета по окружающей среде Великобритании (Эдинбург), Институт Физики Земли (Париж, Франция), специализирующимся на локальных методах определения состава вещества.

РАЗДЕЛ 6. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1. Увеличение публикационной активности сотрудников.

Начиная с 90-х годов прошлого века в ИГМ СО РАН успешно проводится целенаправленная политика, призванная мотивировать научных сотрудников публиковать результаты своих исследований в ведущих российских и международных журналах. В результате Институт занимает лидирующие позиции среди институтов геологического профиля России в области публикационной активности. За 2017 г. сотрудниками Института опубликовано в среднем 1,38 статьи на научного сотрудника, индексируемых в Web of Science Core Collection. Для наук о Земле этот уровень близок к предельному и существенно увеличить его вряд ли возможно. Кроме того, возрастные сотрудники Института в большинстве своем постепенно снижают научную и публикационную активность. Как следствие, важнейшей задачей является максимально быстрое вовлечение в подготовку статей (в т.ч. – первым автором) молодых сотрудников. Целенаправленная работа в этом направлении ведется в научных коллективах Института и будет продолжаться в будущем.

Вторым направлением повышения публикационной эффективности сотрудников является увеличение числа статей в международных журналах. На сегодняшний день все издания, индексируемые в I-II квартилях (Q1, Q2) Web of Science, издаются за рубежом на английском языке. Как следствие, есть острая необходимость обучения сотрудников (в первую очередь – молодых) принципам подготовки статей в международные журналы (в этих изданиях компоновка статей, стиль и логика изложения материалов существенно отличаются от принятых в российских изданиях). Для решения этой проблемы планируется организация методического семинара с привлечением специалистов международных издательских платформ. Эта схема впервые была опробована в Институте в 2018 году и показала свою эффективность. Второй составной частью проблемы является обеспечение перевода больших объемов печатной продукции на английский язык с качеством, соответствующим требованиям ведущих издательских компаний. До последнего времени сотрудники института пользовались для этих целей услугами частных переводчиков, либо осуществляли переводы сами, прибегая впоследствии к услугам proof reading services для улучшения их качества. В ближайшей перспективе планируется проведение мониторинга среди специализированных компаний, занимающихся переводом научных текстов, с тем, чтобы выбрать среди них достойных партнеров и установить с ними постоянные взаимоотношения.

Наконец третьим направлением, увеличения публикационной эффективности не только ИГМ СО РАН, но и российской науки в целом, является систематическая работа по повышению рейтинга российских журналов. ИГМ СО РАН совместно с СО РАН, НГУ и ИНГГ СО РАН является учредителем журнала «Геология и геофизика». Этот журнал, издаваемый на русском и английском языках, обладает наиболее высоким рейтингом среди российских изданий, публикующих научные материалы по наукам о Земле. Он индексируется в Web of Science Core Collection (импакт-фактор – 1,42) и входит в III квартал (Q3). Стратегической целью является увеличение импакт-фактора журнала и

перевод его во II квартиль (Q2) Web of Science. Для достижения этой цели планируется проведение комплекса мероприятий, включающих активную рекламу журнала на международных площадках, привлечение в качестве авторов известных ученых, публикации в спецвыпусках журнала материалов престижных международных конференций. Кроме того, крайне важной представляется организация ускоренного перевода статей, поступающих в журнал «Геология и геофизика», с тем, чтобы они появлялись в online-доступе и получали DOI сразу после принятия к печати. Это позволит резко повысить цитируемость статей и поднять импакт-фактор журнала.

6.2. Симпозиумы и конференции.

Сотрудники ИГМ СО РАН ежегодно принимают участие (выступают с докладами) более чем в 60 российских и международных конференциях высокого уровня, проходящих по всему миру. Институт является базовой площадкой для проведения трех регулярных конференций: Международная конференция памяти академика В.С. Соболева (раз в пять лет), Всероссийская конференция с международным участием «Корреляция Алтаид и Уралид» (раз в два года), Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле (проводится раз в два года с чередованием всероссийского и международного статуса). Число участников конференций неизменно растет (в 2018 г. в работе каждой из них участвовало более 100 ученых из разных стран Мира). Институт ведет активную пропаганду этих форумов с целью увеличения их представительности и расширения географии участников.

Кроме того, на базе Института периодически проходят международные совещания высокого уровня, место проведения которых выбирается международным научным сообществом по конкурсному принципу. Так в 2016 году состоялись Международная конференция GeoRaman, в 2013 – III International Conference «Crystallogenesis and mineralogy», в 2010 – ACROFI III (Asian Current Research on Fluid Inclusions).

Эта практика будет продолжена: в 2020 году на базе ИГМ СО РАН планируется провести международный симпозиум «Gondwana to Asia», а в 2022 году – ACROFI.

6.3. Популяризация научных результатов.

ИГМ СО РАН является соучредителем научно-популярного журнала «Наука из первых рук». В журнале ежегодно публикуется не менее 2-3 статей, посвященных главным темам исследований, проводимых в Институте, полученным результатам и достижениям. Сотрудники Института периодически выступают в СМИ с сообщениями о последних новостях фундаментальной науки, научно-популярным освещением результатов исследований. Для интенсификации этой работы, более тесной связи со СМИ в ближайшие годы планируется организовать в Институте группу по связям с общественностью (в виде самостоятельного подразделения, либо как составную часть отдела сопровождения НИР).

