

Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

**Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН)

**Направление фундаментальных и поисковых исследований**

1.5.3. Минералогия и петрология

1.5.3.1. Магматические, метаморфические и минералообразующие системы и их эволюция.

**Наименование научной темы**

Процессы мантийного-корового взаимодействия при формировании щелочных и гранитоидных комплексов и сопутствующего оруденения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

*Науч. рук., д.г.-м.н. Цыганков А.А.*

*№ гос. рег. АААА-А21-121011390002-2*

**Срок реализации научной темы:**

**Год начала**

01.01.2021 г.

**Год окончания**

31.12.2025 г.

**Ключевые слова, характеризующие тематику**

Научный отчет, гранитоиды, щелочной магматизм, корово-мантийное взаимодействие, комбинированные дайки, мафические включения, изотопная геохимия, источники магм и флюидов, редкометалльная минерализация, изотопно-геохронологические исследования, Центральная Азия.

**Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации**

38.37.19 Геология. Петрография. Магматизм и магматические горные породы

38.33.21 Геология. Геохимия. Геохимия изотопов

38.33.27 Геология. Геохимия. Абсолютный возраст пород и минералов

**Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)**

01.05.KY GEOLOGY

**Цель исследования**

Путем геологических, минералого-геохимических, изотопных и изотопно-геохронологических исследований щелочных и гранитоидных комплексов, сопутствующего оруденения и проявлений базитового магматизма восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса установить геохимические типы источников и механизмы взаимодействия контрастных (мантийных, коровых) магм, оценить вклад процессов мантийно-корового и флюидного взаимодействия в формирование редкометалльной минерализации.

**Актуальность проблемы, предлагаемой к решению:**

Изотопно-геохимическими исследованиями установлено, что щелочные магматические породы и некоторые типы гранитоидов содержат в своем составе то или иное (до 100 %) количество вещества мантийного происхождения. Имеются геологические свидетельства (мафические включения, минглинг-дайки), указывающие на сосуществование мафических (мантийных) и коровых (салических) расплавов на уровнях консолидации магматических интрузий. Для щелочных пород такие

свидетельства редки или отсутствуют, что вероятно указывает на различие в механизмах взаимодействия контрастных (не обязательно гранитоидных и базитовых) магм. В то же время, нет сомнений в том, что доминирующая часть гранитоидов является продуктом плавления коры континентального, или переходного типов, однако и в этом случае, согласно современным петрогенетическим моделям, базитовые магмы являются источником тепла, необходимого для плавления коровых пород. В отличие от большинства гранитов, в составе щелочных пород доминирует вещество мантийного происхождения, при относительно подчиненной роли материала континентальной коры. Широко дискутируется роль мантийных флюидов, отделенных от магм мантийного происхождения, в петрогенезисе как щелочных пород, так и гранитоидов.

С процессами мантийно-корового взаимодействия, на наш взгляд, тесно связана проблема длительности формирования щелочных и гранитоидных комплексов. В природе известны примеры как очень быстрого формирования и поступления в верхние гипсометрические уровни земной коры или излияния на поверхность гигантских объемов магматического расплава (крупные изверженные провинции, Ernst, 2014), так и длительного, протяженностью в десятки и даже сотни миллионов лет существования центров магматической активности при сравнительно небольшом объеме магматических продуктов. Так, например, в формировании Томторского плутона (Полярная Сибирь) установлены два главных этапа – 700 и 400 млн. лет назад (Владыкин и др., 2014). В пределах Витимской щелочной провинции установлены три эпизода магматизма: 520-486, 310-280 и 262-242 млн. лет (Дорошкевич и др., 2012а, б; 2014; Дорошкевич, 2013; Избродин и др., 2017, 2018; Doroshkevich et al., 2012; Izbrodin et al., 2020). Продолжительность формирования Верхисетского гранитоидного плутона (Средний Урал), содержащего синплутонические базитовые дайки, составляет более 100 млн. лет (Зинькова, Ферштатер, 2010), а щелочные гранитоиды Монголо-Забайкальского вулканоплутонического пояса внедрялись на протяжении не менее чем 80 – 90 млн. лет (Цыганков и др., 2019). Эти примеры указывают на длительное существование очагов магматической активности, что вряд ли возможно без мантийно-корового взаимодействия, природа которого практически никем не рассматривалась. Таким образом, можно констатировать, что сам по себе факт пространственно-временного сосуществования и взаимодействия мантийных и коровых магм не вызывает сомнений. Ясности нет в механизмах этого взаимодействия, которые, судя по всему, зависят от целого ряда факторов, таких как составы магм, их объемные соотношения, вязкость и плотность, продолжительность и начальные Р-Т параметры взаимодействия, состав и содержание флюидов, динамика кристаллизации магматической камеры и конвективные процессы, которые, в свою очередь, определяются размерами и формой магматической камеры (Семенов, Полянский, 2017). Вероятно, имеют значение какие-то другие неизвестные факторы, в частности, определяющие длительное (десяtkи – сотни млн. лет) функционирование центров магматической активности.

