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



# ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Процессы мантийного-корового взаимодействия при формировании щелочных и гранитоидных комплексов и сопутствующего оруденения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (промежуточный, 3 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

11 -1

Улан-Удэ 2023

# СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

дир., д.г.-м.н.

зав. лаб., к.г.-м.н.,

зав. лаб., к.г.-м.н.,

В.Н.С., Д.Г.-М.Н.,

с.н.с.

с.н.с., к.г.-м.н.,

н.с., к.г.-м.н.,

н.с., к.г.-м.н.,

н.с.

м.н.с.



Цыганков А.А. (введение, раздел 1, заключение)

Бурмакина Г.Н.

Исполнители:

off-

Xydansb 24-Jex -Acup Acup





(раздел 3) Хубанов В.Б. (раздел 2, 7) Дорошкевич А.Г. (раздел 8) Посохов В.Ф. (раздел 4) Рампилов М.О. (раздел 5) Ласточкин Е.И. (раздел 4) Рампилова М.В. (раздел 6) Хромова Е.А. (раздел 4) Хубанова А.М. (раздел 2)

нормоконтроль

Рампилова М.В.

Отчет 47 с., 16 рис., 38 источн., 1 прил.

ДЕТРИТОВАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ, ГРАНИТОИДНЫЙ И ЩЕЛОЧНО-ОСНОВНОЙ МАГМАТИЗМ, БАЗИТОВЫЕ ДАЙКИ, ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ, ИСТОЧНИКИ МАГМ, РЕДКОМЕТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, МАФИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ, СМЕШЕНИЕ МАГМ, ТРЕКОВОЕ ДАТИРОВАНИЕ, ЗАБАЙКАЛЬЕ, СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН, ВОСТОЧНЫЙ САЯН

На основе U-Pb изотопного датирования детритового циркона из современных аллювиальных отложений крупнейших рек Забайкалья и Северной Монголии выделены пять этапов формирования и переработки континентальной коры региона, включая глобальные корообразующие процессы становления фундамента докембрийских кратонов, ювенильного корообразование в неопротерозое и раннем палеозое, переработки раннедокембрийской и каледонской коры в позднем палеозое и мезозое. Установлен позднепалеозойский U-Pb (LA-ICP-MS) изотопный возраст базитовых даек, прорывающих рудоконтролирующие структуры бериллиевого месторождения Снежное (Восточный Саян). Мафические магмы базитовых даек генерировались из астеносферного мантийного источника под воздействием мантийного плюма, ответственного за щелочно-гранитоидный магматизм Восточно-Саянской рифтовой (редкометальной) зоны. Установлено, что габброгранитная интрузия Тастау (Северо-Восточный Казахстан, Чарская зона) сформировалась в результате взаимодействия мантийной мафической и гранитоидной магм. Смешение магм и их эволюция (дифференциация и фракционная кристаллизация) породили многообразие пород промежуточного состава. Процессы смешения включали в себя механическое смешение (mingling – MME первого типа) и химическое взаимодействие (mixing – MME второго типа) с формированием гибридных пород. Выявлены типоморфные особенности основных разновидностей пород апатитоносного породообразующих минералов Телегинского габбро-диоритового массива; изучена минералогия и изотопный состав кислорода в кварце из Zr-Nb пегматитов Ингурского щелочно-гранитоидного плутона Западного-Забайкалья, карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия. Отработана методика LA-ICP-MS трекового датирование апатита. Для щелочно-ультраосновного плутона Маган и Контайской интрузии (Сибирская трапповая провинция) получен трековый возраст маркирующий время, прошедшее с момента их остывания ниже 120°С. Получена геохимическая характеристика щелочных сиенитов Боргойского и Боцинского массивов, входящих в состав Джидинской щелочной провинции (Юго-Западное Забайкалье). Установлено, что они сформировались за счет плавления обогащенного мантийного источника, связанного с воздействием мантийного плюма.

# НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

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

# ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

SLIP –салическая крупная изверженная провинция

Kfs – калиевый полевой шпат

Amph – амфибол

Bt-биотит

Срх – клинопироксен

Qtz – кварц

Pl – плагиоклаз

An – анортит

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

MME - mafic microgranular enclaves (мафические микрогранулярные включения)

REE (РЗЭ) – редкоземельные элементы

LREЕ – легкие редкоземельные элементы

HFSE – высокозарядные элементы

U-Pb – уран-свинцовый метод изотопного датирования

ЦАСП – Центрально-Азиатский складчатый пояс

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Введение	6
Основные результаты 2023 г	8
1 Детритовая (циркон) геохронология	8
2 Базитовые дайки Ве-месторождения Снежное (Восточный Саян)	16
3 Мантийный магматизм в структурах Восточного Казахстана	20
4 Минералогия Телегинского апатитоносного габброидного массива	
(Западное Забайкалье)	25
5 Редкометалльная минерализация Ингурского щелочно-гранитоидного	
массива (Западное Забайкалье)	28
6 Минералогия карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия	31
7 Трековое датирование апатита	34
8 Щелочные породы Джидинской провинции	35
Заключение	37
Список использованной литературы	38
Приложение А	41

#### ВВЕДЕНИЕ

Исследования по проекту «Процессы мантийно-корового взаимодействия при формировании щелочных и гранитоидных комплексов и сопутствующего оруденения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса» в 2023 году были направлены на решение геохронологических, геохимических, петрогенетических и минералогических задач, составляющих суть проекта. Получены результаты по следующим направлениям.

1. Посредством изотопного датирования детритовых цирконов из современных аллювиальных отложений крупнейших рек Западного Забайкалья и Северной Монголии и корреляции этих данных с «коренной» геохронологией выделены пять этапов формирования и переработки континентальной коры региона, включая глобальные корообразующие процессы становления фундамента докембрийских кратонов, ювенильного корообразование в неопротерозое и раннем палеозое, переработки раннедокембрийской и каледонской коры в позднем палеозое и мезозое. Установлено, что пиковые значения кривой распределения плотности вероятности возраста зерен детритового циркона зависят от разных, часто не связанных между собой факторов, таких как абсолютный возраст пород, площадь эродированной поверхности, количество циркона в породах разного состава, расстояние переноса и др. Поэтому статистика распределения возрастов не может рассматриваться в качестве показателя интенсивности эндогенных событий. Показано, что детритовая «цирконовая летопись» отражает главным образом периодичность гранитоидного магматизма.

2. Завершено изучение базитовых даек, развитых в рудном поле бериллиевого месторождения Снежное Восточно-Саянской рифтовой зоны позднепалеозойской Баргузинской салической крупной изверженной провинции (SLIP), где они ассоциируют с щелочными гранитоидами, содержащими Та-Nb минерализацию. С помощью U–Pb LA–ICP–MS метода датированы базитовые дайки прорывающие рудоконтролирующие структуры месторождения. Полученные позднепалеозойские датировки близки к возрасту флюорит-фенакит-берилловой минерализации (306 млн лет) и ассоциирующих щелочных гранитов огнитского комплекса (311–295 млн лет). Геохимические характеристики базитовых даек предполагают генерацию мафических магм из астеносферного мантийного источника, что свидетельствует в пользу плюмовой природы базит-щелочногранитоидного магматизма Восточно-Саянской рифтовой (редкометальной) зоны.

3. Изучены процессы смешения контрастных магм в габбро-гранитном интрузивном комплексе Тастау (Северо-Восточный Казахстан, Чарская зона). Установлено, что в его формировании важная роль принадлежит процессам взаимодействия мантийной мафической и гранитоидной магм. Смешение магм и их эволюция (дифференциация и

фракционная кристаллизация) породили многообразие пород промежуточного состава. Процессы смешения включали в себя механическое смешение (mingling – MME первого типа) и химическое взаимодействие (mixing – MME второго типа) с формированием гибридных пород.

 Изучена минералогия Телегинского апатитоносного габбро-диоритового массива и редкометалльных пегматитов Ингурского щелочно-гранитоидного плутона Западного Забайкалья, карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия.