РАЗДЕЛ 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Система организации и управления фундаментальными научными исследованиями, существующая в Институте, включает планирование базовых проектов НИР на уровне лабораторий с их последующим детальным анализом и обсуждением на Ученом совете Института, ежегодным рассмотрением результатов, полученных в ходе выполнения проектов и утверждением отчетов. Тот факт, что Институт уже в течение длительного времени удерживает лидирующие позиции среди НИИ геологического профиля свидетельствует о том, что существующая система близка к оптимальной. Для повышения эффективности мониторинга текущего состояния исследований, проводимых научными коллективами и школами Института, представляется необходимой организация постоянно действующего общеинститутского семинара.

В основе прикладных исследований и разработок, выполняемых в Институте, лежат результаты фундаментальных научных исследований. ИГМ СО РАН тесно сотрудничает с ведущими отраслевыми научными организациями, высшими учебными заведениями,

структурами геологической службы России, крупными государственными и частными компаниями.

В настоящее время это взаимодействие ведется, большей частью, децентрализованно (с реальными и потенциальными заказчиками взаимодействуют непосредственно научные коллективы, выполняющие исследования). В последние годы Институтом начата модернизация инновационной инфраструктуры. В 2010 году при участии Института создано малое предприятие «Академ-Гео», призванное осуществлять трансфер технологий в области воспроизводства минерально-сырьевой базы Сибири. В 2017 году реорганизован Отдел инновационных программ с существенным расширением его функций (включая непрерывный анализ рынка), что позволило увеличить объем договоров с заказчиками более чем на 50% и начать формирование единой инновационной политики Института.

Большую роль в выполнении фундаментальных и прикладных исследований играет Центр коллективного пользования многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН. Центр коллективного пользования является основой аналитической базы Института, обладает необходимым для проведения НИР и НИОКР оборудованием, развивает аналитические исследования в различных областях наук о Земле. В Институте имеется комплекс экспериментальных установок мирового класса (включая разработанные сотрудниками Института беспрессовые аппараты высокого давления «разрезная сфера»), обеспечивающих проведение экспериментов в широком диапазоне P-T условий и позволяющие осуществлять синтез широкого спектра соединений с заданными свойствами в контролируемых условиях.

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

Успешная реализация Программы развития Института будет способствовать решению задач и достижению целей Национального проекта «Наука», утвержденного президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. в рамках следующих приоритетов:

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

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

3. противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства;

4. связанность территории Российской Федерации за счёт создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики;

5. возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук.

Реализации программы развития ИГМ СО РАН обеспечит к концу 2021 года реализацию следующих показателей, предусмотренных Национальным проектом «Наука»:

- увеличение количества научных статей, опубликованных сотрудниками организации в рейтинговых журналах, индексируемых в системе Web of Sciences до 1,45 статьи на научного сотрудника в год;
- увеличение числа заявок на получение патента на изобретение и других охраняемых РИД на 50 %;
- увеличение объема внебюджетных средств (включая гранты Российского фонда фундаментальных исследований) до 38 % от общего объема финансирования;
- увеличение численности научных сотрудников организации не менее чем на 10%.
- увеличение численности исследователей в возрасте до 39 лет до 48 % от общего числа исследователей в организации;
- увеличение доли научных сотрудников, имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, не менее чем до 30%;
- обновление приборной базы организации за счет средств гранта в форме субсидии на 25 %;
- увеличение доли исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет до 20 %;
- обеспечение организации и проведения крупных научных конференций – не менее 1 конференции в год;
- организация не менее одной новой молодежной лаборатории в рамках приоритетов СНТР РФ;
- обеспечение сотрудничества с ВУЗами с поддержкой работы не менее 3-х базовых кафедр;
- сохранение и развитие журнала «Геология и геофизика», индексируемого в системе Web of Science;
- количество публикаций в Web of Science Core Collection в 2020 году – 346, в 2021 году – 370;
- количество публикаций в Scopus в 2020 году – 356, в 2021 году – 381;
- объем внебюджета в 2020 году – 224 739,06 тыс. руб., в 2021 год – 240 470,79 тыс. руб.;
- количество результатов интеллектуальной деятельности, имеющих государственную регистрацию и (или) правовую охрану или находящихся в стадии оформления (в том числе заявок на патенты на изобретения) в 2020 году – 14, в 2021 году – 14.

Полная учетная стоимость приборной базы ИГМ СО РАН на 1 января 2018 года (стоимостью более 20 тыс. рублей) составила 811513,7 тыс. рублей. В течение срока реализации программы развития ИГМ СО РАН планируется списание приборной базы учетной стоимостью более 70 млн. рублей, планируется приобретение приборной базы стоимостью около 255 млн. рублей, объем расходов на эксплуатацию обновляемой приборной базы составит более 6,5 млн. рублей

РАЗДЕЛ 9. ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

№	Показатель	Единица измерения	Отчетный период 2018 год	Значение		
				2019 год	2020 год	2021 год
1.	Общий объем финансового обеспечения Программы развития	тыс. руб.	601924,1	666165,5	682708,3	707198,2
	Из них:					
1.1.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из федерального бюджета	тыс. руб.	371144,1	346619,0	358566,6	367324,8
1.2.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	-	-	-	-
1.3.	субсидии, предоставляемые в соответствии с абзацем вторым пункта 1 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации	тыс. руб.	15136,1	81648,7	99402,6	99402,6
1.4.	субсидии на осуществление капитальных вложений	тыс. руб.	-	-	-	-
1.5.	средства обязательного медицинского страхования	тыс. руб.	-	-	-	-
1.6.	поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности	тыс. руб.	215643,9	220143,9	224739,1	240470,8
1.6.1.	В том числе, гранты	тыс. руб.	104620,0	105700,0	109032,6	113800,0