Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Н.Л. ДОБРЕЦОВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН СО РАН)

УДК 551.2 (553.04, 556.25)
Рег. № НИОКТР АААА-А21-121011390002-2
Инв. № 2

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГИН СО РАН
д.г.-м.н.
_____ А.А. Цыганков
«12» декабря 2024 г.
Протокол № 14 от «12» декабря 2024 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Процессы мантийно-корового взаимодействия при формировании щелочных и гранитоидных комплексов и сопутствующего оруденения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса
(промежуточный, 4 этап)

Номер проекта в ИС управления НИР
FWSG-2021-0002 (рег. № 1021062110690-7-1.5.6)

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

Руководитель НИР,
директор ГИН СО РАН, д.г.-м.н. А.А. Цыганков

Улан-Удэ 2024

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы		**Цыганков А.А.**
дир., д.г.-м.н.		(введение, раздел 1, заключение)
Исполнители:		
зав. лаб., к.г.-м.н.		Бурмакина Г.Н. (раздел 3, 2)
зав. лаб., к.г.-м.н.		Хубанов В.Б. (раздел 5,8)
в.н.с., д.г.-м.н.		Дорошкевич А.Г. (раздел 4)
с.н.с.		Посохов В.Ф. (раздел 9)
н.с., к.г.-м.н.		Ласточкин Е.И. (раздел 9)
н.с.		Хромова Е.А. (раздел 7)
м.н.с.		Хубанова А.М. (раздел 8)
нормоконтроль		Барышникова Н.М.

РЕФЕРАТ

Отчет 51 с., 16 рис., 2 табл., 30 источн., 1 прил.

НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ, ГРАНИТОИДНЫЙ И ЩЕЛОЧНО-ОСНОВНОЙ МАГМАТИЗМ, КРУПНЫЕ САЛИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕННЫЕ ПРОВИНЦИИ, МИНГЛИНГ-ДАЙКИ, ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ, ИСТОЧНИКИ МАГМ, МАФИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ, СМЕШЕНИЕ МАГМ, ДЕТРИТОВАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ АЗИЯ, ЗАБАЙКАЛЬЕ

На основе обобщения данных по гранитоидным провинциям Центральной и Северо-Восточной Азии выделены ареальный и линейный типы провинций, установлены типоморфные особенности их строения, состава и металлогении. На примере Ангаро-Витимского батолита предложена петрогенетическая модель, согласно которой изотопная гетерогенность локализованных в пространстве гранитоидов формируется за счет плавления ограниченного количества максимально контрастных по изотопному и литологическому составу протолитов. Установлено, что минглинг-дайки (дайковый «рой» Аюда, Восточный Казахстан) могут формироваться посредством последовательного внедрения базитового и салического расплавов в одну трещину. Захват салическим расплавом мафических включений, вероятно, происходит на пути магмы к поверхности, возможно в результате пересечения магмопроводников. Гибридные породы в составе дайки образовались в результате химического взаимодействия контрастных магм (mixing) на уровне консолидации дайки. Химическому взаимодействию способствовали: а) «горячие» вмещающие граниты; б) значительная мощность дайки; в) пониженная температура базитового расплава. Детально изучены (электронная микроскопия, КЛ) и датированы U-Pb методом зерна циркона из альбитизированных и гранатсодержащих сиенитов Бамбуйской интрузии щелочных пород (Северное Прибайкалье). С использованием петрохронологического метода установлена мощность континентальной коры в период максимальной интенсивности позднепалеозойского гранитообразования в центральной части Западного Забайкалья. Установлен возраст (U-Pb, LA-ICP-MS, циркон) питающих провинций и нижний возрастной предел формирования гусиноозерской серии - одного из наиболее крупных и типоморфных для Гусиноозерской рифтовой впадины Забайкалья стратоподразделения. Получены новые петро-геохимические данные по апатитоносным массивам Западного Забайкалья (Телегинский, Большеиркиликский), коррелирующие с типоморфным Ошурковским плутоном, содержащим одноименное месторождение апатита.

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Настоящий отчет о НИР составлен с использованием Государственного стандарта (ГОСТ 7.32-2001).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

AFS-сиениты - щелочно-полевошпатовые сиениты

Alm - альмандин

Amph – амфибол

Ab - альбит

An – анортит

Bt – биотит

Cpx – клинопироксен

Eu/Eu* - численное выражение европиевой аномалии

HFSE – высокозарядные элементы

ID-TIMS - термоионизационная масс-спектроскопия

Kfs – калиевый полевой шпат

LA-ICP-MS – аналитический метод - масс-спектрометрия индуктивно-связанной плазмы с лазерным пробоотбором

LA-SF-ICP-MS - магнитно-секторный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой и лазерным пробоотбором

L-M-REE - легкие средние редкоземельные элементы

LREE – легкие редкоземельные элементы

MME - mafic microgranular enclaves (мафические микрогранулярные включения)

MORB - базальты срединно-океанических хребтов

MSWD - среднеквадратичное отклонение

OIB - базальты океанических островов

Or - ортоклаз

Pl – плагиоклаз

Qtz – кварц

REE (РЗЭ) – редкоземельные элементы

SLIP –салическая крупная изверженная провинция

T(DM-2) - двухстадийный модельный возраст

U-Pb – уран-свинцовый метод изотопного датирования

V-SMOW - изотопный стандарт (морская вода)

АВБ - Ангаро-Витимский батолит

КЛ - катозная люминесценция

РА - граниты - щелочные граниты

ЦАСП – Центрально-Азиатский складчатый пояс

ВВЕДЕНИЕ

Исследования по проекту «Процессы мантийно-корового взаимодействия при формировании щелочных и гранитоидных комплексов и сопутствующего оруденения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса» в 2024 году были направлены на решение геохронологических, геохимических, петрогенетических и минералогических задач, составляющих суть проекта. Получены результаты по следующим направлениям.

Проведено обобщение материалов многолетних исследований гранитоидных провинций Центральной и Северо-Восточной Азии. Основываясь на этих данных показано, что гранитоидные провинции могут быть разделены на ареальный и линейный типы, различающиеся по большинству параметров, включающих объемно-площадные характеристики, длительность формирования, магмопродуктивность, источники магм, металлогеническую специализацию и др. Предполагается, что формирование крупных гранитоидных провинций не субдукционного генезиса связано с воздействием мантийных плюмов (в виде синхронного базальтоидного магматизма) на разогретую кору молодых орогенных областей, где тектонические процессы завершились не более первых десятков миллионов лет назад.

Большое внимание уделено интерпретации изотопных данных. На примере одного из участков Ангаро-Витимского гранитоидного батолита (Западное Забайкалье) установлено, что петрографически и геохимически разнотипные, но близкие по возрасту гранитоиды, развитые на небольшой площади, контрастно различаются по изотопному составу (Nd). Для объяснения этой гетерогенности предложена модель ограниченного количества изотопно-контрастных протолитов, смешение продуктов плавления которых, обеспечивает наблюдаемую изотопную гетерогенность. Другим примером смешения магм, которое может иметь место и в описанном выше случае, являются минглинг-дайки. На примере одной из таких даек (дайковый «рой» Аюда, Калбо-Нарымский батолит, Восточный Казахстан) показано, что наряду с механическим захватом салическим (граносиенитовым) расплавом фрагментов мафической магмы, в определенных условиях происходит и химическое взаимодействие контрастных магм. В результате образуются гибридные породы с составом промежуточным между компонентами смешения. Можно предположить, что процессы образования таких гибридных пород, но на глубинном уровне, приводят к образованию гранитоидов повышенной основности.

В рамках проекта продолжается изучение щелочно-основных пород Забайкалья. В отчетном году были получены новые данные по изотопному возрасту циркона из сиенитов Бамбуйской интрузии (Северное Прибайкалье), петро-геохимические данные по

Телегинскому и Большеиркиликскому апатитоносным массивам. Изучение апатитоносных базитовых интрузий представляет интерес не только с петрогенетической точки зрения, но и в плане расширения сырьевой базы для местного производства фосфорных удобрений.

Продолжены исследования в области детритовой геохронологии и петрохронологии. Использование этих подходов позволило оценить мощность континентальной коры Забайкалья в период максимальной интенсивности позднепалеозойского гранитообразования, а также установить возраст и источники обломочного материала гусиноозерской серии – наиболее представительного стратоподразделения Гусиноозерской рифтогенной впадины.

Минералогические исследования в отчетном году были направлены на изучение типохимизма слюд из щелочных пород Восточного Саяна. Продолжающиеся исследования в этом направлении являются важным вкладом в понимание условий образования щелочных пород в целом.

Таким образом, содержание фактически выполненных в 2024 году работ соответствует цели и задачам проекта.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ 2024 ГОДА

1. Петрогенезис гранитоидов крупных салических изверженных провинций

На примере крупнейших гранитоидных провинций Центральной и Северо-Восточной Азии (Ангаро-Витимской, Хангайской, Калба-Нарымской, Колымской) (рисунок 1) показано, что их можно подразделить на ареальный и линейный типы, существенно различающиеся площадью и объемом гранитоидов в их составе. Предполагается, что эти различия (таблица 1) обусловлены строением и структурой догранитного фундамента и масштабом теплового воздействия на нижние и средние горизонты континентальной коры. Важным фактором формирования гранитоидных провинций является мантийный мафический магматизм, предполагаемые масштабы которого коррелируют с объемно-площадными характеристиками гранитоидных провинций. Роль мафического магматизма заключается в дополнительном привносе тепла, от части флюидов в область плавления коровых протолитов, а также в вещественном вкладе, который реализуется через различные механизмы смешения магм. Наиболее эффективным является смешение на глубинном уровне (рисунок 2) в результате которого образуются значительные объемы салических магм повышенной основности. Петрогенетическая роль смешения контрастных магм на мезоабиссальном уровне земной коры, а также в гипабиссальных условиях (минглинг-дайки) не велика, однако именно эти проявления являются ключевым аргументом в обосновании синхронности мафического и гранитоидного магматизма.

Гранитоиды салических крупных изверженных провинций (SLIPs) характеризуются гетерогенным изотопным составом, в целом отвечающим параметрам континентальной коры. Крайне высокая гетерогенность пространственно сопряженных гранитоидов обусловлена смешением салических магм, образованных за счет плавления небольшого числа контрастно различающихся по изотопному составу источников, в том числе, посредством смешения с магмами мантийного генезиса. Мафические породы, входящие в состав гранитоидных провинций, соответствуют изотопному составу обогащенной мантии (Ангаро-Витимский батолит) либо указывают на значительный вклад контаминации материалом континентальной коры (Хангайский ареал). Металлогения SLIPs определяется величиной эрозионного среза и типом коровых протолитов, от степени метаморфизма которых в значительной мере зависит исходное флюидосодержание салических магм. Плавление высокометаморфизованных древнекоровых протолитов продуцирует относительно «сухие» салические расплавы, плавление низкометаморфизованных коровых источников приводит к образованию

«водных» расплавов, дифференциация которых завершается пегматитообразованием с редкометалльной минерализацией.

Формирование SLIPs не субдукционного генезиса связано с воздействием мантийных плюмов (в виде синхронного базальтоидного магматизма) на разогретую кору молодых орогенных областей, где тектонические процессы завершились не более первых десятков миллионов лет назад.

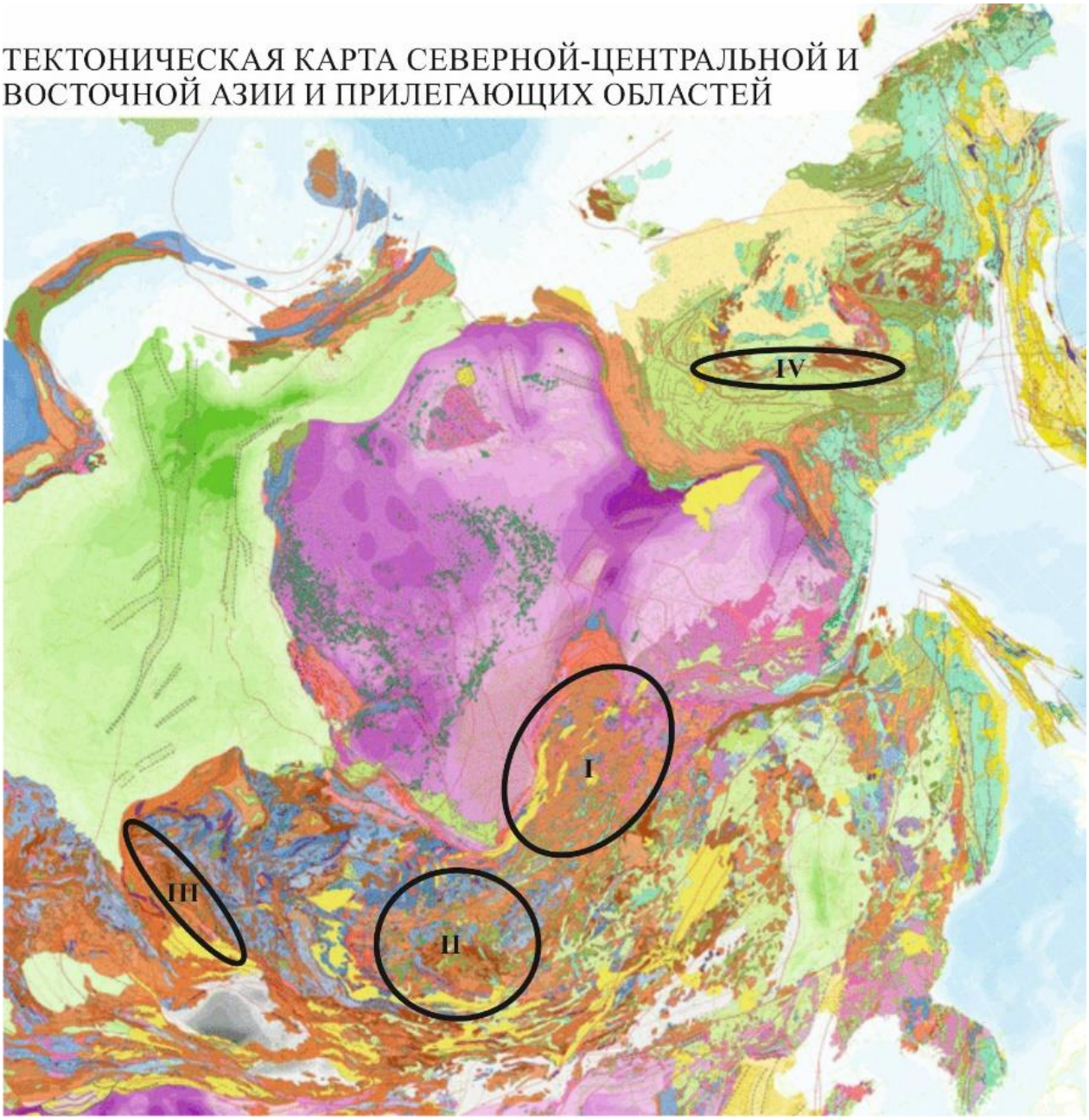

Рисунок 1 – Схема расположения крупнейших гранитоидных батолитов Центральной и Северо-Восточной Азии. I – Ангаро-Витимский, II – Хангайский, III – Калбо-Нарымский, IV – Главный (колымский) батолитовый пояс

Таблица 1 – Характеристика гранитоидных батолитов плутонических салических крупных изверженных провинций (P-SLIPs) ареального и линейного типов

Основные параметры	P-SLIPs			
	Ангаро-Витимская гранитоидная провинция, Забайкалье	Хангайский зональный магматический ареал, Северная-Центральная Монголия	Калбинский батолит, Северо-Восточный Казахстан	Главный Колымский батолитовый пояс, Северо-Восточная Азия
1	2	3	4	5
Морфологичес-кий тип	Ареальный	Ареальный	Линейный	Линейный
Площадь, км^2	200 000	250 000	15 000	73 000
Объем, млн км^3	0.7 – 1.5	1.0	0.1	0.36
Возраст главного этапа гранитообразо-вания и его длительность млн. лет	325 – 280 45	270 – 240 30	300 – 275 25	155 – 143 17
Общая продолжитель-ность магматизма, млн лет	330 - 260	302 - 240	310 - 275	158 - 138
Интенсивность магматизма, км^3/млн лет	15 000 – 35 000	33 000	4 000	21 000
Догранитный фундамент	Коллаж террейнов разного возраста и происхождения	Коллаж террейнов разного возраста и происхождения	Турбидитовый террейн	Террейны пассивной окраины
Основные типы пород	*Qtz*-монцониты, *Qtz*- сиениты, *Amph-Bt*-гранодиориты, *Bt*-граниты, субщелочные лейкограниты	*Amph-Bt*-гранодиориты, *Bt*-граниты, граносиениты, лейкограниты, умеренно-щелочные лейкограниты	*Bt*-гранодиориты, *Bt*-граниты, лейкограниты	*Bt*-, *Hb-Bt*-граниты, гранодиориты
Петрохимический тип	Известково-щелочные, субщелочные высоко-калиевые	Известково-щелочные субщелочные высоко-калиевые, щелочные	Известково-щелочные высоко-калиевые	Известково-щелочные высоко-глиноземистые
Ассоциирующие мафические породы	Габбро-монцонитовые плутоны, синплутонические базитовые интрузии, минглинг-дайки, ММЕ	Синплутонические дайки, штоки, небольшие тела основного-среднего состава; ММЕ; ультрамафит-мафитовые массивы по периферии	Добатолитовые габбро-сиениты и перидотит-габбро-монцодиориты; постбатолитовые дайки долеритов; ММЕ	Добатолито-вые дайки основного состава
Ассоциирующие (одновозрастные) гранитоиды	*PA*-граниты, *AFS*-сиениты ранне-куналейского комплекса; щелочно-основные интрузии	Щелочные граниты и бимодальные вулканиты повышенной и высокой щелочности	Гранитные пегматиты	А-граниты поперечных поясов

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
εNd(T)	-22.5 ÷ 1.9	-8.0 ÷ 1.5	0.8 ÷ 4.3	-15 ÷ -2
T(DM-2), млрд лет	2.9 - 0.9	2.3 – 0.9	1.0 – 0.77	2.2 – 1.1
Предполагаемые источники магм	Разновозрастные коровые протолиты, обогащенная мантия	Разновозрастные коровые протолиты, обогащенная мантия	Трехкомпонент-ная смесь: MORB-OIB-метаосадки турбидитового бассейна	Коровые протолиты
Металлогеничес-кая специализация	Рудопроявления и мелкие месторождения Au, Mo	Редкометалльная (Zr, Nb, Ta, Li, Y и Th) и Cu-Mo минерализация рифтовых зон обрамления Хангайского батолита; Cu-Au рудопроявления	Редкометалльная (Li, Ta, Nb, Be, Cs) провинция	Au (Ag, Sn) провинция, генетическая связь с гранитоидами не ясна
Геодинамическая обстановка	Посторогенная плюмовая	Надвигание края континента на горячую точку	Посторогенная плюмовая	Коллизионная, надсубдукци-онная (?)