Не менее важен металлогенический аспект рассматриваемой проблемы. Эмпирически установлено, что редкометалльные гранитоиды, как правило содержат в своем составе вещество мантийного происхождения. Вместе с тем, вопрос об источнике повышенных, а тем более рудных (промышленных) концентраций редких металлов, таких как Be, Mo, W, Ta, Nb, Y, REE остается открытым, поскольку обычно используемые изотопные системы (Rb-Sr, Sm-Nd, стабильные изотопы) характеризуют источник главным образом петрогенной составляющей, тогда как источник собственно редких металлов не ясен. В равной мере это относится и к щелочным породам. Вместе с тем, имеются факты (Рампилов и др. 2015; Рипп и др. 2016; Ripp et al., 2019) участия флюидов смешанного происхождения в формировании некоторых магматогенных редкометалльных месторождений Забайкалья. Доля вод метеорного происхождения в

составе смешанного флюида, достигает в отдельных случаях 70 %. Можно предположить, что и какая-то часть рудных элементов (редких металлов) имеет, условно говоря, «не магматическое» происхождение.

Таким образом, актуальность планируемых исследований определяется слабой изученностью процессов мантийно-корового взаимодействия при формировании разнотипных гранитоидов, щелочных пород и ассоциирующего редкометалльного оруденения.

#### **Описание задач, предлагаемых к решению**

Для характеристики «среднеглубинного» уровня взаимодействия мафических и кремнекислых магм предполагается провести геологическое, минералогическое, петрографическое, изотопно-геохимическое и геохронологическое изучение мафических включений в разнотипных гранитоидах Забайкалья и Северной Монголии. На основе полученных данных будут реконструированы исходные составы магматических расплавов, формирующих мафические включения, оценены характер и масштабы химического взаимодействия между включениями и вмещающим салическим расплавом, разработаны петрологические модели «среднеглубинного» смешения контрастных магм (базитовых, салических) при формировании разнотипных гранитоидов. В качестве «малоглубинного» уровня взаимодействия базитовых и салических магм предполагается продолжить изучение композитных (минглинг) даек, ассоциирующих с гранитоидными и метаморфическими комплексами.

Изотопно-геохронологические и изотопно-геохимические исследования, направленные на выявление этапов дайкового магматизма, источников магм (базитовых, салических), характера их взаимодействия и корреляции с плутоническими образованиями. В качестве объектов исследования будут использованы известные и предполагаемые новые проявления минглинг-даек в Западном Забайкалье и Монголии. Реконструкция источников магм разнотипных гранитоидов посредством изучения их изотопно-геохимических (Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, Pb, O) характеристик, состава ксенолитов и диспергированного реститового материала. Особое внимание предполагается сосредоточить на гранитоидах с мантийными изотопными метками, которые могут указывать на наиболее глубокие процессы смешения магм.