5. Получены и опубликованы первые результаты U-Pb LA-ICP-MS трекового датирования апатита из двух щелочно-ультраосновных интрузий Сибирской трапповой провинции.

6. Продолжено изучение щелочных пород Джидинской провинции, Юго-Западное Забайкалье. На основе новых геохимических данных по щелочным сиенитам Боргойского и Боцинского массивов, установлено, что их формирование связано с плавления обогащенного астеносферного источника под воздействием мантийного плюма.

Таким образом, задачи 2023 года в целом выполнены.

# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ 2023 Г.

### 1 Детритовая (циркон) геохронология

В 2023 году закончено изучение детритовых цирконов из современных речных осадков крупнейших рек Забайкалья и Северной Монголии. Основная цель исследования заключалась в том, чтобы посредством датирования зерен обломочного циркона из современных аллювиальных отложений и корреляции этих данных с датировками, полученными по коренным породам региона, установить периодичность и длительность основных эндогенных событий Монголо-Забайкальского сектора Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Исходные допущения, принятые при интерпретации U-Pb изотопногеохронологических данных, заключаются в следующем:

(1) Большая часть зерен детритового циркона происходит из магматических пород кислого и среднего состава [1, 2], включая породы осадочного и метаморфического генезиса.

(2) Количество зерен детритового циркона разных возрастных популяций в современных речных осадках в первом приближении пропорционально площади материнских пород, вскрытых на дневной поверхности, и обратно пропорционально расстоянию от коренного источника. Под материнскими мы понимаем породы, в которых циркон образовался. Соответственно, осадочные породы, в том числе умеренно метаморфизованные, не могут рассматриваться в качестве материнских, поскольку содержащийся в них циркон несет информацию об эндогенном событии своего образования и лишь косвенно о времени седиментации. Очевидно, что данное допущение справедливо только для идеальных условий, когда (а) соизмеримо количество зерен циркона в разновозрастных материнских породах и (б) детритовый циркон перемещается от места высвобождения из материнской породы до места седиментации (точка отбора пробы) за один цикл. В данном случае эти условия практически невыполнимы. Даже граниты – основной источник циркона – сильно различаются как по количеству, так и по размерам зерен, что имеет значение для их транспортировки водными потоками. Кроме того, один цикл выветривания-седиментации, вероятно, имеет место только в осадочных системах первого порядка [3, 4], т.е. в отложениях небольших ручьев и речек, дренирующих горные склоны. Тем не менее результаты наших исследований, приведенные ниже, подтверждают исходный тезис, поскольку во всех пробах доминируют позднепалеозойские популяции циркона, источником которых могли быть только гранитоиды, занимающие большую часть водосборных бассейнов.

Предположение об уменьшении количества зерен детритового циркона с удалением от материнского источника, на первый взгляд, кажется вполне логичным. Вместе с тем имеются многочисленные свидетельства трансконтинентального переноса детритового циркона на тысячи километров [5-9], происходящего, вероятно, за счет их многократного переотложения. Кроме того, имеются факты повторяемости возрастных спектров зерен детритового циркона из современного аллювия по течению рек [1]. Эти факты дают основание предполагать, что используемое нами допущение ограничено осадками первого цикла выветривания, чему в немалой степени способствует гористый рельеф рассматриваемого региона, а также особенности геологического строения, в котором осадки древних бассейнов седиментации играют весьма ограниченную роль.

(3) Площадь эрозионной поверхности конкретных геологических тел, например, гранитоидных массивов, в первом приближении пропорциональна их объему.

Очевидно, что каждое из принятых нами допущений имеет массу исключений. В частности, зерна детритового циркона из метаморфических пород от амфиболитовой фации и выше, даже если и имели гранитное происхождение, в большей мере несут информацию о метаморфических событиях. Тем не менее нам представляется, что множество ограничений, кроме указанных выше, не являются критическими для решения главной задачи – определения периодичности и отчасти интенсивности главных эндогенных событий региона.