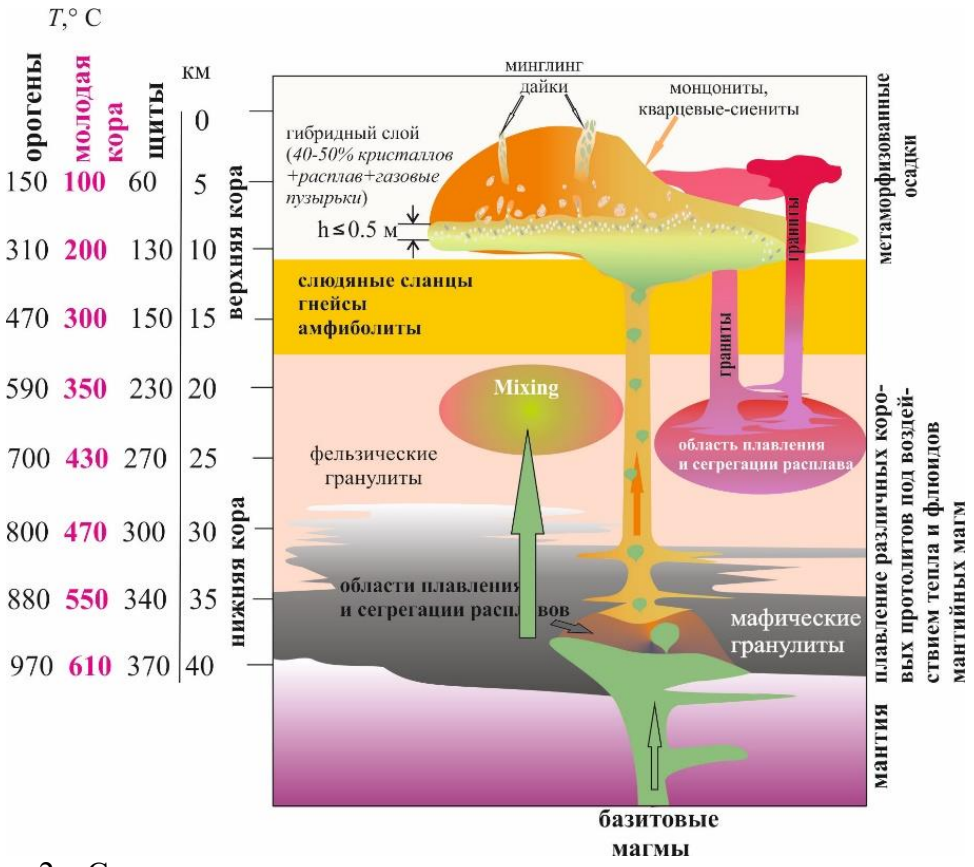

Рисунок 2 – Схема, иллюстрирующая разные уровни генерации салических магм и зависимость характера процессов смешения мантийных и коровых магм от глубины

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Котлер П.Д. *Петрогенезис гранитоидов крупных салических изверженных провинций (Центральная и Северо-Восточная Азия) // Петрология. – 2024. – Т. 32. – № 6. – С. 679–709. DOI: 10.31857/S0869590324060025 EDN: ACNSDB*

2. Sm-Nd изотопная систематика позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья

Установлено, что гранитоиды одного из крупнейших в мире Ангаро-Витимского батолита (Западное Забайкалье), занимающего площадь около 200 тыс. км^2 (рисунок 3) и имеющего объем порядка 1.0 млн км^3, характеризуются крайне гетерогенным изотопным составом в основном соответствующим параметрам разновозрастных коровых метатерригенных протолитов (рисунок 4).

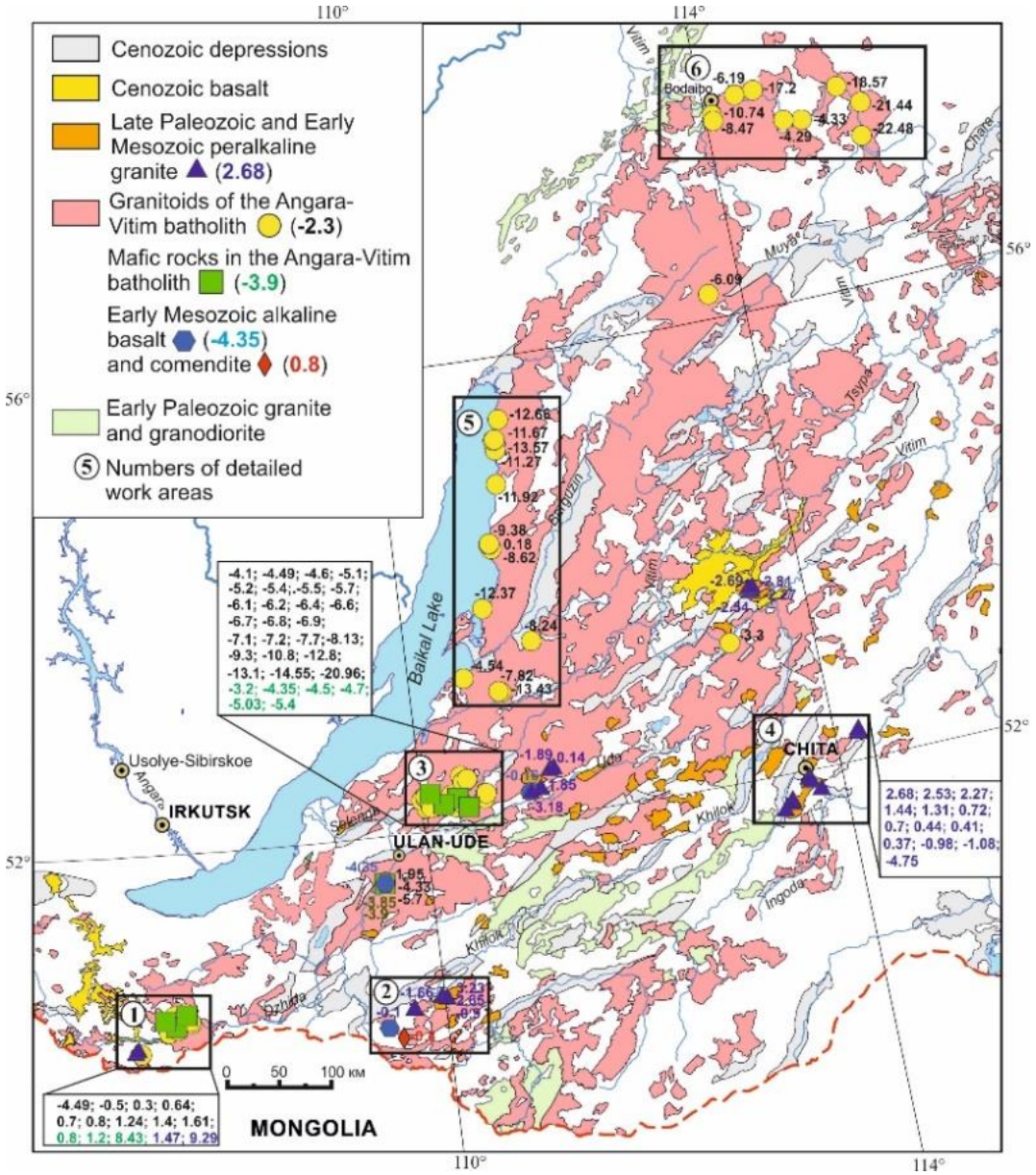

Рисунок 3 – Схема расположения участков детальных изотопных исследований. Составлена на основе Геологической карты масштаба 1:5 000 000. Позднепалеозойские гранитоиды АВБ показаны без разделения на комплексы. Районы работ: следующие районы: 1) Юго-Западное Забайкалье (бассейн р. Джида и южная часть хребта Хамар-Дабан); 2) бассейн нижнего течения р. Хилок (правый приток р. Селенга); 3) центральная часть хребта Улан-Бургасы (район к северо-востоку от г. Улан-Удэ); 4) юго-восточная часть Яблонового хребта (район г. Чита); 5) северо-восточное побережье оз. Байкал; 6) бассейн р. Витим (северо-восточная часть Делюн-Уранского хребта). Цифры в рамках – значения εNd(T); зеленым цветом – мафические породы

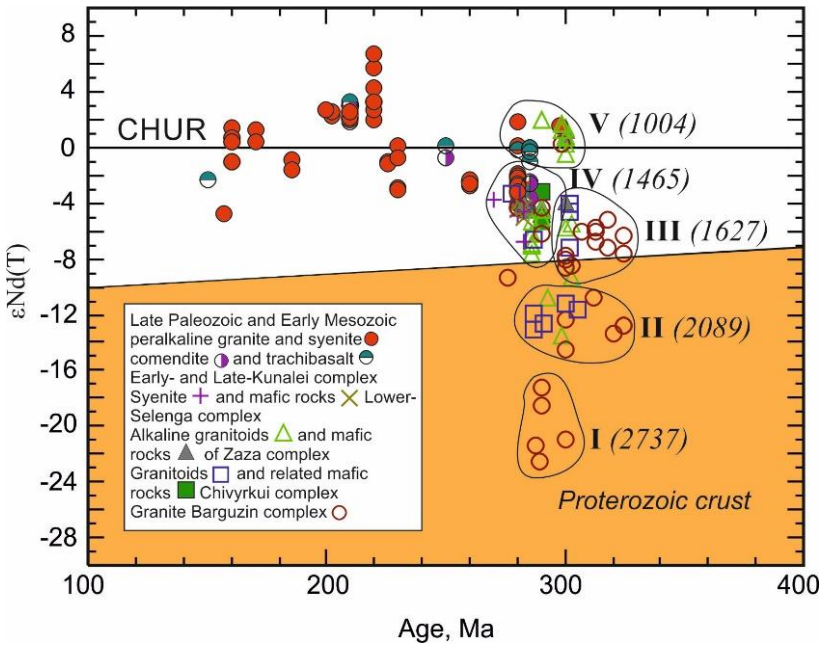

Рисунок 4 – Диаграмма зависимости εNd(T) от интрузивного возраста позднепалеозойских и раннемезозойских магматических пород Забайкалья. Римскими цифрами обозначены изотопные кластеры εNd(T), в скобках указано среднее значение T(DM-2) для каждого кластера

Значительные вариации εNd(T) и, соответственно T(DM-2), имеют место как в однотипных и близковозрастных породах, принадлежащих одному и тому же комплексу, так и в гранитоидах разных комплексов. Изотопный состав мафических пород, ассоциирующих с гранитоидами Ангаро-Витимского батолита полностью идентичен гранитоидам, тогда как Sm-Nd изотопные характеристики позднепалеозойских и раннемезозойских щелочных гранитов Монголо-Забайкальского вулканоплутонического пояса, «пересекающего» батолит, значимо отличаются от изотопных параметров АВБ.

Изотопные характеристики (εNd(T), T(DM-2)) гранитоидов и ассоциирующих мафических пород образуют несколько статистически значимых кластеров, объединяющих породы разных комплексов. Можно предположить, что кластеризация изотопных параметров отражает изотопную структуру догранитного фундамента.

Имеется латеральная зональность АВБ: гранитоиды с самыми низкими значениями εNd(T) и самым древним модельным возрастом расположены в северной части магматического ареала, и наоборот – с наиболее высокими значениями εNd(T) и молодым T(DM-2) на юго-западе. В обширной центральной части магматической провинции установлен максимальный разброс значений указанных параметров.

Гетерогенная изотопная структура Ангаро-Витимского батолита сформировалась за счет плавления ограниченного количества максимально контрастных по изотопному и, вероятно, литологическому составу протолитов (рисунок 5). Такими протолитами были палеопротерозойская континентальная кора (εNd(T) ≈ -20 ÷ -22; T(DM-2) = 2.9 – 2.5 Ga и,

вероятно, неопротерозойские мафические гранулиты повышенной калиевой щелочности обогащенные ювенильным компонентом (εNd(T) ≈ -3.0; T(DM-2) = 1.2 – 1.3 Ga). Последние были основным источником магм постбатолитовых интрузий щелочных гранитов и щелочно-полевошпатовых сиенитов. Выплавки из этих контрастных протолитов лишь в некоторых случаях комплементарны источникам салических расплавов. Чаще всего происходило смешение в разных пропорциях изотопно контрастных магм (рисунок 5), чем вероятно объясняются широкие вариации изотопных параметров в гранитоидах АВБ в целом и в петрографически и геохимически сходных разновидностях в частности.