Геохронология щелочного и гранитоидного магматизма в восточном сегменте Центрально-Азиатского складчатого пояса – выделение, оценка последовательности и продолжительности этапов. Для решения этой задачи, наряду с геологическими наблюдениями, будут широко использованы U-Th-Pb изотопно-геохронологические данные, полученные по урансодержащим минералам из отдельных магматических тел и обломочным цирконам из терригенных осадков, образованных за счет разрушения магматитов. В методическом плане, в дополнение к технологии локального датирования цирконов, планируется адаптировать и апробировать LA-ICP-MS метод для U-Th-Pb датирования апатитов и сфенов, что необходимо для выяснения возрастной позиции ряда мафических, щелочных и среднекислых объектов, в которых цирконы редки или отсутствуют. Изучение микроэлементного состава акцессорных минералов гибридных магматитов, выяснение их индикаторной роли. Предлагается на примере изучения модельных объектов изучить и сопоставить минералогические и геохимические характеристики (микроэлементный состав) акцессорных минералов из базитов и гранитоидов «чистой линии» и гибридных пород (производных смешения). Специально для этой задачи будет реализован LA-ICP-MS метод микроэлементного анализа твердых фаз.

Изотопно-геохронологическое и термохронологическое изучение длительности развития магмато-генно-гидротермальных рудно-магматических систем (на примере редкометалльных месторождений); изотопно-геохимические исследования (Sr, Nd, Pb,

S, С, О и D), направленные на выяснение источников рудного вещества и транспортирующего флюида. Исследование эволюции состава «сквозных» породо- и рудообразующих минералов на разных стадиях процессов рудообразования; выявление главных и второстепенных минералов-концентраторов редких и редкоземельных элементов. Изотопно-термометрические и термобарогеохимические исследования, направленные на определение P-T параметров флюидов, формировавших разные по составу и рудоносности комплексы Западного Забайкалья. На примере Витимской щелочной провинции и Монголо-Забайкальского пояса щелочных гранитоидов предполагается провести детальные изотопно-геохронологические и изотопно-геохимические исследования, направленные на выяснение причин и факторов, обусловивших длительное, полициклическое формирование этих магматических образований.

**2021 год.** Геологическое, минералого-петрографическое, изотопно-геохимическое и геохронологическое изучение мафических включений в разнотипных гранитоидах Забайкалья и Северной Монголии. Геохронология щелочного, базитового и гранитоидного магматизма восточного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Детритовая геохронология. Изотопно-геохимические исследования.

**2022 г.** Изучение композитных (минглинг) даек, ассоциирующих с гранитоидными и метаморфическими комплексами. Изотопно-геохронологические и изотопно-геохимические исследования, направленные на выявление этапов дайкового магматизма, источников магм (базитовых, салических), характера их взаимодействия и корреляции с плутоническими образованиями. Адаптация и апробация LA-ICP-MS метода для U-Th-Pb датирования апатита и сфена. Исследование эволюции состава «сквозных» породо- и рудообразующих минералов на разных стадиях процессов рудообразования; выявление главных и второстепенных минералов-концентраторов редких и редкоземельных элементов.

**2023 г.** Изучение микроэлементного состава (LA-ICP-MS) акцессорных минералов гранитоидов, базитов, щелочных пород и гибридных магматитов, выяснение индикаторной роли микроэлементного состава для решения петрологических задач и формационной типизации магматических образований. Изотопно-геохронологическое и термохронологическое изучение длительности развития магмато-генно-гидротермальных рудно-магматических систем (на примере редкометалльных месторождений); изотопно-геохимические исследования (Sr, Nd, Pb, S, C, O и D), направленные на выяснение источников рудного вещества и транспортирующего флюида.

**2024 г.** Выявление главных и второстепенных минералов-концентраторов редких и редкоземельных элементов редкометалльных месторождений. Реконструкция источников магм разнотипных гранитоидов, щелочных пород и ассоциирующих базитов посредством изучения их изотопно-геохимических (Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, Pb, O) характеристик, состава ксенолитов и диспергированного реститового материала.