Второй не менее важный методологический аспект касается представительности геохронологических проб. Каждая проба должна характеризовать по возможности большую площадь (водосборный бассейн). Исходя из этого условия, нами отобраны пробы песчаных и песчано-гравийных русловых отложений низовий р. Селенга, примерно в 35 км от ее устья (оз. Байкал) (рисунок 1), а также проба песка из нижнего течения р. Витим, одного из крупнейших притоков р. Лена, в районе г. Бодайбо. Для проверки корректности нашего подхода, в частности оценки представительности той или иной пробы, были опробованы русловые песчаные отложения р. Муя, водосборный бассейн которой составляет лишь незначительную часть бассейна р. Витим, притоком которого р. Муя и является (рисунок 1). Речные системы Селенги, Витима и Муи относятся к системам второго порядка, дренирующим горные хребты, магматические дуги или складчатонадвиговые пояса [3, 4]. Кроме того, использованы данные по детритовому циркону из русловых отложений р. Ангаракан (проба "Ангаракан"), стекающей с северо-западного склона Северо-Муйского хребта (рисунок 1). Небольшой водосборный бассейн этой реки отличается от всех прочих абсолютным доминированием гранитоидов, основные разновидности которых были датированы U-Pb методом по коренным источникам [10].



Рисунок 1 – Водосборные бассейны рек Муя, Витим и Селенга с точками отбора геохронологических проб. На врезе показан район исследований в структуре ЦАСП. 1–3 – бассейны рек: 1 – Витим, 2 – Муя, 3 – Селенга; 4 – места отбора и номера проб

Для интерпретации данных детритовой геохронологии нами использованы опубликованные результаты определения U–Pb изотопного возраста коренных пород, развитых в пределах водосборных бассейнов и примыкающих к ним районах. Последнее обусловлено тем, что современная речная сеть может размывать промежуточные коллекторы, содержащие детритовый циркон, сформировавшиеся в геологическом прошлом при иной конфигурации речной сети.

Муйский водосборный бассейн (см. рисунок 1) занимает площадь около 12 тыс. км<sup>2</sup>, охватывая северные склоны Северо-Муйского хребта, южные склоны Делюн-Уранского и Южно-Муйского хребтов. Эта территория поздненеопротерозойскими сложена (метабазальты, вулканогенными метариолиты туфы) плутоническими И ИХ И габброиды, плагиограниты) (метаперидотиты, гранодиориты, комплексами островодужного типа [11], а также метаморфическими образованиями неясного возраста и происхождения. Все эти образования объединяются в неопротерозойские океанический, островодужный И метаморфический (кратонный) террейны Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса [12, 13]. К сшивающим образованиям относятся позднепалеозойские гранитоиды Ангаро-Витимского батолита.

Проба SHL-02-15 "Муя" отобрана из русловых песчаных отложений в нижнем течении р. Муя (левый приток р. Витим), в районе г. Таксимо (см. рисунок 1). U–Pb изотопные определения выполнены по 114 зернам. На гистограмме распределения возрастов выделяются несколько основных популяций зерен детритового циркона, характеризующихся разновеликими максимумами на графиках плотности вероятности (рисунок 2а). Статистически (программа AgePick) выделяются четыре временных интервала: 1) позднепалеопротерозойский (1890–1730 млн лет, n = 6); 2) неопротерозойский (920–620 млн лет, n = 53); 3) раннепалеозойский (500–390 млн лет, n = 18); 4) позднепалеозойский (340–245 млн лет, n = 49). Зерен детритового циркона моложе 264 млн лет не обнаружено. Детализация распределения возрастов для интервала 0–600 млн лет делает палеозойскую историю более наглядной (рисунок 2б). В частности, в позднем палеозое выделяются два сближенных пика с возрастом 315 (n = 19) и 285 (n = 12) млн лет, которые практически неразличимы на общей гистограмме (рисунок 2а).