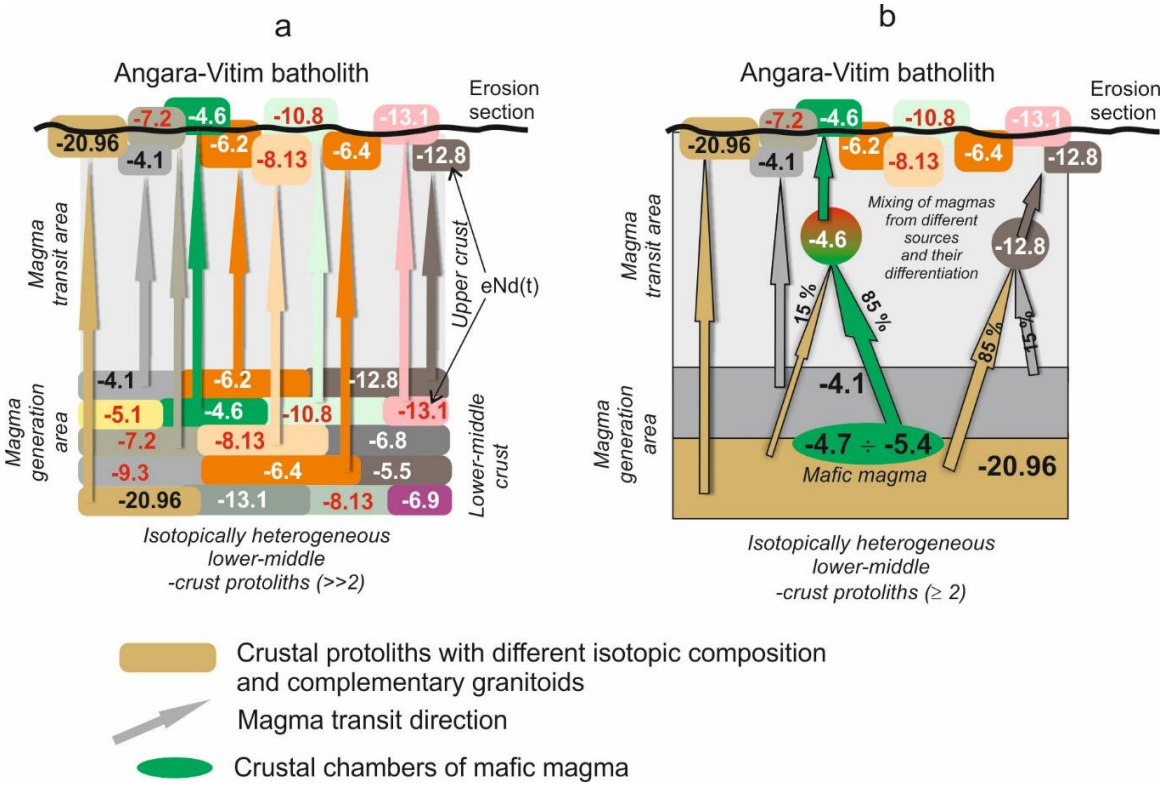

Рисунок 5 – Схема, иллюстрирующая модели формирования изотопной неоднородности гранитоидов Ангаро-Витимского батолита: а) «многокомпонентная»; б) модель «смешения» ограниченного количества изотопно контрастных магм

Широкое распространение минглинг-даек, мафических включений, синплутонических базитовых интрузий в составе АВБ указывает на дополнительный компонент смешения, которым была мафическая магма из обогащенной мантии, реактивированной в позднем палеозое в результате воздействия мантийного плюма на разогретую пластичную кору молодого (герцинского) орогена.

Tsygankov A.A., Burmakina G.N., Khubanov V.B., Ukraintsev A.V., Guslyakov N.D. *Nd isotope systematics of Late Paleozoic granitoids from the Western Transbaikalia (Russia): Petrological consequences and plume model testing // Geosystems and Geoenvironment 3 (2024) 100266. https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100266*

3. Минглинг-дайки Калбо-Нарымского гранитоидного батолита (Восточный Казахстан)

Калбо-Нарымский гранитоидный батолит, площадью более 15 000 км^2, является крупнейшим в западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Столь масштабное гранитообразование, охватившее период с 300 до 275 млн лет назад и связанное с массовым плавлением ювенильной коры (вулканомиктовые турбидиты, базальты OIB и MORB типов) (Kotler et al., 2021) связывается с термальным воздействием и, возможно, вещественным вкладом мантийных магм Таримского плюма. Вместе с тем, базитов, в пространстве и времени ассоциирующих с Калбинскими гранитами, неизвестно. Исключение составляют проявления минглинга в массивах Преображенский и Тастау, хотя и имеющих «калбинский» возраст, но расположенных в соседней Чарской зоне. Кроме того, базиты известны в составе миролюбовского дайкового комплекса, где они слагают отдельные дайки, или участвуют в строении минглинг-даек. Миролюбовский дайковый комплекс относится к финальной стадии позднепалеозойского этапа магматизма, сформировавшего Калбо-Нарымский батолит, при этом ориентировка как отдельных даек, так и дайковых роев ортогональна к простиранию батолита и вмещающих его складчатых структур.

Наиболее крупные дайковые рои - Аюда и Манат (Khromykh et al., 2022), располагаются в центральной части Калбинского батолита. Рой Аюда включает около 30 дайковых тел мощностью от 0.5 до 2 м и протяженностью от нескольких десятков метров до километра, иногда нескольких километров. Предметом нашего изучения была самая крупная комбинированная базит-гранитная дайка (минглинг-дайка) роя Аюда мощностью 30 - 35 метров и протяженностью около 10 км, за что она получила рабочее название «Великая дайка Восточного Казахстана».

Великая дайка представляет собой крутопадающее плитообразное тело, имеющее зональное строение. Краевые зоны мощностью до 4.5 м сложены породами базитового ряда, центральная часть, шириной 20 - 25 м, салическая с большим количеством мафических включений (рисунок 6). Распределение мафических включений неравномерное. Большая их часть приурочена к краям салической зоны, тогда как в ее центре включений почти нет. Центральная зона салической составляющей дайки (без включений) граносиенитовая, а участки, примыкающие к краевым бизитам и насыщенные мафическими включениями, имеют более основной состав, отвечающий кварцевым монцонитам (гибридные породы). Краевые базиты имеют закаленный контакт с вмещающими калбинскими гранитами. Контакт с гибридными монцонитами резкий, но изменений зернистость ни с той, ни с другой стороны не установлено. Переход от

гибридных кварцевых монцонитов (насыщенных включениями) к граносиенитам центральной зоны постепенный.

Рисунок 6 – Мафические включения в гибридных кварцевых монцонитах минглинг-дайки «роя» Аюда

Размер включений варьирует широко – от первых сантиметров и менее до 1 м в поперечнике. Форма преимущественно удлиненно-овальная, но нередки и включения неправильной «амебообразной» формы с фестончатыми, зубчатыми краями. Иногда наблюдаются зоны закалки, что в совокупности свидетельствует о сосуществовании двух жидкостей с разной температурой и вязкостью. Такое строение дайки прослеживается на всем ее протяжении.

Краевые базиты представляют собой темные, почти черные афировые породы с микродиабазовой структурой, сложенные *Pl* (60 – 65 об. %), *Amph* до 10 об. %, *Bt* (3 - 4 об. %) и *Cpx* на долю которого приходится 5 - 6 об. %; количество *Kfs* не превышает первых об. %. Акцессорные минералы - магнетит, апатит, титанит, единичные зерна циркона в сумме составляют 7 - 8 об. %.

Граносиениты центральной зоны сложены *Kfs* (25 - 30 об. %), *Pl* (20 - 30 об. %), *Qtz* (15 - 20 об. %); количество *Amph* и *Bt* не превышает 10-12 об. %. Акцессорные минералы: магнетит, титанит, апатит, циркон.

Гибридные породы (салическая часть дайки с включениями) по минералогическому составу отвечают кварцевым монцонитам: *Pl* (59 - 66 об. %), *Kfs* (15-28 об. %), *Amph* и *Bt* в сумме 15-20 об. %; содержание кварца варьирует от 3 до 5 об. %. Акцессорные минералы те же, что и в граносиенитах.

Мафические включения подразделяются на два типа, каждый из которых имеет переходные разновидности. Первый тип, это серые средне-мелкозернистые полнокристаллические амфибол-биотит-полевошпатовые породы с гипидиоморфнозернистой микроструктурой, часто порфировидные (*Pl, Kfs*). Второй тип –

темные, почти черные тонкозернистые афировые породы с микродиабазовой структурой. Петрографически они практически неотличимы от базитов краевой части комбинированной дайки.

Плагиоклаз мафических включений по составу варьирует от альбита до основного лабрадора (67.8 % *An*). Выделяются три морфо-генетические разновидности плагиоклазов: 1) мелкие идиоморфные кристаллы основной массы (22.4 – 29 % *An*); 2) зональные кристаллы с нормальной зональностью роста (63 – 25 % *An*) и зерна с ритмичной зональностью, например: чередование зон андезинового и олигоклазового состава (48 → 17 → 41 → 18 % *An*); 3) зональные кристаллы, состоящие из андезин – лабрадорового резорбированного ядра (45 – 67.8 % *An*), тонкой промежуточной зоны (≈ 25 % *An*) и олигоклазовой каймы (18 - 15 % *An*). В граносиенитах отсутствуют резорбированные кристаллы основного состава, а плагиоклаз основной массы и зональные кристаллы отличаются от включений большей (на 10 – 15 %) долей альбитового минала в своем составе. Плагиоклазы гибридных монцонитов занимают промежуточное положение между этими крайними типами.

Калиевый полевой шпат наиболее характерен для хорошо раскристаллизованных включений первого типа. Он образует крупные (до 15 мм в длину) таблитчатые зерна, каймы вокруг зональных кристаллов плагиоклаза, ксеноморфные выделения. Практически всегда *Kfs* имеет пертитовое строение в виде субпараллельных пластинчатых или неправильно- линзовидных выделений альбита, иногда содержащих до 10 % *An* компонента, или незакономерно расположенных изометричных выделений, в которых Ca отсутствует. Судя по этим признакам можно заключить, что первая разновидность представляет собой структуру распада, а вторая – результат более поздней, возможно постмагматической, альбитизации.

Валовой состав *Kfs,* полученный путем сканирования по площади некоторого участка зерна, варьирует в сравнительно узких пределах – 80 – 90 % *Or*, 10 – 20 % *Ab*. Постоянно отмечается примесь бария, содержание которого (BaO) в некоторых случаях достигает 6.3 мас. %.

Калиевый полевой шпат во включениях второго типа встречается редко. Главным образом он представлен мелкими субидиоморфными кристаллами в валовом составе которого содержится 87 – 88 % Or, 11 – 13 % *Ab*. Иногда отмечается примесь бария до 0.8 мас. %.

Амфибол является главным темноцветным минералом меланократовых включений. Первичномагматический идиоморфный амфибол отвечает по составу магнезиальной роговой обманке. Амфибол, замещающий клинопироксен, имеет состав железистой

роговой обманки. На постмагматической стадии тот и другой замещаются актинолитом. В гранисиенитах и монцонитах количество амфибола не превышает первых процентов, иногда (в граносиенитах) он вовсе отсутствует. Состав амфибола в этих породах в целом близок к первичномагматической магнезиальной роговой обманке из включений. Такое сходство объясняется «механическим захватом» отдельных кристаллов амфибола при взаимодействии базитовой и салической магм (Collins et al., 2000).

Нами установлен U-Pb изотопный возраст цирконов из центральной части комбинированной дайки, который составил 279,4 ± 2.6 млн. лет , MSWD = 1.2. U-Pb изотопный возраст цирконов из гибридной породы с ММЕ, определенный LA-ICP-MS методом в ИГМ СО РАН (Новосибирск), имеет два основных пика (рисунок 7), первый с возрастом 272,7 млн. лет, скорее всего это возраст собственно самой дайки, и второй пик 292 млн. лет – возраст Калбо-Нарымского гранитоидного батолита, что очень хорошо согласуется с предшествующими данными (Khromykh et al., 2022).

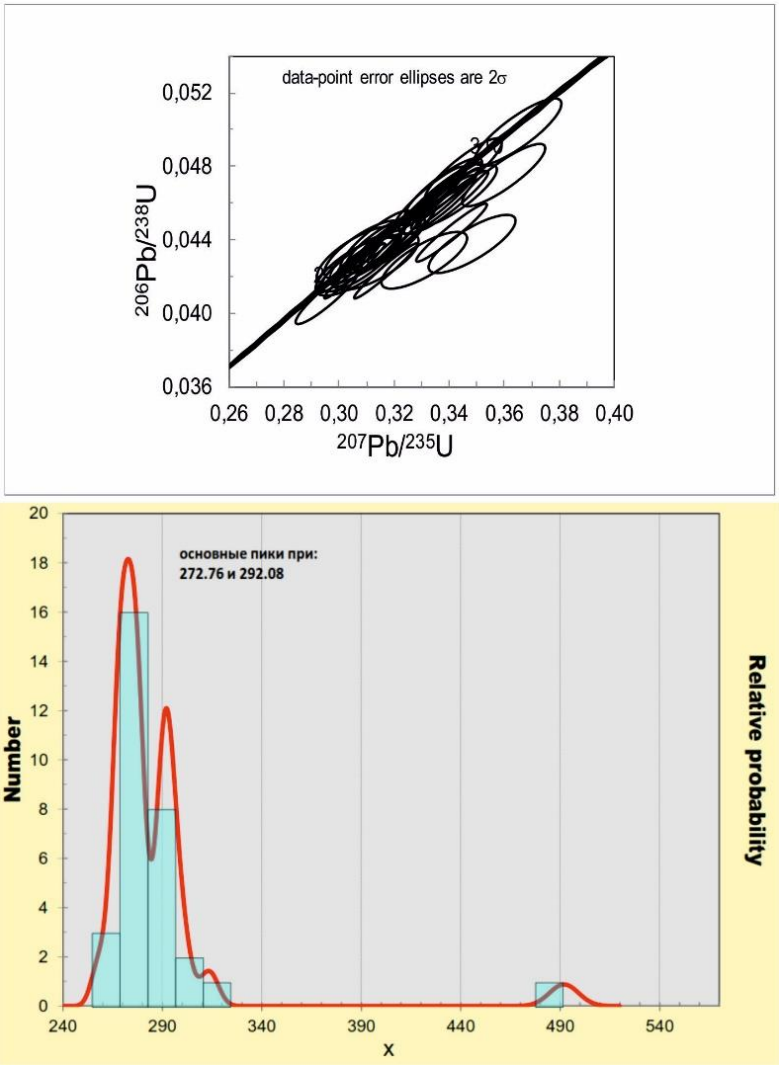

Рисунок 7 – Диаграмма с конкордией (вверху) и график плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов зерен циркона из гибридных кварцевых мноцонитов минглинг-дайки роя Аюда (внизу)

Полевые наблюдения и минералого-петрографические данные, полученные при изучении комбинированной дайки, позволяют сделать некоторые выводы.

Дайка образовалась в результате последовательного внедрения базитового и салического расплавов в одну и ту же трещину. Внедрение салического (граносиенитового) расплава произошло до полной консолидации базитовой дайки, о чем свидетельствует отсутствие зон закалки на их контакте. Такие соотношения принято называть «дайка в дайке».

Захват салическим расплавом мафических включений произошел, вероятно, на пути магмы к поверхности, возможно в результате пересечения магмопроводников. Судя по разной степени раскристаллизации включений этот захват происходил как минимум дважды. Кроме механического захвата фрагментов базитового расплава (mingling) имело место химическое взаимодействие двух магм (mixing) результатом которого стали гибридные монцониты, образование которых вероятно происходило на уровне консолидации дайки, чему способствовало несколько факторов: а) «горячие» вмещающие калбинские граниты; б) значительная мощность дайки, имеющей к тому же горячие краевые части; в) пониженная температура базитового расплава, состав которого в целом близок к диоритовому.

Минглинг-дайки, завершающие позднепалеозойский этап гранитоидного магматизма Восточного Казахстана, являются прямым свидетельством участия мантийных магм в формировании Калбинского батолита.

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А, Хромых С.В. *Комбинированные дайки Восточного Казахстана: возраст, петрогенизис // LV (55) ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ. Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. – Москва. – 2024. – С.61-65.*

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А., Трофимов А.В., Гусляков Н.Д. *Гибридизация магм (mixing) в комбинированных дайках Восточного Казахстана как отражение динамики мантийно-корового взаимодействия // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). – Иркутск. – 2024. – С. 26-29.*

4. Щелочные сиениты Бамбуйской интрузии (Северное Прибайкалье)

Для восстановления последовательности формирования щелочных пород Бамбуйского комплекса, входящего в Витимский сегмент Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса (Северное Прибайкалье), нами проведены определения изотопного U-Pb возраста цирконов из альбитизированных и гранатсодержащих сиенитов (LA-SF-ICP-MS метод, г. Улан-Удэ).

Альбитизированные сиениты имеют схожий минеральный состав с щелочными сиенитами, но отличаются отсутствием или значительно меньшим количеством эгирина и ферриэденита. Кроме того, помимо магнетита, ильменита, манган-ильменита, титанита, апатита, рутила, флюорита и циркона, среди акцессорных минералов установлены паризит, бастнезит, пирохлор.

Гранатовые сиениты сложены микроклин-пертитом (50-70 %), альбитом (до 20%) и гранатом, в инерстициях между которыми расположен канкринит и скаполит. Темноцветные минералы представлены чешуйками биотита и реликтовыми зернами амфибола и эгирина. К агрегатным скоплениям темноцветов приурочен флюорит. Гранат образует крупные до 1 см изометрической или ромбовидной формы зерна и содержит включения калишпата, титанита, реже магнетита, цирконолита, альбита. В качестве акцессорных присутствует титанит, апатит, магнетит, ильменит, бадделеит, циркон. Химический состав граната не устойчивый. В нем преобладает андрадитовый минал (And 63-68 %), в различных количествах присутствует альмандиновый (Alm 0,2-11%), шорломитовый (1-10%), моримотоитовый (0,1-13%) и гроссуляровый (0,22-11%) миналы.