**2025 г.** Изотопно-термометрические и термобарогеохимические исследования, направленные на определение P-T параметров флюидов, формировавших разные по составу и рудоносности комплексы Западного Забайкалья. Выяснение причин и факторов, обусловивших длительное, полициклическое формирование Витимской щелочной провинции и Монголо-Забайкальского пояса щелочных гранитоидов.

**Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)**

**2021 г.** Будет изучено геологическое строение массивов гранитоидов или отдельных участков развития мафических включений, изучены их минералого-петрографические особенности, установлены изотопно-геохимические характеристики, определен изотопный возраст. На этой основе будет реконструирован исходный состав

магматического расплава (расплавов), сформировавших мафические включения, оценены характер и масштабы химического взаимодействия между включениями и вмещающим салическим расплавом (вмещающими гранитоидами), разработаны петрологические модели смешения контрастных магм (базитовых, салических). В качестве объектов исследования предполагаются позднепалеозойские гранитоиды Забайкалья и Северной Монголии.

**2022 г.** Будут изучены композитные (минглинг) дайки, ассоциирующие как с гранитоидными комплексами, так и прорывающие метаморфические образования. Будет установлен их изотопный (U-Pb) возраст; на основе изотопно-геохимических данных будут установлены источники магм (базитовых, салических), этапы дайкового магматизма, корреляции с плутоническими образованиями.

**2023 г.** На основе изотопных данных (Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, Pb, O), данных по ксенолитам, реститам и мафическим включениям будут реконструированы источники магм разнотипных гранитоидов Забайкалья и Северной Монголии, посредством геохимического моделирования оценены доли мантийного и корового компонентов в их составе, определены геохимические типы коровых и мантийных протолитов.

Будут установлены основные параметры процессов смешения контрастных магм на разных гипсометрических уровнях земной коры.

**2024 г.** Установлена общая хронология, длительность развития процессов магматизма и рудообразования. На основании геохимических и изотопных данных (Sr, Nd, Pb, S, C, O и D) будет дана изотопно-геохимическая характеристика источников рудного вещества (включая флюидную фазу). Кроме того, по результатам петролого-геохимических и минералогических (LA-ICP-MS анализ минералов) исследований будут определены особенности эволюции состава породообразующих минералов, установлены главные и второстепенные минералы-концентраторы редких, редкоземельных элементов. На основе минеральных и изотопных геотермометров, а также термобарогеохимических исследований будут определены P-T параметры и специфика флюидов, формировавших разные по составу и рудоносности комплексы Западного Забайкалья.

**2025 г.** Будет получена детальная изотопно-геохронологическая и изотопно-геохимическая характеристика щелочных пород Витимской провинции и щелочных гранитоидов Монголо-Забайкальского вулканоплутонического пояса. Будет установлен характер пространственно-временной изотопной эволюции этих образований. Будет рассмотрена корреляция этапов магматизма с глобальными и региональными моделями геодинамической эволюции земной коры региона, предложена модель длительного существования центров магматической активности.

**Применимость результата:** Будут расширены возможности LA-ICP-MS комплекса, базирующегося в ГИН СО РАН, в частности ожидается реализация методов локального U-Th-Pb изотопно-геохронологического датирования апатитов и сфенов, и микроэлементного анализа минералов

**Возможная практическая значимость:** Будет реализован метод локального U-Th-Pb изотопно-геохронологического датирования апатитов и сфенов, и микроэлементного анализа минералов.

Совокупные U-Th-Pb изотопно-геохронологические исследования магматических урансодержащих минералов и детритовых цирконов позволят обосновать выделение этапов магматизма и оценить их продолжительность, как в пределах эталонных магматических и рудных объектов, так и в региональном плане – в восточном сегменте Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Будут выявлены минералого-геохимические особенности акцессорных минералов из гибридных и негибридных магматических пород, а также получена качественно новая информация об условиях кристаллизации гибридных магм.