Рисунок 2 – Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов зерен детритового циркона в пробе "Муя". Здесь и на рис. 3, 4: (а) общий возрастной диапазон; (б) детализация для интервала 0–600 млн лет. В таблице показан расчет возрастных пиков с использованием приложения AgePick

Витимский водосборный бассейн занимает площадь в 225000 км<sup>2</sup>, включая бассейн р. Муя (рисунок 3). Эта территория характеризуется крайне сложным геологическим строением, в котором принимают участие разновозрастные (от предположительно палеопротерозойских до кайнозойских включительно) комплексы пород, слагающих западную краевую часть Алданского щита, южную часть Патомского сегмента Сибирского кратона, разновеликие метаморфические, кратонные, островодужные, океанические (офиолитовые), флишевые (турбидитовые) террейны, прорванные позднепалеозойскими и раннемезозойскими гранитоидами, местами перекрытые кайнозойскими базальтами. Проба SHL-03-15 "Витим" отобрана в нижнем течении р. Витим в районе г. Бодайбо, ниже впадения всех основных притоков, кроме сравнительно небольших рек Мама и Мамакан (см. рисунок 1). На рисунке За представлена общая гистограмма распределения возрастов обломочного циркона из пробы SHL-03-15 (n = 77) и график плотности вероятности. На рисунке 46 показана детализация для интервала 0–600 млн лет. Также, как и в пробе "Муя", в пробе "Витим" выделяется несколько возрастных популяций детритового циркона, однако характер распределения существенно иной, по сравнению с первой пробой. Наиболее древние зерна циркона (среднее из трех определений, AgePick) имеют возрастом 2460 млн лет. Учитывая малое количество определений в каждой группе, вероятно, целесообразно объединить их в общую архейско-палеопротерозойскую популяцию (1). Следующий (2) более надежно фиксируемый временной интервал охватывает период с 1890 до 1730 млн лет, n = 18 (конец палеопротерозоя).



Рисунок 3 – Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов детритового циркона в пробе "Витим"

Неопротерозойские (3) зерна циркона дают достаточно широкий разброс значений изотопного возраста в интервале 920–500 млн лет с хорошо выраженным пиком 619–593 млн лет, n = 14. Позднепалеозойская популяция зерен детритового циркона (4) с возрастом 340–245 млн лет на общей гистограмме распределения возрастов и, соответственно, на графике плотности вероятности образует наиболее высокие пики, однако в количественном отношении (n = 24) лишь немногим превосходит популяцию конца палеопротерозоя (39 и 29% соответственно). Детализация (рисунок 36) показывает, что позднепалеозойские зерна детритового циркона распределены более или менее равномерно в интервале 340–245 млн лет, в котором статистические пики различаются всего лишь на 2–3 зерна. Возраст самых молодых зерен циркона в изученной пробе варьирует от 220 до 128 млн лет с максимумами 189 и 128 млн лет, однако в количественном отношении эти пики представлены

единичными зернами. Примечательно, что в интервале 189–136 млн лет циркона не обнаружено.

Водосборный бассейн р. Селенга (см. рисунок 1) располагается на территории России и Монголии, занимая площадь около 447 тыс. км<sup>2</sup>. Основу геологического строения южной части этой территории составляют расположенные севернее Центральнонеопротерозойские Монгольского линеамента палео-И террейны активной континентальной окраины, а также неопротерозойско-раннепалеозойские террейны турбидитовой природы. Подчиненное значение имеют неопротерозойские террейны островодужного типа и аккреционной призмы. Все эти образования прорваны разновозрастными интрузиями гранитоидов и габброидов, среди которых основной объем составляют граниты Хангайского и Хэнтэйского батолитов, слагающие значительную часть одноименных нагорий.

В Забайкалье р. Селенга и ее крупные притоки (рр. Джида, Хилок, Чикой, Уда и др.) дренируют территорию, в строении которой принимают участие флишевые, островодужные, океанические и метаморфические террейны, консолидированные в каледонское время и претерпевшие интенсивную магматическую переработку в позднем палеозое, мезозое и кайнозое.

Проба SHL-04-15 "Селенга" отобрана в нижнем течении р. Селенга (см. рисунок 1) примерно в 35 км выше ее устья (оз. Байкал). Общая гистограмма распределения возрастов обломочного циркона в пробе "Селенга" (*n* = 200) и, соответственно, график плотности вероятности (рисунок 4a) отражают сложность геологического строения обширной территории, охватывающей значительную часть Центрально-Азиатского складчатого пояса.