Циркон из альбитизированных сиенитов не имеет четко выраженных форм и характеризуется разнообразным строением (рисунок 8а, б). Размер зерен в среднем колеблется в интервале 0.1-0.2 мм. В некоторых случаях в цирконах наблюдаются твердые включения КПШ, альбита, редко торита и апатита. Практически все зерна циркона из альбитизированных сиенитов несут следы изменений (рисунок 8а). При этом измененные части цирконов имеют гетерогенное пористое строение, в остальных случаях структура зерна остается либо однородной (полностью состоящая из темных доменов) или пятнисто-секториальной (рисунок 8а). Возраст циркона по пересечению дискордии на графике Тера-Вассербурга составил 275±1.8, а средневзвешенный $^{207}Pb/^{206}Pb$ возраст 274±1.7 млн лет (рисунок 8 в, г).

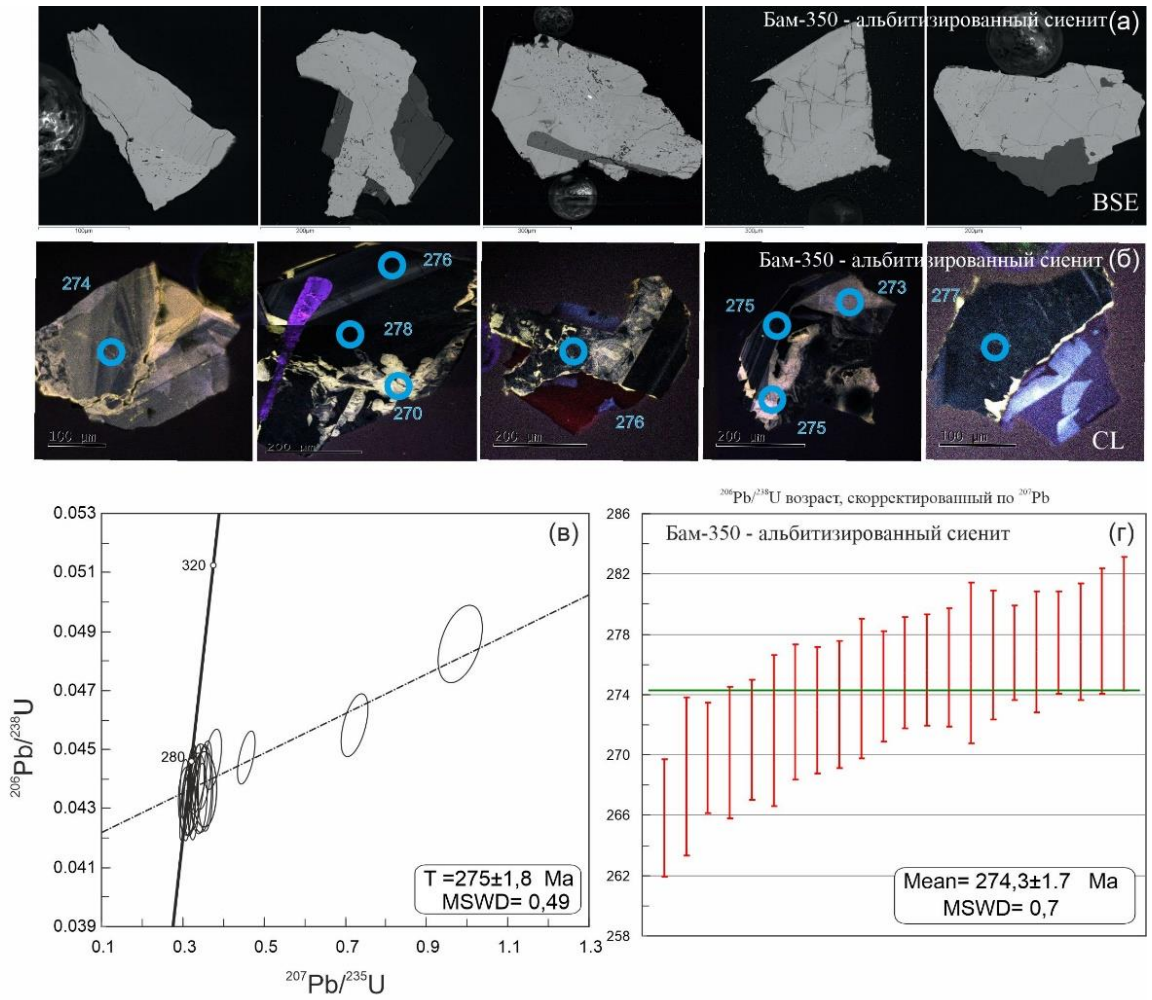

Рисунок 8 – Микрофотографии циркона из альбитизированных сиенитов Бамбуйской интрузии в обратно-рассеянных электронах (BSE) (а) и микроструктура циркона в катодолюминесцентном (CL) изображении (б); (в)– график с изотопными отношениями $^{207}Pb/^{235}U$ и $^{206}Pb/^{238}U$, построенные методом пересечения; (в) – средневзвешенный возраст по отношению $^{206}Pb/^{238}U$, скорректированный на обыкновенный свинец методом ^{207}Pb коррекции

В гранатсодержащих сиенитах циркон встречается в виде гипидиоморфных и аллотриоморфных зерен, иногда заполняет интерстиции между породообразующими минералами. По внутреннему строению можно выделить несколько типов циркона (рисунок 9а, б): для I типа характерна тонкая осцилляторная зональность, он бывает неравномерно замещен более яркой зоной в катодолюминесцентном изображении (рисунок 9б); II тип имеет сложное пятнистое внутреннее строение и содержит относительно крупные включения торианита (рисунок 9а). Также отмечаются цирконы с однородным строением (рисунок 9б). Для минерала получены две основные возрастные группы (288 ±2.4 и 267±2,5 млн. лет, рисунок 9в-е), а также единичные значения в пределах 240-255 млн. лет. Учитывая низкую кристалличность зон последних, смещение точек с конкордии можно объяснить наличием нерадиогенного свинца.

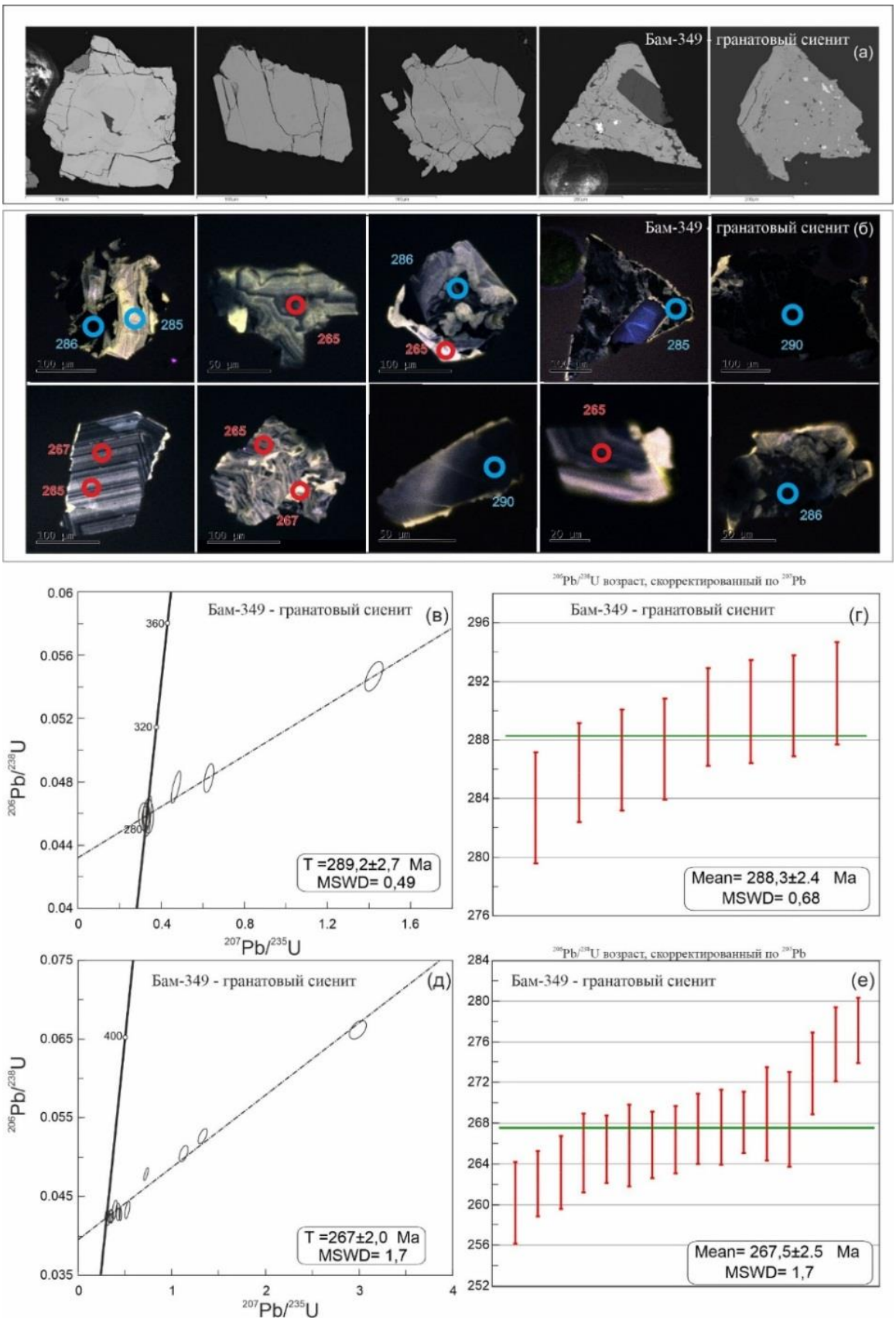

Рисунок 9 - Микрофотографии циркона из гранатсодержащих сиенитов Бамбуйской интрузии в обратно-рассеянных электронах (BSE) (а) и микроструктура циркона в катодолюминесцентном (CL) изображении (б); (в), (д) – графики с изотопными отношениями $^{207}Pb/^{235}U$ и $^{206}Pb/^{238}U$, построенные методом пересечения; (г), (е) – средневзвешенный возраст по отношению $^{206}Pb/^{238}U$, скорректированный на обыкновенный свинец методом ^{207}Pb коррекции

Синтез полученных результатов и ранее опубликованных данных для щелочных сиенитов (298.2±3.6 млн лет, Избродин и др., 2019) и габбро (270 ± 1 млн лет, Izbrodin et al., 2022), позволяет выделить основные этапы эволюции Бамбуйской интрузии. Общая продолжительность магматической активности в пределах комплекса составляла ~ 10 млн лет, но, по всей видимости, проходила в две стадии. Первая (298–288 млн лет) была связана с образованием щелочных и альбитизированных сиенитов. Этот период хорошо коррелируют с U-Pb геохронологическими данными (310-290 млн лет), полученными как для щелочных комплексов, расположенных в пределах Витимского сегмента Западного Забайкалья (Doroshkevich et al., 2012 a, b; 2014; Doroshkevich, 2013; Izbrodin et al., 2020), так и щелочных пород Сыннырского и Бурпалинского массивов (298 - 291 млн лет) (Izbrodin et al., 2017, 2024). Считается, что генерация и последующее внедрение первичных магм щелочных комплексов могли быть обусловлены активностью мантийного плюма и сопровождающимися процессами рифтогенеза (Yarmolyuk et al., 2013).

Образование габбро (270 ± 1 млн лет, Izbrodin et al., 2022) представляет собой самостоятельное геологическое событие, не связанное напрямую с формированием щелочных сиенитов. Вполне вероятно, это способствовало вторичному прогреву и преобразованию цирконов в гранатсодержащих и альбитизированных сиенитах в период (270 - 267 млн лет). Исследования показывают, что в этот же период в Забайкалье формировались породы бимодальной вулканической ассоциации и шошонитовая габбро-монцонит-сиенитовая серия некоторых интрузий (Jahn et al., 2009; Litvinovsky et al., 2011; Цыганков и др., 2010, 2016; Бурмакина и др., 2018; Ласточкин и др., 2018). Полученные отдельные возрастные значения для гранатсодержащих сиенитов в интервале 240-255, скорее всего, не являются достоверными и требуют дальнейшего исследования с применением других методов.

5. Петрохронология детритовых цирконов из современного аллювия Западного Забайкалья

Оценены возможности приложения петрохронологического исследования детритовых цирконов из современного аллювия р. Уда и р. Баргузин Западного Забайкалья для оценки мощности коры на момент формирования центральной части Баргузинской гранитоидной провинции (Анагаро-Витимского гранитоидного батолита) (Хубанов и др., 2024). Петрохронологический подход для мониторинга мощности континентальной коры во времени основан на использовании геохимического состава и возраста циркона. В качестве индикатора глубины магмогенерации принималась европиевая аномалия в цирконе. Эффект заключается в том, что значение Eu/Eu* в цирконе увеличивается с увеличением глубины генерации магмы (Tang, et al., 2020). Поскольку наиболее глубинные очаги плавления возникают в условиях максимального утолщения коры, то средние значения Eu/Eu* в цирконах коррелируют с мощностью коры. Таким образом, одновременное локальное датирование цирконов позволяет оценить изменение Eu/Eu* во времени. Иными словами, можно будет проследить эволюцию мощности коры при петрохронологическом изучении детритовых цирконов. Позднепалеозойская Баргузинская салическая (гранитоидная) крупная изверженная провинция имеет площадь более 500 тыс. км^2 и объединяет в себя крупнейший Ангаро-Витимский батолит (ареал-плутон) известково-щелочных гранитоидов. Продолжительность формирования провинции составляет более 40 млн. лет (~ 280 – 320 млн. лет назад). Геологические, геохимические и геохронологические данные, в том числе гигантские масштабы гранитообразования и выдержанность состава известково-щелочных гранитоидов баргузинского комплекса, типоморфных для АВБ, свидетельствуют о формировании батолита в результате плюм-литосферного взаимодействия. При этом предполагается, что это взаимодействие происходило на фоне утолщения континентальной коры Западного Забайкалья. Для исследования с помощью шлихового опробования было отобрано 144 зерна из современного аллювия р. Баргузин и 124 зерна из отложений р. Уда. Водосборная площадь обеих рек охватывает центральную часть Ангаро-Витимского батолита. Внутренняя морфология цирконов изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan MIRA 3 LMH (ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН, Иркутск). U-Pb изотопное датирование и определение микроэлементного состава цирконов проводилось LA-CP-MS методом (ЦКП» Геоспектр» ГИН СО РАН, Улан-Удэ). Из 268 обломочных зерен условиям отбора (согласно Tang et al., 2020) для оценки вариаций значений Eu/Eu* соответствовало только 142 циркона позднепалеозойского возраста (270 – 325 млн. лет). Значения Eu/Eu* в

них варьировали от 0.03 до 0.9. Для корректной оценки цирконы возрастного периода 270 – 325 млн. лет разделены на группы с шагом 5 млн. лет, для которых были рассчитаны медианные значения мощности коры, варьирующие в диапазоне 35 – 43 км (рисунок 10). Таким образом, полученные данные указывают на то, что мощность коры в период максимального позднепалеозойского гранитообразования в пределах центральной части Баргузинской провинции составляла около сорока километров.

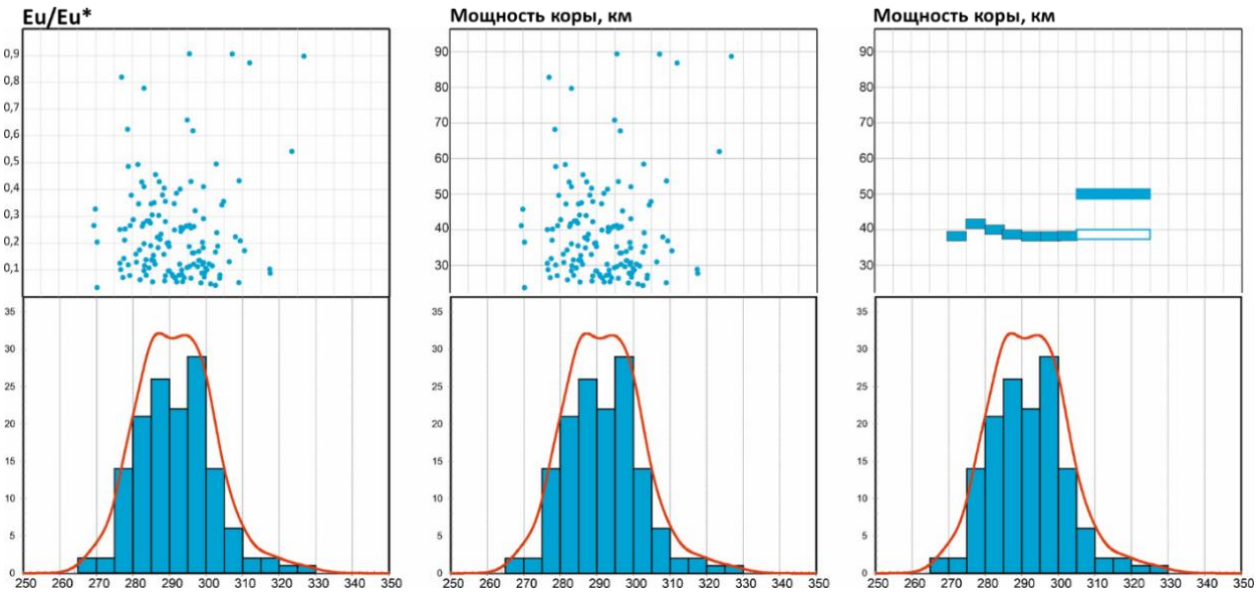

Рисунок 10 – Оценка мощности коры в период максимального позднепалеозойского гранитообразования в пределах центральной части Баргузинской провинции

Хубанов В.Б., Багдасарян Т.Э. *Петрохронология и термохронология: перспективы развития LA-ICP-MS-метода // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 105-107.*

Хубанов В.Б., Хубанова А.М., Щербаков Ю.Д. *Петрохронология детритных цирконов: к оценке мощности позднепалеозойской коры центральной части Баргузинской гранитоидной провинции // Геотермохронология: методы, фундаментальные и прикладные исследования-2024. Материалы Первой всероссийской конференции с международным участием (15–18 мая 2024 г. Казань, Россия) / ИГиНГТ КФУ. – Казань. – 2024. – С. 123-125.*

6. U-Pb изотопно-геохронологические исследования (обоснование стандартного образца)

6.1. В рамках коллаборации аналитических лабораторий по локальному датированию проведено U-Pb изотопное и геохимическое изучение пробы циркона BAI-2023, отобранной из продуктов разрушения гранитов рапакиви приморского комплекса в бухте Песчаная оз. Байкал (Иванов и др., 2024). Проба BAI-2023 рассматривается как потенциальный стандарт и/или контрольный эталон циркона нижнепротерозойского возраста для U-Pb датирования. Изотопно-геохронологические характеристики, предоставленных цирконов (рисунок 11), находятся на конкордии в согласии с опубликованной ID-TIMS датировкой 1859 ± 16 млн лет (Донская и др., 2003).

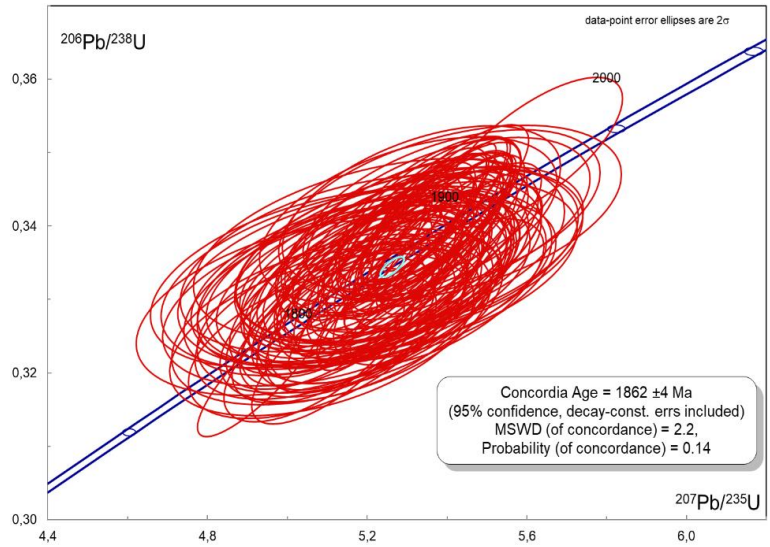

Рисунок 11 – Конкордантный возраст цирконов пробы BAI-2023, измеренных в ЦКП «Геоспектр» ГИН СО РАН

Иванов А.В., Ефремова У.С., Брянский Н.В., Каримов А.А., Михеева Е.А., Демонтерова Е.И., Гладкочуб Е.А., Дубенский А.С., Ерофеева К.Г., Хубанов В.Б., Семенова Д.В., Карпов А.В., Родионов Н.В., Лепехина Е.Н., Ларионов А.Н., Вотяков С.Л., Червяковская М.В., Червяковский В.С., Панкрушина Е.А., Булатов В.А., Чебыкин Н.С., Мандрыгина Д.А. *Циркон BAI-2023 из раннепротерозойских гранитов рапакиви приморского комплекса, Западное Прибайкалье: потенциальный стандарт для U-Pb датирования локальными методами // Минералы: строение, свойства, методы исследования. – 2024. – № 14. – 58 с.*

6.2. Получены новые геохронологические данные с помощью U-Pb изотопного LA-ICP-MS метода. Они позволили установить возрастное положение вулканогенных, метаморфических и осадочных комплексов, выявить главные этапы орогенеза и эволюции осадочных бассейнов Забайкалья, Прибайкалья, Восточного Саяна, Западной Сибири, Южного Тимана и Полярного Урала (Гракова и др., 2024; Латышев и др., 2024; Мотова и др, 2024; Пыстин и др., 2024; Соболева и др., 2024; Уляшева и др., 2024; Хубанов и др., 2024; Юдин и др., 2024).

7. Типохимизм слюд щелочных пород Восточного Саяна

7.1. В отчетном году продолжено изучение состава слюд из макрокристовых и мелкопорфировых айликитов Ярминской зоны Урикско-Ийского грабена и гидротермально измененных ийолитов и щелочного сиенита Среднезиминского ийолит-сиенит-карбонатитового массива (Восточный Саян). Исследования проводились на растровом электронном микроскопе LEO-1430VP (Carl Zeiss, Германия) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350 (Oxford Instruments, Великобритания) в ЦКП «Геоспектр» ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ).

Выделены четыре типа слюды. Слюда первого типа, присутствующая в макрокристовых айликитах, представлена деформированными макрокристаллами богатого TiO_2 (2.5 – 5.7 мас. %) флогопита с варьирующимся содержанием Cr_2O_3 (от 0 до 2.0 мас. %). По химическому составу этот флогопит соответствует вторичному флогопиту из мантийных ксенолитов и, вероятно, был захвачен протоайликитовым расплавом из пород литосферной мантии.

Слюда второго типа представлена флогопитом из основной массы и более редких вкрапленников в мелкопорфировых айликитах, а также из основной массы в макрокристовых айликитов. Содержание TiO_2 в этом флогопите варьируется в разных дайках от 0.7 до 6.0 мас. %. Кристаллизация флогопита происходила в условиях верхней коры в диапазоне от 840 до 680 °C.

Слюда третьего типа представлена биотитом, образующим каймы вокруг флогопита и самостоятельные зерна в мелкопорфировых, а иногда и в макрокристовых айликитах. Каймы кристаллизовались из остаточного обогащенного железом расплава, температура образования биотита составляла 700–760 °C.

Слюда четвертого типа присутствует в макрокристовых айликитах и представлена биотитом с каймами флогопита [Савельева и др., 2024].

7.2. Получены новые данные, расширяющие представление об условиях образования богатого Ba мусковита (рисунок 12) в природе. В магматических породах благоприятными факторами для его образования являются: 1) обогащенность исходных расплавов барием; 2) широкое проявление процессов постмагматического замещения, способствующих извлечению ионов Ba^{2+} из кристаллических решеток минералов магматического этапа и переходу их в раствор; 3) восстановительные условия, обусловливающие стабильность сульфидов и препятствующие образованию барита на постмагматическом этапе; 4) нестабильная тектоническая обстановка во время

становления интрузивных тел, благоприятная для миграции флюидов и растворов, переносящих барий [Савельева и др., 2024].

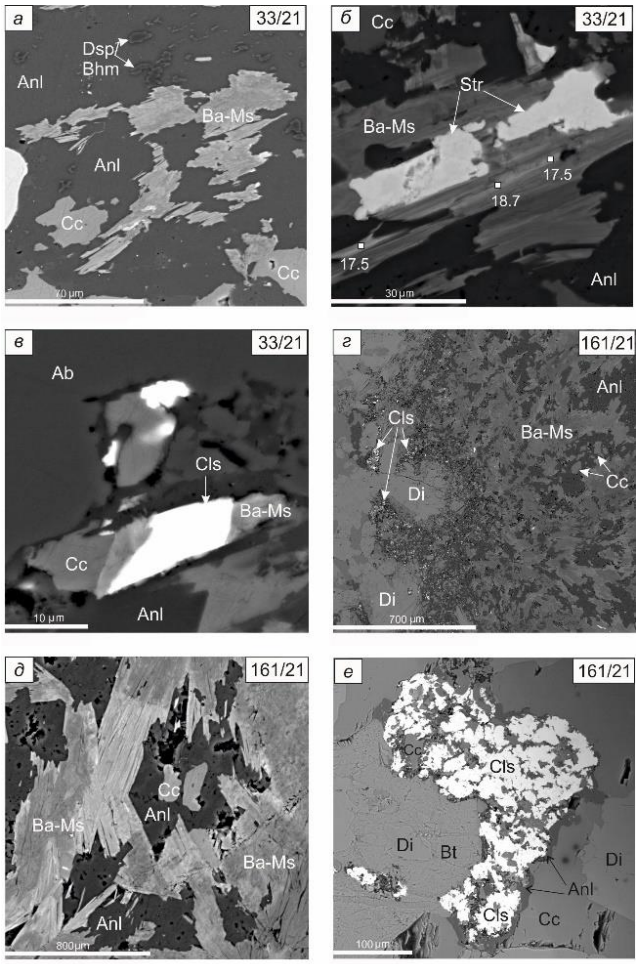

Рисунок 12 – Взаимоотношения минералов в ийолитах: *а* – зерна Ba-содержащего мусковита, обогащенные Ba по краям (светлые участки) в ассоциации с анальцимом, диаспором/бёмитом и кальцитом; *б* – послойное обогащение Ba в мусковите, цифрами показано содержание BaO, мас. %; *в* – цельзиан в ассоциации с Ba-содержащим мусковитом; *г* – слюдисто-анальцимовое обособление среди диопсида; *д* – зональные зерна богатого Ba мусковита в центре лейкократового обособления среди диопсида; *е* – цельзиан в ассоциации с анальцимом и кальцитом среди диопсида и биотита. Ab – альбит, Acel – алюминоселадонит, Anl – анальцим, Ba-cel – бариевый селадонит, Ba-Ms – барийсодержащий мусковит, Bhm – бёмит, Brt – барит, Bt – биотит, Cc – кальцит, Cls – цельзиан, Di – диопсид, Dsp – диаспор, Gtr – гантерит, Kfs – калиевый полевой шпат, Ms – мусковит, Ntr – натролит, Or – ортоклаз, Str – стронцианит

Савельева В.Б., Данилов Б.С., Базарова Е.П., Хромова Е.А., Данилова Ю.В. *Барийсодержащие слюды ряда мусковит-гантерит из щелочных пород Среднезиминского ийолит-сиенит-карбонатитового массива (Восточная Сибирь) // ЗРМО. – 2024. – Т. 153. – № 1. – С. 119-138. DOI: 10.31857/S0869605524010077*

Савельева В.Б., Данилова Ю.В., Базарова Е.П., Данилов Б.С., Хромова Е.А. *Состав слюды как отражение условий образования айликитов Зиминского комплекса (Восточная Сибирь) // Геодинамика и тектонофизика. – 2024. – Т. 15. – № 5. 0786. https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-5-0786. EDN: OAGAKW*

8. U-Pb геохронология детритовых цирконов базальных горизонтов отложений Гусиноозерской впадины (Западное Забайкалье)

Предпринята попытка с помощью датирования обломочных цирконов установить возраст питающих провинций и оценить нижний возрастной предел формирования гусиноозерской серии - одного из наиболее крупных и типоморфных для Гусиноозерской рифтовой впадины Забайкалья стратоподразделений.

Стратиграфическая схема Гусиноозерской депрессии базируется на разрезах, составленных по многочисленным буровым разведочным линиям и группам обнажений. Предшественниками для обоснования возраста использованы комплексы ископаемых пресноводных остракод, пелицепод, гастропод, спор и пыльцы, редких остатков рыб и динозавров. В итоговой схеме с учетом цирконовой детритовой геохронологии выделяются снизу галгатайская свита (J3, мощность 300-350 м, титон-оксфорд(?), 150-133(?) млн лет) и гусиноозерская серия, включающая: муртойская свита (K1, мощность до 300 м, поздний воланжин-баррем, около 133-125 млн лет), убукунская свита (K1, мощность 400-500 м, готерив, 132,6 -129,4 млн лет), селенгинская свита (K1, мощность 1000-1300 м, готерив-баррем, около 130 млн лет), хольбоджинская свита (K1, мощность более 1300 м, баррем-апт, 129.4-113 млн лет) (Скобло и др., 2001; Arzhannikova et al., 2022). Полученные предшественниками данные по U-Pb возрасту детритового циркона из базальной муртойской свиты, свидетельствуют о начале погружения бассейна не ранее 136 млн. лет (одно зерно). Более представительная выборка (3 зерна) молодых цирконов дает возраст в 150-153 млн. лет. Первая датировка лучше согласуется с биостратиграфическими данными (Arzhannikova et al., 2022). По пресноводным моллюскам возраст муртойской свиты оценивался как берриас- воланжин (около 145-139.2 млн лет) (Колесников, 1980), а по остракодам интервал расширялся до берриас-готерива (Скобло и др., 2001). Палинокомплексы селенгинской и хольбоджинской свит характеризуются позднеюрскими (переотложенными(?)) видами, тогда как остатки макрофлоры относятся к раннемеловой эпохе (Jolivet et al, 2017). Раннемеловые палинокомплексы получены из селенгинской свиты, а также из местонахождений динозавров в муртойской свите. Присутствие некоторых видов палинофлоры ограничивает нижнюю границу времени формирования этой свиты серединой нижнего воланжина (Averianov et al., 2022). Среди обломочных цирконов из селенгинской свиты есть одно зерно с датой 116 млн лет (Arzhannikova et al., 2022).

Нами проведено дополнительное датирование цирконов из: песчаников основания угленосной пачки хольбоджинской свиты (угольный горизонт №9) Хольбоджинского разреза; из риолитовой гальки конгломератов и косослоистых песчаников муртойской

свиты в местности Могойто, где описаны остатки динозавров (Averianov et al., 2022); песчаников селенгинской свиты Загустайского месторождения бурого угля. Возраст риолитов составляющих галечный материал в базальных горизонтах муртойской свиты составил 164 млн лет. По-видимому, этот возраст характеризует время формирования вулканитов ичетуйской серии, слагающих западное обрамление Гусиноозерской впадины. Цирконы из налегающих на конгломератах песчаников показали три возрастные группы: девонские (400-370 млн лет), позднепалеозойские (370-250 млн лет) и мезозойские (220-169 млн лет). Близкий спектр возрастов обнаружен для обломочных цирконов хольбоджинской свиты, за исключением того, что среди них есть зерна с возрастом 120 млн лет и 450 млн лет. Спектры возрастов цирконов из селенгинской свиты также указывают на то, что источниками сноса были магматиты с палеозой-мезозойского возраста, при этом молодые цирконы – 158 млн лет. Таким образом, наиболее молодые даты (120-116 млн лет) ограничивают начало осадконакопления гусиноозерской серии периодом не ранее аптского времени.

Юдин Д.Е., Филимонов А.В., Хубанов В.Б., Сизов А.В., Санжиев Г.Д., Хубанова А.М., Назихина Н.С. *Детритовая хронология угленосных и «динозавровых» горизонтов гусиноозерской серии (Западное Забайкалье) // Геотермохронология: методы, фундаментальные и прикладные исследования-2024. Материалы Первой всероссийской конференции с международным участием (15–18 мая 2024 г. Казань, Россия) / ИГиНГТ КФУ. – Казань. – 2024. – С. 128-130.*

9. Апатитоносные габбро-диориты Западного Забайкалья

Апатитоносные габбро-диориты широко распространены в центральной части Западного Забайкалья (рисунок 13а), однако систематических исследований строения, состава, рудоносности и условий их формирования практически не проводилось. По сути единственной обобщающей работой является монография Г.В. Андреева с соавторами, изданная в 1972 году. Единственным исключением является Ошурковский габбро-сиенитовый массив, содержащий одноименное месторождение апатита, расположенный в левом борту р. Селенги в окрестностях г. Улан-Удэ. Петрологическое изучение этого массива проводилось в конце прошлого века под руководством Б.А. Литвиновского (Litvinovsky et al., 2002), а чуть позже под руководством Г.С. Риппа (2013). В результате работы этих двух исследовательских групп Ошурковский массив детально охарактеризован, включая данные по радиогенным и стабильным изотопам и U-Pb изотопное датирование всех основных разновидностей пород плутона. Поэтому Ошурковский плутон можно рассматривать в качестве эталона апатитоносных габбро-диоритов Западного Забайкалья.

В отчетном году нами продолжено изучение вещественного состава Телегинского и Большеиркиликского апатитоносных массивов (рисунок 13 б-в). Телегинский массив расположен на восточном побережье оз. Байкал, в бассейнах ручьев Телегинский и Средний. Породы, слагающие массив представлены габбро-диоритами, габбро, пироксенитами и амфиболизированными породами. Основной разновидностью пород массива являются габбро-диориты. Габбро и пироксениты отмечаются реже. Вместе с тем стоит отметить, что согласно классификационным критериям (Middlemost, 1997) они относятся к габбро и монцогаббро (рисунок 14), как их в дальнейшем и будем называть. Пироксениты, хотя и лежат в поле габбро-перидотитов (рисунок 14), но не содержат оливина, поэтому за ними сохранено принятое предшественниками название. Минералого-петрографическая характеристика основных разновидностей пород Телегинского массива приведена в отчете за 2023 г.

Большеиркиликский массив (рисунок 13 в) находится в 35 км от г. Улан-Удэ в междуречье верховьев рек Большого Иркилика и Малого Уналея. Апатитовая минерализация, в породах массива, была установлена в 1968 гг. при маршрутных исследованиях И.В. Гордиенко, (Андреев и др., 1970, 1972). Вмещающими породами Большеиркиликского массива являются граниты, гнейсо-граниты и древние верхнепротерозойские (?) осадочно-метаморфические сланцы, гнейсы и кварциты. Среди базитовых пород массива преобладают серые и темно-серые, тонко- и мелкозернистые массивные биотитовые габброиды и монцониты.

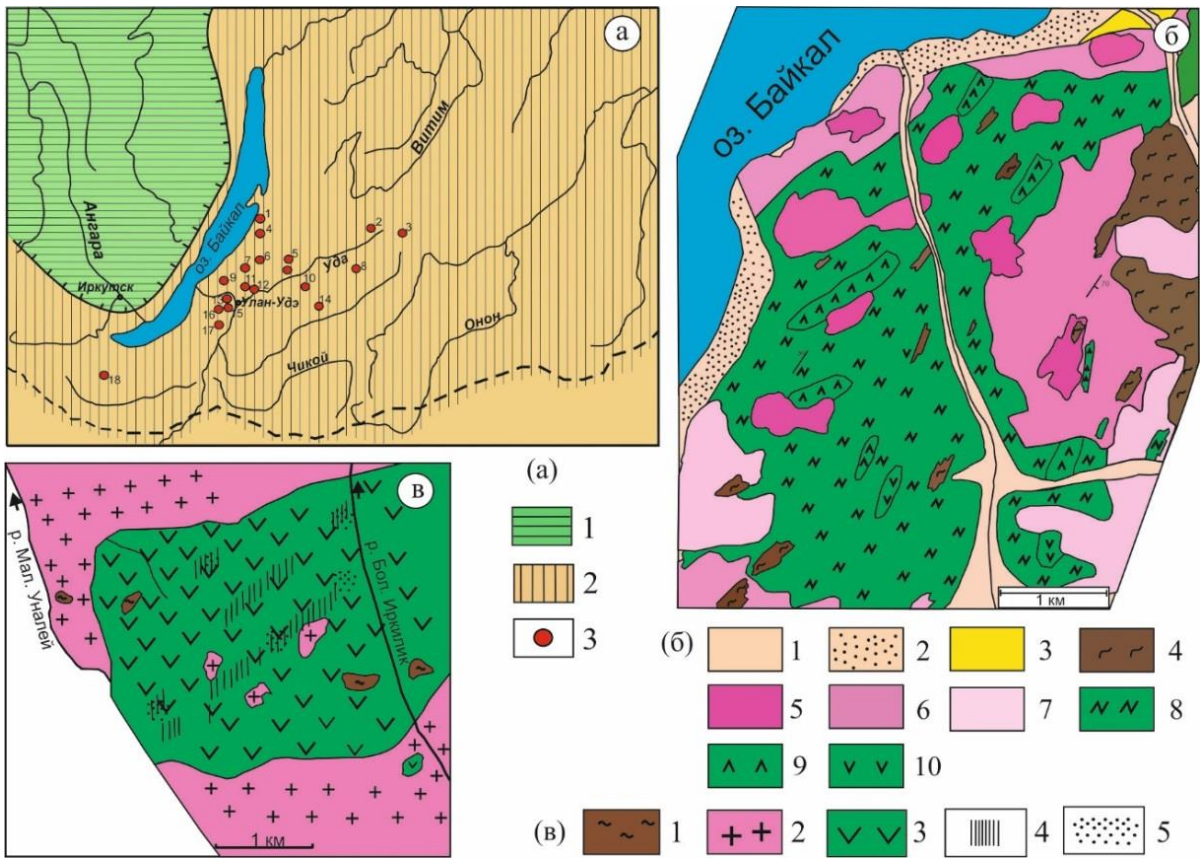

Рисунок 13 – (а) Схема размещения апатитовых месторождений и проявлений в Юго-Западном Забайкалье: 1 - Сибирская платформа; 2 - складчатая область; 3 - апатитовые месторождения и проявления, связанные с массивами габбро-диоритов: 1 - Телегинское, 2 Хангирское, 3 - Орудовское, 4 - Коточик, 5 - Ангырско-Сухарикская группа, 6 - Лапчиха, 7 - Зырянское, 8 - Сигальзы, 9 - Покровское, 10 - Халсанское, 11 - Большеиркиликское, 12 - Дабатское, 13 - Еловское, 14 - Тэндитская группа, 15 - Ошурковское, 16 - Краснояровское, 17 - Скрытое, 18 - Мыльское.

(б) Схема геологического строения Телегинского массива по (Андреев и др., 1972): 1 - современные аллювиальные отложения (пески, галечники, илы); 2 - современные озерные отложения (пески, галечники); 3 - верхнечетвертичные и современные проллювиально-делювиальные отложения; 4 - биотитовые, биотит-амфиболовые и амфиболовые гнейсы, мигматиты с прослоями мраморов (катковская свита); 5 – биотитовые лейкограниты; 6 – 7 - биотитовые гнейсовидные граниты; 8 – 9 - габбро, монцо-габбро, пироксениты Телегинского массива; 10 - амфиболиты.

(в) Схема геологического строения Большеиркиликского массива по (Андреев и др., 1972): 1 - биотитовые, биотит-хлоритовые гнейсы, сланцы, кварциты итанцинской свиты; 2 - лейкократовые и биотитовые крупно- и среднезернистые граниты и граносиениты; 3 - биотитовые, биотит-роговообманковые разнозернистые монцо-габбро, монцо-диориты и монцониты; 4 - участки развития роговообманковых крупнозернистых и пегматоидных монцонитов с пиритом, магнетитом, титаномагнетитом; 5 - участки повышенных концентраций апатита в монцонитах

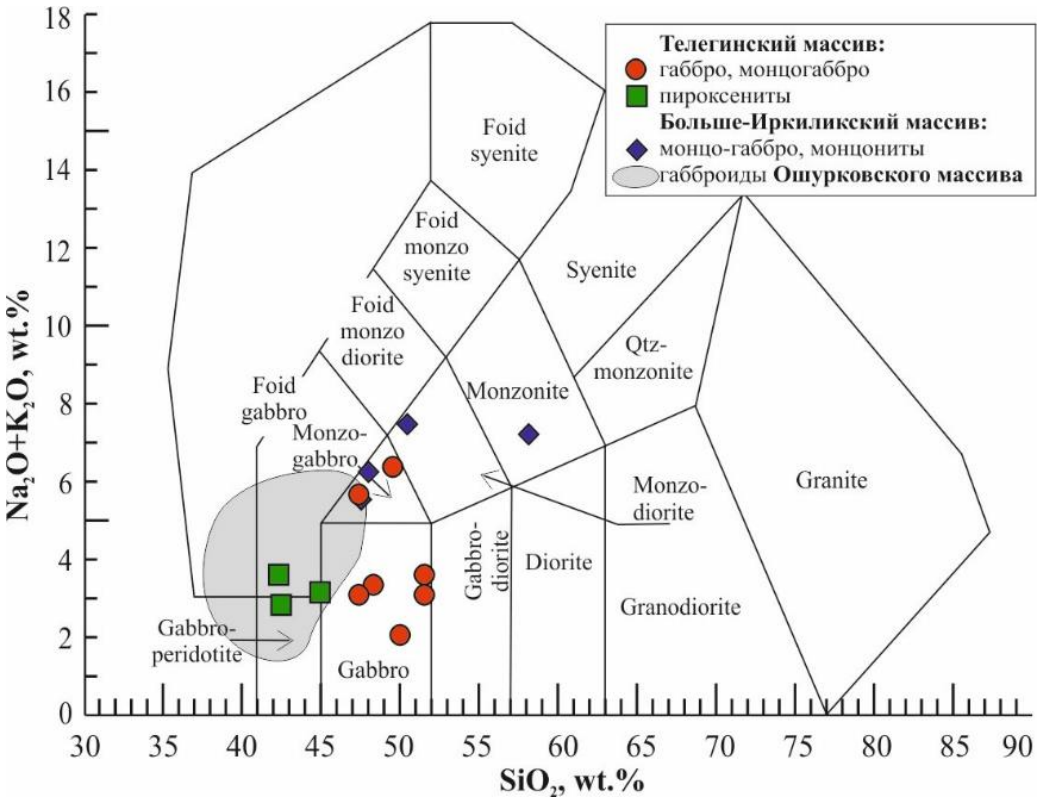

Рисунок 14 – TAS – диаграмма (Middlemost, 1997) для пород Телегинского и Большеиркиликского массивов. Серое поле – габброиды Ошурковского массива, по (Рипп и др., 2013)

Отмечаются шлировидные выделения черных роговообманковых, редко – крупнозернистых биотит-роговообманковых и пегматоидных монцонитов с повышенным содержанием апатита. Минеральный состав биотитовых монцонитов характеризуется широкими вариациями содержания плагиоклаза от 30 до 60 об. %, биотита от 15 до 35 об. % и роговой обманки от 1 - 2 до 5 – 7 об. %. Среди второстепенных минералов наиболее часто встречается калиевый полевой шпат (5 – 10 об. %) и кварц (5 – 10 об. %). Акцессорные минералы (до 1%) представлены титанитом, апатитом, магнетитом, молибденитом, титаномагнетитом.

Апатитовая минерализация в породах Большеиркиликского массива распределена не равномерно. В биотитовых монцо-диоритах количество апатита не превышает 1%, а содержание фосфора в породе 2.8 мас. % P_2O_5, в роговообманковых габбро концентрация апатита достигает 10 об. %, а фосфора от 1.5 до 4 мас. % P_2O_5. Апатит в этих породах представлен двумя генерациями: 1) ранний апатит в виде включений в плагиоклазе, роговой обманке и пироксене; 2) поздний апатит, образующий гнездообразные скопления и занимающий и интерстиции между зернами плагиоклаза и роговой обманки.

На классификационной диаграмме (рисунок 14) точки состава пород Большеиркиликского массива занимают поля монцо-габбро, монцо-диоритов и монцонитов. От петрографически близких пород Телегинского массива они отличаются

большей щелочностью и большим содержанием SiO_2. По сравнению с Ошурковскими габброидами Телегинский и Большеиркиликский массивы также отличаются повышенным содержанием SiO_2 и пониженным TiO_2 и P_2O_5, при сопоставимых концентрациях остальных петрогенных оксидов.

В составе габбро-монцонитоидов Телегинского и Большеиркиликского массивов выделяются несколько текстурных разновидностей, обычно обнаруживающих постепенные переходы, однако петрохимические характеристики пород указывают на их дискретный характер. К сожалению, крайне плохая обнаженность этих массивов не позволяет пока прояснить этот вопрос.

Геохимические характеристики основных разновидностей пород обоих массивов в сравнении с габброидами Ошурковского плутона показаны на (рисунок 15). Распределение REE в Телегинских и Большеиркиликских габброидах и монцонитах практически идентично (рисунок 15а). Более того, графики распределения REE в пироксенитах не отличаются от габброидов. Следовательно, пироксениты не являются кумулатами габброидов, однако наличие в тех и других повышенной апатиовой минерализации указывает на их вероятное генетическое родство. От Ошурковских габброидов рассматриваемые массивы отличаются заметно более низким суммарным содержанием лантаноидов, главным образом за счет LREE.

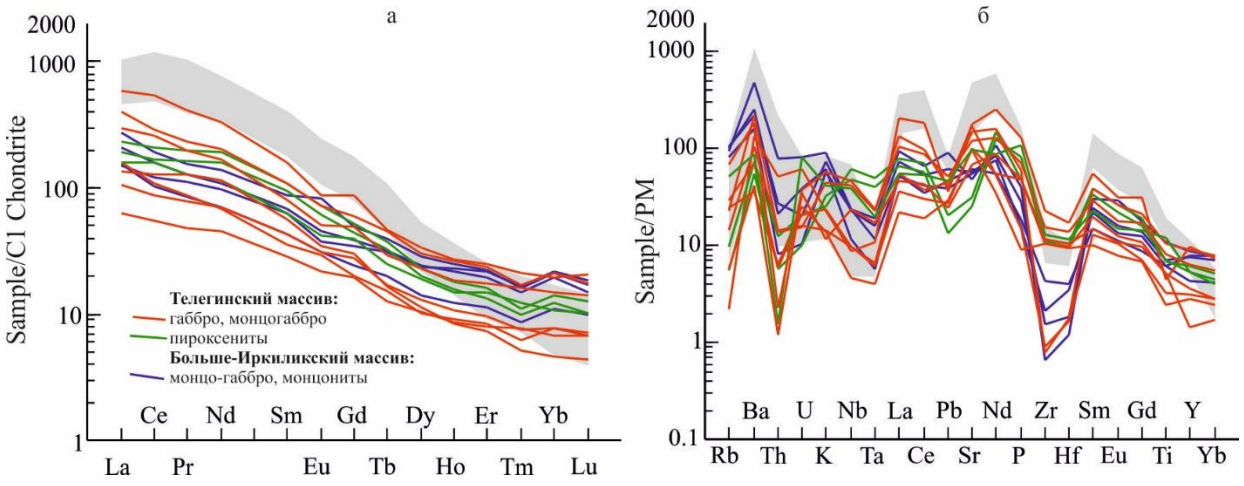

Рисунок 15 – Нормированное по хондриту (Sun, McDonough, 1989) распределение REE (а) и нормированное по примитивной мантии (Palme, O'Neill, 2003) распределение рассеянных элементов в породах Телегинского и Большеиркиликского массивов. Серое поле – габброиды Ошурковского массива (Рипп и др., 2013)

Спайдердиаграмма нормированного по примитивной мантии распределения рассеянных элементов (рисунок 15б) демонстрирует пилообразный характер с отрицательными аномалиями Th, Nb, Ta, Zr и Hf. В целом следует отметить

обогащенность пород Ba и Sr при низких Rb и Zr. Характер распределения рассеянных элементов в рассматриваемых массивах аналогичен Ошурковским габброидам при меньших абсолютных содержаниях L-M-REE, Ba, Sr и P.

Изотопный состав кислорода в пироксене, плагиоклазе, амфиболе и апатите из пироксенитов и габброидов Телегинского массива варьирует от 3.4 до 8.5 ‰ $\delta^{18}O$ V-SMOW, но в целом близок к «мантийным» значениям (сред. 6.3 ‰). Пониженная величина $\delta^{18}O$ в апатите (3.4 – 4.1 ‰) может быть связана с постмагматическими процессами, а повышенная в полевом шпате (до 8.5 ‰) с фракционированием изотопного состава кислорода в ходе кристаллизации расплава. В целом, изотопный состав кислорода в минералах из основных разновидностей пород Телегинского массива сходен с Ошурковскими габброидами.

Таким образом, полученные петро-геохимические данные свидетельствуют о том, что изученные апатитоносные массивы (Телегинский, Большеиркиликский) обладают явным сходством как между собой, так и с типоморфным Ошурковским плутоном. Все они содержат апатитовую минерализацию, однако условия концентрирования апатита могли быть разными. Все это указывает на формационную однотипность рассматриваемых образований. В пользу этого свидетельствуют не только сходная апатитовая минерализация и близость состава пород, но и относительно локализованное расположение многочисленных проявлений подобных пород в Западном Забайкалье. Вместе с тем, отсутствие изотопно-геохронологических данных, кроме детально датированного Ошурковского массива, не позволяет с полной уверенностью рассматривать эти проявления в качестве генетически родственных образований.

Ласточкин Е.И., Рампилова М.В., Рампилов М.О. *Минеральный состав и геохимические особенности Большеиркиликского диоритового массива // Материалы VII Всероссийской Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике. – Улан-Удэ. Изд-во БГУ. – 2024. – С.63-65.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе обобщения авторских и литературных данных установлены различия в строении и составе Ангаро-Витимской, Хангайской, Калба-Нарымской и Колымской гранитоидных провинций (Silicic Large Igneous Provinces - SLIPs). Установлено, что эти различия обусловлены строением и структурой догранитного фундамента, масштабом теплового воздействия и вещественного вклада мантийных магм. Показано, что вещественный вклад реализуется через различные механизмы смешения магм наиболее эффективным из которых является смешение на глубинном уровне. Гетерогенный изотопный состав гранитоидов обусловлен смешением коровых расплавов, образованных за счет плавления разных источников. Металлогения SLIPs определяется величиной эрозионного среза и типом коровых протолитов от степени метаморфизма которых зависит исходное флюидосодержание салических магм. Формирование SLIPs не субдукционного генезиса связано с воздействием мантийных магм на разогретую кору молодых орогенных областей, где тектонические процессы завершились не более первых десятков миллионов лет назад.

2. Выполнено обобщение Sm-Nd изотопных данных по позднепалеозойским гранитоидам и ассоциирующим мафическим породам Ангаро-Витимского батолита. Предложена модель, согласно которой изотопная гетерогенность гранитоидов сформировалась за счет плавления ограниченного количества максимально контрастных по изотопному и литологическому составу протолитов: палеопротерозойскй континентальной коры с $\varepsilon Nd(T) \approx -20 \div -22$ и T(DM-2) = 2.9 – 2.5 Ga и неопротерозойских мафических гранулитов повышенной калиевой щелочности, обогащенных ювенильным компонентом ($\varepsilon Nd(T) \approx -3.0$; T(DM-2) = 1.2 – 1.3 Ga).

3. На примере крупной минглинг-дайки Восточного Казахстана, в пространстве и времени ассоциирующей с гранитоидами Калбо-Нарымского батолита, установлено, что дайка образовалась в результате последовательного внедрения базитового и салического расплавов в одну и ту же трещину. Внедрение салического (граносиенитового) расплава произошло до полной консолидации базитовой дайки. Захват салическим расплавом мафических включений произошел вероятно на пути магмы к поверхности, возможно в результате пересечения магмопроводников. Кроме механического захвата фрагментов базитового расплава (mingling) имело место химическое взаимодействие двух магм (mixing) результатом которого стали гибридные монцониты, образование которых вероятно происходило на уровне консолидации дайки, чему способствовало несколько факторов: а) «горячие» вмещающие калбинские граниты; б) значительная мощность

дайки, имеющей горячие краевые части; в) пониженная температура базитового расплава, состав которого в целом близок к диоритовому.

4. Детально охарактеризованы альбитизированные и гранатсодержащие сиениты Бамбуйской интрузии (Северное Прибайкалье), установлен изотопный U-Pb возраста цирконов из этих пород. Полученные данные критически важны для восстановления последовательности формирования щелочных пород этого плутона.

5. Оценены возможности приложения петрохронологического исследования детритовых цирконов из современного аллювия р. Уда и р. Баргузин Западного Забайкалья для оценки мощности коры на момент формирования центральной части Баргузинской гранитоидной провинции (Анагаро-Витимского гранитоидного батолита). Установлено, что мощность континентальной коры в период максимальной интенсивности позднепалеозойского гранитообразования в пределах центральной части Баргузинской провинции составляла около сорока километров.

6. В рамках коллаборации аналитических лабораторий по локальному датированию проведено U-Pb изотопное и геохимическое изучение цирконов, отобранных из продуктов разрушения гранитов рапакиви приморского комплекса (бухта Песчаная оз. Байкал). Цирконы из этого местонахождения рассматриваются в качестве потенциального стандарта и/или контрольного эталон циркона нижнепротерозойского возраста для U-Pb датирования. С помощью U-Pb изотопного датирования циркона LA-ICP-MS методом получены новые геохронологические данные по вулканогенным, метаморфическим и осадочным комплексам Забайкалья, Прибайкалья, Восточного Саяна, Западной Сибири, Южного Тимана и Полярного Урала.

7. Продолжено изучение состава слюд из макрокристовых и мелкопорфировых айликитов Ярминской зоны Урикско-Ийского грабена и гидротермально измененных ийолитов и щелочного сиенита Среднезиминского ийолит-сиенит-карбонатитового массива (Восточный Саян). По составу и морфологии и минеральным ассоциациям выделено четыре типа слюд, отражающих эволюцию условий минералообразования.

8. Посредством U-Pb изотопного датирования обломочных цирконов (LA-ICP-MS) установлен возраст питающих провинций и нижний возрастной предел формирования гусиноозерской серии - одного из наиболее крупных и типоморфных для Гусиноозерской рифтовой впадины Забайкалья стратоподразделения.

9. Продолжено изучение вещественного состава Телегинского и Большеиркиликского габбро-монцонитовых апатитоносных массивов. Установлено, что эти массивы обладают явным сходством как между собой, так и с типоморфным Ошурковским плутоном. Все они содержат апатитовую минерализацию, однако условия

концентрирования апатита могли быть разными. Полученные данные указывают на формационную однотипность рассматриваемых образований. В пользу этого свидетельствуют не только сходная апатитовая минерализация и близость состава пород, но и относительно локализованное расположение многочисленных проявлений подобных пород в Западном Забайкалье.

По тематике проекта опубликовано 7 статей, из них Q1- 2, Q2- 1, Q3-2 (WoS), из Белого списка 5.

Таким образом, задачи 2024 года, в целом, выполнены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Arzhannikova A.V., Demonterova E.I., Sizov A.V., Jolivet M., Mikheeva E.A., Ivanov A.V., Arzhannikov S.G., Khubanov V.B. Early cretaceous topographic evolution associated with the collapse of the Mongol-Okhotsk orogen in Western Transbaikalia: an integrated analysis // International Geology Review. – 2022. DOI: 10.1080/00206814.2022.2139296

Averianov, A.O., Sizov, A.V., Grigoriev, D.V., Pestchevitskaya, E. B., Vitenko, D.D., and Skutschas, P.P. New data on dinosaurs from the Lower Cretaceous Murtoi formation of Transbaikalia, Russia // Cretaceous Research. – 2022. – Vol. 138. – P. 105287. doi: 10.1016/j.cretres.2022.105287

Collins W. J., Richards S. R., Healy B. E. et al. Origin of heterogeneous mafic enclaves by two-stage hybridisation in magma conduits (dykes) below and in granitic magma chambers // Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences. – 2000. – N 91. – P. 27-45.

Doroshkevich A.G., Ripp G.S., Izbrodin I.A., Savatenkov V.M. Alkaline Magmatism of the Vitim Province, West Transbaikalia, Russia: Age, Mineralogical, Geochemical and Isotope (O, C, D, Sr and Nd) Data // Lithos. – 2012. – Vol. 152. – P. 157–172. DOI: 10.1016/j.lithos.2012.05.002

Izbrodin I., Doroshkevich A., Rampilov M., Elbaev A., Ripp G. Late Paleozoic alkaline magmatism in Western Transbaikalia, Russia: Implications for magma sources and tectonic settings // Geoscience Frontiers. – 2020. – Vol. 11. – N 4. – P. 1289–1303.

Izbrodin I.A., Doroshkevich A.G., Rampilov M.O., Lastochkin E.I., Savatenkov V., Posokhov V., Khubanov V., Redina A.A. Age and petrogenesis of scapolite gabbro from the Bambuy intrusion (Vitim plateau, Russia) and their tectonic significance // International Journal of Earth Sciences. – 2022. – Vol. 111 (6). – P. 1859–1883.

Jahn B.M., Litvinovsky B.A., Zanvilevich A.N., Reichow M. Peralkaline granitoid magmatism in the Mongolian-Transbaikalian Belt: evolution, petrogenesis and tectonic significance // Lithos. – 2009. – Vol. 113. – P. 521–539. DOI: 10.1016/j.lithos.2009.06.015

Jolivet, M., Arzhannikova, A., Frolov, A., Arzhannikov, S., Kulagina, N., Akulova, V., and Vassallo, R. Late Jurassic – Early Cretaceous paleoenvironment evolution of the Transbaikal basins (SE Siberia): Implications for the Mongol-Okhotsk orogeny // Bulletin – Societie Geologique de France. – 2017. – Vol. 188. – N 1–2, P. 9. 10.1051/bsgf/2017010

Khromykh S.V., Vishnevskiy A.V., Kotler P.D., et al. The Kalba batholith dyke swarms (Eastern Kazakhstan): Mafic magmas effect on granite formation // Lithos. – 2022. – P. 426-427. doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106801

Kotler P., Khromykh S., Kruk N. et al. Granitoids of the Kalba batholith, Eastern Kazakhstan: U–Pb zircon age, petrogenesis and tectonic implications // Lithos. – 2021. – P. 388-389. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106056

Litvinovsky A.B., Jahn B-M., Zanvilevich A.N., Shadaev M.G. Crystal fractionation in the petrogenesis of an alkali monzodiorite-syenite series: the Oshurkovo plutonic sheeted complex, Transbaikalia, Russia // Lithos. – 2002. – Vol. 64. – P. 97-130.

Litvinovsky B.A., Tsygankov A.A., Jahn B.M., Katzir Y., Be'eri-Shlevin Y. Origin and Evolution of Overlapping Calc-Alkaline and Alkaline Magmas: The Late Paleozoic Post-Collisional Igneous Province Transbaikalia (Russia) // Lithos. – 2011. – Vol. 125. – N 3–4. – P. 845–874. DOI: 10.1016/j.lithos.2011.04.007

Palme H., O'Neill H.St.C. Cosmochemical Estimates of Mantle Composition // Treatise on geochemistry. Elsevier Ltd. – 2003. – P. 1–38.

Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Magmatism in the oceanic basins (Saunders A.D., Norry M.J. Eds.) Geological Society Special Publications. – 1989. – Vol. 42. – P.313-345.

Tang, M., et al. Reconstructing crustal thickness evolution from europium anomalies in detrital zircons // Geology. – 2020. – Vol. 49. – P. 76–80. https://doi.org/10.1130/G47745.1

Андреев Г.В., Гордиенко И.В., Кузнецов А.Н. Генетические типы апатитовых месторождений и проявлений центральной Бурятии // Материалы по минералогии, геохимии и петрографии Забайкалья. – Улан-Удэ. – 1970. – С. 10-11.

Андреев Г.В., Гордиенко И.В., Кузнецов А.Н., Кравченко А.И. Апатитоносные диориты Юго-Западного Забайкалья. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во. –1972. – 157 с.

Будаев Р.Ц., Коломиец В.Л. Осадочные толщи Гусиноозерско-Удинской ветви межгорных впадин Западного Забайкалья в неоплейстоцене (литология, генезис и палеогеография) // Отечественная геология. – М., – 2013. – № 3. – С. 47-54.

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А., Хубанов В.Б. Петрогенезис комбинированных даек в гранитоидах Западного Забайкалья // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 1. – С. 23–48.

Донская Т.В., Бибикова Е.В., Мазукабзов А.М., Козаков И.К., Гладкочуб Д.П., Кирнозова Т.И., Плоткина Ю.В., Резницкий Л.З. Приморский комплекс гранитоидов Западного Прибайкалья: геохронология, геодинамическая типизация // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44(10). – С. 1006–1016.

Дорошкевич А.Г. Петрология карбонатитовых и карбонатсодержащих щелочных комплексов Западного Забайкалья: Автореф. дис…. д.г.-м.н. – Улан-Удэ. – 2013. – 40 с.

Дорошкевич А.Г., Рипп Г.С., Избродин И.А., Сергеев С.А., Травин А.В. Геохронология Гулхенского массива Витимской щелочной провинции, Западное Забайкалье // ДАН. – 2014. – Т. 457. – № 6. – С. 687–689.

Дорошкевич А.Г., Рипп Г.С., Сергеев С.А., Конопелько Д.Л. U-Pb (SHRIMP II) геохронология Мухальского щелочного массива, Западное Забайкалье // Геология и Геофизика. – 2012. – Т. 53. – № 2. – С. 169–174.

Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Малютина А.В., Семенова Д.В., Радомская Т.А., Крук М.Н., Прокопьев И.Р., Старикова А.Е., Рампилов М.О. Геохронология пород щелочного массива Бурпала (Северное Прибайкалье): новые U-Pb данные // Геодинамика и тектонофизика. – 2024. – Т. 15. – № 1. – С. 0741. DOI: 10.5800/GT-2024-15-1-0741

Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Рампилов М.О., Рипп Г.С., Ласточкин Е.И., Хубанов В.Б., Посохов В.Ф., Владыкин Н.В. Возраст и минералогические и геохимические параметры пород Китайского щелочного интрузии (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58. – № 8. – С. 903–921. DOI: 10.1016/j.rgg.2017.07.002

Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Хубанов В.Б., Рампилов М.О., Ласточкин Е.И. Возраст щелочных пород Бамбуйского массива (Витимское плоскогорье) // Материалы V Всероссийской молодежной научной конференции «Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике». – 2019. – С. 37–38.

Колесников Ч. М. Система, стратиграфическое распределение, зоогеография мезозойских лимнических двустворчатых моллюсков СССР // Лимнобиос древних озерных бассейнов Евразии. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние. – 1980. – С. 9–65.

Ласточкин Е.И., Рипп Г.С., Орсоев Д.А., Бадмацыренова Р.А., Хубанов В.Б. Оценка комагматичности габброидов и сиенитов Арсентьевского массива (Западное Забайкалье) // Литосфера. – 2018. – № 4. – С. 566–573. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-4-566-573

Рипп Г.С., Избродин И.А., Ласточкин Е.И. и др. Ошурковский базитовый плутон: хронология, изотопно-геохимические и минералогические особенности, условия образования. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео». – 2013. – 163 с.

Скобло В. М., Лямина Н. Ам Руднев А. Ф., Лузина И. В. Континентальный верхний мезозой Прибайкалья и Забайкалья (стратиграфия, условия осадконакопления, корреляции). – Новосибирск: Издательство СО РАН. – 2001. – 332 с.

Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М., Рейков М., Лю Д.И., Ларионов А.Н., Пресняков С.Л., Лепехина Е.Н., Сергеев С.А. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. –№ 9. – С. 1249–1276.

Цыганков А.А., Хубанов В.Б., Травин А.В., Лепехина Е.Н., Бурмакина Г.Н., Анциферова Т.Н., Удоратина О.В. Позднепалеозойские габброиды Западного Забайкалья: U-Pb и Ar-Ar изотопный возраст, состав, петрогенезис // Геология и Геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 5. – С. 1005–1027.

Ярмолюк В.В., Кузьмин М.И., Козловский А.М. Позднепалеозойский—раннемезозойский внутриплитный магматизм Северной Азии: траппы, рифты, батолиты-гиганты и геодинамика их формирования // Петрология. –2013. – Т. 21. – № 2. – С. 115–142.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования (Web of Science, Scopus, MathSciNet, Российский индекс научного цитирования, Google Scholar, European Reference Index for the Humanities и др.) по проекту за 2024 год:

Antipin V.S., Kushch L.V., Odgerel D., Sheptyakova N.V., Khubanov V.B., Belozerova O.Yu. Late Mesozoic rare-metal granites, pegmatites, and greisens of Mongolia: age, mineralogy, geochemistry, ore potential, and petrogenesis // Russian Geology and Geophysics. – 2024. DOI: 10.2113/rgg20244756

Ashchepkov I.V., Tsygankov A.A., Burmakina G.N., Karmanov N.S., Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Ailow Y. Thermal state and nature of the lower crust in the Baikal Rift Zone: Insight from xenoliths of Cenozoic and Paleozoic magmatic rocks // Geosystems and Geoenvironment 3 (2024) 100305 https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100305

Ashchepkov, I., Tsygankov, A., Burmakina, G., Rasskazov, S., Ailow, Y., and Karmanov, N. Thermal state and nature of the low crust in the Baikal Rift zone according to the lower crust xenoliths of Cenozoic volcanics and Paleozoic magmas., EGU General Assembly. 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-1231, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-1231, 2024

Doroshkevich A.G., Savatenkov V.M., Izbrodin I.A., Prokopyev I.R., Kruk M.N., Izokh A.E., Nosova A.A. Petrology and source characteristics of the Arbarastakh alkaline ultramafic carbonatite-phoscorite complex, the Aldan-Stanovoy Shield // Lithos. – 2024. – V. 464–465. – P. 107458. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107458

Izbrodin I.A., Doroshkevich A.G., Malyutina A.V., Semenova D.V., Radomskaya T.A., Kruk M.N., Prokopyev I.R., Starikova A.E., Rampilov M.O. Geochronology of Alkaline Rocks from the Burpala Massif (Northern Pribaikalye): New U-Pb Data // Geodynamics & Tectonophysics. – 2024. – V. 15. – N 1. DOI: 10.5800/GT-2024-15-1-0741

Kruk M.N., Doroshkevich A.G., Prokopyev I.R., Izbrodin I.A. Chemical evolution of major and minor minerals in rocks of the Arbarastakh complex (Aldan shield, Republic of Sakha, Yakutia) // Geosystems and Geoenvironment. – 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100271

Malyutina A.V., Doroshkevich A.G., Zhukova I.A., Prokopyev I.R. Variations in mineral composition and the weathering crust zoning of the REE-Nb Chuktukon deposit

(Chadobetsky uplift, Krasnoyarsk region) // Geochemistry. – 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemer.2024.126210

Motova Z.L., Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Khubanov V.B. U-Pb ages of detrital zircons and composition of clastic sedimentary rocks from the southern periphery of the Siberian craton: implications for the Earliest Cambrian evolution of Southern Siberia // Journal of Asian Earth Sciences. – 2024. – Vol. 264. DOI: 10.1016/j.jseaes.2024.106048

Naimark E.B., Sizov A.V., Khubanov V.B. Erratum to: Kimiltei is a new Late Cambrian lagerstätte with the faunistic complex of arthropods (*Euthycarcinoidae, Synziphosurina, and Chasmataspidida*) in the Irkutsk region // Doklady Earth Sciences. – 2024. –Vol. 514. – N 1. – P. 207. DOI: 10.1134/s1028334x23070322

Nugumanova Ya.N., Doroshkevich A., Kalugina A., Chebotarev D., Izbrodin I., Hou T. Age and composition of perovskite in ultramafic lamprophyres from the Zima alkaline-ultramafic carbonatite complex, the southern margin of the Siberian craton: Petrogenetic implications // Geochemistry. – 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemer.2024.126159

Nugumanova Y., Doroshkevich A., Starikova A., Garcia J. Composition of olivines and spinel group minerals in aillikites from the Bushkanay dike, South Siberian Craton: Insights into alkaline melt sources and evolution // Geosystems and Geoenvironment. – 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2023.100247

Prokopyev I.R., Doroshkevich A.G., Varchenko M.D., Semenova D.V., Izbrodin I.A., Kruk M.N. Mineralogy and Zircon Age of Carbonatites of the Srednyaya Zima Complex (Eastern Sayan) // Geodynamics & Tectonophysics. – 2024. – Vol. 15. – N 2. DOI: 10.5800/GT-2024-15-2-0749

Pystin A.M., Grakova O.V., Pystina Yu.I., Khubanov V.B., Popvasev K.S., Kushmanova E.V., Potapov I.L. Age boundary of the upper precambrian basal rocks of the Polar Urals: results of U–Pb (LA-ICP-MS) dating of zircon // Doklady Earth Sciences. – 2024. – Vol. 514. – N 1. – P. 1-4. DOI: 10.1134/s1028334x2360247x

Tsygankov, A., Ashchepkov, I., and Galina, B. The influence of the Siberian plume to the formation of Angaro-Vitim batholiths, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-3630, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3630. – 2024.

Tsygankov A.A, Burmakina G.N., and Kotler P.D. Petrogenesis of Granitoids from Silicic Large Igneous Provinces (Central and Northeast Asia) // Petrology. – 2024. – Vol. 32. – N 6. – P. 772–803. DOI: 10.1134/S086959112470022X

Tsygankov A.A., Burmakina G.N., Khubanov V.B., Ukraintsev A.V., Guslyakov N.D. Nd isotope systematics of Late Paleozoic granitoids from the Western Transbaikalia

(Russia): Petrological consequences and plume model testing // Geosystems and Geoenvironment (2024). DOI: https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100266

Ulyasheva N.S., Shuyskiy A.S., Khubanov V.B. The Kharbei amphibolite–gneiss complex (Polar Urals): P–T evolution and results of U–Pb LA-ICP-MS isotopic study of metamorphic zircon // Doklady Earth Sciences. – 2024. – Vol. 518. – N 1. – P. 1489-1497. DOI: 10.1134/S1028334X24602761

Абрамов Б.Н., Калинин Ю.А., Боровиков А.А., Посохов В.Ф., Реутский В.Н. Амазарканское золоторудное месторождение: условия формирования, источники рудного вещества (Восточное Забайкалье) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 10. – С. 56–70. DOI:10.18799/24131830/2024/10/4452

Дамдинов Б.Б., Хубанов В.Б., Горячев Н.А., Дамдинова Л.Б., Извекова А.Д. Состав и возраст необычных циркон титаномагнетитовых руд Третьяковского золото флюоритового месторождения (Западное Забайкалье) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2024. – Т. 514. – № 2. – С. 237-245. DOI: 10.31857/S2686739724020069

Горюнова В.О., Прокопьев И.Р., Дорошкевич А.Г., Старикова А.Е., Проскурнин В.Ф., Салтанов В.А. Редкоземельный состав флюоритов как индикатор генезиса карбонатитов Центральной Тувы и Восточного Таймыра // Геосферные исследования. – 2024. – № 3. – С. 10–20. DOI: 10.17223/25421379/32/2

Гракова О.В., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б. U/Pb-возраст и источники сноса обломочного циркона из верхнерифейских песчаников Немской возвышенности (Южный Тиман) // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2024. – № 3 (69). – С. 76-86. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-3-76-86

Зубакова Е.А., Дорошкевич А.Г., Шарыгин В.В. Особенности состава клинопироксена и апатита из пироксенитового массива Укдуска (Алдано-Становой щит, Якутия) // Геосферные исследования. – 2024. – № 3. – С. 42–51. DOI: 10.17223/25421379/32/5

Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Изох А.Э., Летникова Е.Ф., Иванов А.В. Возраст и петрогенез долеритов р. Мара (Присаянский краевой выступ фундамента южной части Сибирского кратона) // Геодинамика и тектонофизика. – 2024. – Т. 15. – № 5. DOI: https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-5-0789

Малютина А.В., Дорошкевич А.Г., Старикова А.Е., Избродин И.А., Прокопьев И.Р., Радомская Т.А., Крук М.Н. Особенности состава темноцветных

породообразующих минералов в породах щелочного массива Бурпала (Северное Прибайкалье) // Геология и геофизика. – 2024. - № 6. *DOI: 10.15372/GIG2024161*.

Нугуманова Я.Н., Дорошкевич А.Г., Старикова А.Е., Пономарчук А.В. Состав флогопита из ультраосновных лампрофиров как индикатор условий образования (зиминский щелочно-ультраосновный карбонатитовый комплекс, юг Сибирского кратона) // Геология и геофизика. – 2024. – Т. 65. – № 11. – С. 1514—1534. DOI: 10.15372/GiG2024131

Попвасев К.С., Пыстин А.М., Гракова О.В., Пыстина Ю.И., Кушманова Е.В., Хубанов В.Б. Кварциты хобеинской свиты Приполярного Урала: вещественный состав, возрастные ограничения и возможные источники сноса терригенного материала // Литосфера. – 2024. – Т. 24. – № 3. – С. 507-525. DOI: 10.24930/2500-302X-2024-24-3-507-525

Смирнова Ю.Н., Куриленко А.В., Дриль С.И., Хубанов В.Б. Источники верхнепротерозойских терригенных отложений северо-западной части Аргунского массива, Центрально-Азиатский складчатый пояс: результаты U-Th-Pb геохронологических и Sm-Nd изотопно-геохимических исследований // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2024. – Т. 32. – № 3. – С. 3-31. DOI: 10.31857/S0869592X24030017

Смирнова Ю.Н., Куриленко А.В., Хубанов В.Б., Дриль С.И. Источники и палеогеодинамическая обстановка накопления терригенных отложений нижнекембрийской быстринской свиты Аргунского массива // Тихоокеанская геология. – 2024. – Т. 43. – № 2. – С. 40-58. DOI: 10.30911/0207-4028-2024-43-2-40-58

Соболева А.А., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б. Рубеж Тиманского и Уральского циклов тектонической эволюции: результаты датирования детритового циркона из базальных горизонтов нижнепалеозойского синрифтового комплекса Полярного Урала, сводка опубликованных данных о возрасте магматических пород // Геодинамика и тектонофизика. – 2024. – Т. 15. – № 2. DOI: 10.5800/GT-2024-15-2-0755

Уляшева Н.С., Шуйский А.С., Хубанов В.Б. Амфиболиты харбейского метаморфического комплекса (Полярный Урал): геохимические и геохронологические данные // Геосферные исследования. – 2024. – № 2. – С. 37-52. DOI: 10.17223/25421379/31/2

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Котлер П.Д. Петрогенезис гранитоидов крупных салических изверженных провинций (Центральная и Северо-Восточная Азия) // Петрология. – 2024, – Т. 32. – № 6. – С. 679–709. DOI: 10.31857/S0869590324060025

Все остальные издания

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А., Гусляков Н.Д. Мафические включения в гранитоидах ангаро-витимского батолита (Саяно-Байкальская складчатая область), как отражение постколлизионного плюм-литосферного взаимодействия // II Всероссийская конференция «Добрецовские чтения: наука из первых рук». – Новосибирск. – 2024. – С. 35-37.

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А., Трофимов А.В., Гусляков Н.Д. Гибридизация магм (mixing) в комбинированных дайках Восточного Казахстана как отражение динамики мантийно-корового взаимодействия // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). – Иркутск, – 2024. – С. 26-29.

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А, Хромых С.В. Комбинированные дайки Восточного Казахстана: возраст, петрогензис // LV (55) ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ, Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. – Москва. – 2024. – С. 61-65.

Гракова О.В., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б. U/Pb-возраст, строение и источники сноса обломочного циркона из верхнерифейских метапесчаников немской возвышенности (Южный Тиман) // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 24-27.

Иванов А.В., Ефремова У.С., Брянский Н.В., Каримов А.А., Михеева Е.А., Демонтерова Е.И., Гладкочуб Е.А., Дубенский А.С., Ерофеева К.Г., Хубанов В.Б., Семенова Д.В., Карпов А.В., Родионов Н.В., Лепехина Е.Н., Ларионов А.Н., Вотяков С.Л., Червяковская М.В., Червяковский В.С., Панкрушина Е.А., Булатов В.А., Чебыкин Н.С., Мандрыгина Д.А. Циркон BAI-2023 из раннепротерозойских гранитов рапакиви приморского комплекса, Западное ПрибайкальЕ: потенциальный стандарт для U-Pb датирования локальными методами // Минералы: строение, свойства, методы исследования. – 2024. – № 14. – С. 58.

Латышев А.В., Хотылев А.О., Хубанов В.Б., Панченко И.В., Куликов П.Ю., Смирнова М.Е. Новые данные о возрасте образований доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты по результатам U-Pb датирования детритовых цирконов // Геотермохронология: методы, фундаментальные и прикладные исследования-2024. Материалы Первой всероссийской конференции с международным участием (15–18 мая 2024 г. Казань, Россия) / ИГиНГТ КФУ. – Казань. – 2024. – С. 63-65.

Мотова З.Л., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Иванов А.В., Брянский Н.В., Хубанов В.Б. Эволюция юга сибири по результатам U-Pb LA-ICP-MS исследований детритовых цирконов из пород мотской серии позднего венда – раннего кембрия // Геотермохронология: методы, фундаментальные и прикладные исследования-2024. Материалы Первой всероссийской конференции с международным участием (15–18 мая 2024 г. Казань, Россия)/ИГиНГТ КФУ. – Казань. – 2024. – С. 77-80.

Пыстин А.М., Кушманова Е.В., Хубанов В.Б. Эклогиты неркаюского метаморфического комплекса (Приполярный Урал): первые результаты U-Pb датирования циркона // В сборнике: Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024. Материалы LV Тектонического совещания. – Москва. – 2024. – С. 111-114.

Пыстин А.М., Пыстина Ю.И., Гракова О.В., Потапов И.Л., Попвасев К.С., Кушманова Е.В., Хубанов В.Б. Стратифицированные комплексы докембрия Приполярного и Полярного Урала: возрастные ограничения, источники сноса терригенных образований и проблемы корреляции // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 63-65.

Соболева А.А., Андреичев В.Л., Хубанов В.Б., Цыбульская А.Е., Кремер И.О. Результаты U-Pb (LA-ICP-MS)-датирования детритового циркона из верхнедокембрийских отложений южной части Тимана // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 97-100.

Соболева А.А., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б. Синрифтовые раннепалеозойские песчаники Полярного Урала: предполагаемые источники детритового циркона // В сборнике: Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы. Материалы V Всероссийской конференции с участием иностранных ученых, посвященной памяти академика Н.А. Логачева в связи с 95-летием со дня рождения. – Иркутск. – 2024. – С. 159-161.

Уляшева Н.С., Шуйский А.С., Серов П.А., Травин А.В., Хубанов В.Б. Новые данные по возрасту метаморфизма харбейского амфиболит-гнейсового комплекса Полярного Урала (результаты Sm/Nd, 40Ar/39Ar, U/Pb LA-SF-ICP-MS изотопно-геохронологических исследований) // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 76-78.

Хубанов В.Б., Багдасарян Т.Э. Петрохронология и термохронология: перспективы развития LA-ICP-MS-метода // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 105-107.

Хубанов В.Б., Хубанова А.М., Щербаков Ю.Д. Петрохронология детритных цирконов: к оценке мощности позднепалеозойской коры центральной части Баргузинской гранитоидной провинции // Геотермохронология: методы, фундаментальные и прикладные исследования-2024. Материалы Первой всероссийской конференции с международным участием (15–18 мая 2024 г. Казань, Россия) / ИГиНГТ КФУ. – Казань. – 2024. – С. 123-125.

Хубанова А.М., Хубанов В.Б., Мурзинцева А.Е., Базаров Б.А., Смолева И.В., Миягашев Д.А. Условия обитания шерстистого носорога (*Coelodonta Antiquitatis*) в позднем плейстоцене в Западном Забайкалье: изотопные данные // В сборнике: Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар. – 2024. – С. 171-172.

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н. Петрогенезис гранитоидов крупных салических изверженных провинций (Центральная и Северо-Восточная Азия) // Актуальные направления и перспективные тенденции в науках о земле (первая четверть XXI века). – Иркутск. – 2024. – 23 с.

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Ащепков И.В., Гусляков Н.Д. Нижняя кора Байкальской рифтовой зоны (данные по ксенолитам из кайнозойских щелочных базальтов) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). – Иркутск. – 2024. – С. 315-320.

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Ащепков И.В., Бадмажапов Б.Б. Коровые ксенолиты в кайнозойских щелочных базальтах – ключ к реконструкции условий формирования Ангаро-Витимского гранитоидного батолит // II Всероссийская конференция «Добрецовские чтения: наука из первых рук». – Новосибирск. – 2024. – С. 274-276.

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б. Ангаро-Витимская крупная изверженная провинция (Забайкалье, Россия): обзор U-Pb и Lu-Hf изотопных данных, петрогенетические и геодинамические следствия // В сборнике: Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024. Материалы LV Тектонического совещания. – Москва. – 2024. – С. 249-252.

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б. Ангаро-Витимская крупная изверженная провинция (Забайкалье, Россия): обзор U-Pb и Lu-Hf изотопных данных,

петрогенетические и геодинамические следствия // LV (55) тектоническое совещание, Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. – Москва. – 2024. – С. 249-253.

Юдин Д.Е., Филимонов А.В., Хубанов В.Б., Сизов А.В., Санжиев Г.Д., Хубанова А.М., Назихина Н.С. Детритовая хронология угленосных и «динозавровых» горизонтов гусиноозерской серии (Западное Забайкалье) // Геотермохронология: методы, фундаментальные и прикладные исследования-2024. Материалы Первой всероссийской конференции с международным участием (15–18 мая 2024 г. Казань, Россия)/ИГиНГТ КФУ. – Казань. – 2024. – С. 128-130.