Рисунок 4 – Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов детритового циркона в пробе "Селенга".

Согласно расчетам, выполненным с использованием приложения AgePick, выделяются пять возрастных популяций зерен детритового циркона: 1) палеопротерозойская (1890–1730 млн лет, n = 4); 2) неопротерозойская (920–620 млн лет, n= 7); 3) раннепалеозойская (500–390 млн лет, *n* = 16); 4) позднепалеозойская (340–245 млн лет, n = 29); 5) раннемезозойская (235–160 млн лет, n = 38). По единичным зернам получен возраст от 2595 до 2336 млн лет в "древней" части спектра и 151 млн лет в наиболее "молодой". В отличие от предыдущих проб, позднепалеозойский интервал (340–245 млн лет) выражен только одним широким пиком (рисунок 4б) с максимумом 287 млн лет (n =33). В целом на позднепалеозойский этап приходится около 40% всей выборки. Раннемезозойский этап включает максимальное количество зерен детритового циркона (43%), образующих несколько сближенных, почти равнозначных по количеству зерен пиков (рисунок 5) с возрастами 247 (n = 16), 233 (n = 15), 213 (n = 19), 205 (n = 17), 197 (n = 16) 20) и 189 млн лет (n = 23). Зерен детритового циркона моложе 151 млн лет не обнаружено.

На рисунке 5а показан общий график распределения возрастов, построенный по объединенной выборке (n = 533), в которую также включены данные по детритовому циркону (n = 142) из аллювиальных отложений р. Ангаракан [10], водосборный бассейн которой расположен на северо-западном склоне Северо-Муйского хребта. Отличительной особенностью геологического строения этого района является абсолютное доминирование позднепалеозойских гранитоидов, изотопный возраст которых определен по коренным источникам [10]. На рисунке 86 приведена детализация объединенной пробы для интервала 0–600 млн лет.

Расчет возрастных пиков с использованием приложения AgePick для всего временного интервала дает огромное количество пиков (рисунок 5а), на фоне которых статистически выделяются пять максимумов, а точнее пять временных интервалов с наибольшим количеством зерен детритового циркона: 1) палеопротерозойский (1832 млн лет); 2) неопротерозойский (805–778 млн лет); 3) раннепалеозойский (силур, 441–425 млн лет); 4) позднепалеозойский (карбон–пермь, 314–269 млн лет); 5) раннемезозойский (триас–юра, 248–189 млн лет). Кроме того, следует отметить наличие палеопротерозойских и неоархейских зерен (n = 14), возраст которых варьирует от 2.0 до 2.77 млрд лет. Зерна детритового циркона такого возраста обнаружены только в пробах "Витим" и "Селенга", тогда как зерна циркона, отвечающие палеопротерозойскому максимуму (1832 млн лет), присутствуют во всех пробах.



Рисунок 5 – Общая гистограмма распределения возрастов и графики плотности вероятности детритового циркона из современных аллювиальных отложений Западного Забайкалья и Северной Монголии (Монголо-Забайкальский сектор ЦАСП)

U–Pb изотопно-геохронологические данные по зернам детритового циркона из современных речных осадков Западного-Забайкалья и Северной Монголии отражают основные этапы эндогенной активности региона или, говоря иначе, основные этапы образования и переработки континентальной коры: (1) неоархейско-палеопротерозойский этап (2.7–1.7 млрд лет), соответствующий глобальным корообразующим процессам формирования фундамента докембрийских кратонов; (2) неопротерозойский (ранне- и позднебайкальский) и (3) раннепалеозойский (каледонский) этапы, отражающие процессы ювенильного корообразования путем островодужного магматизма и аккреции островных дуг, сформировавших складчатые структуры южного обрамления Сибири; (4) позднепалеозойский и (5) ранне-среднемезозойский этапы, фиксирующие процессы внутриплитного магматизма и рифтогенеза.

Величина пиков кривой плотности вероятности распределения возрастов зерен детритового циркона зависит от разных, зачастую не связанных друг с другом факторов, таких как абсолютный возраст горных пород (чем породы древнее, тем меньше их сохранилось), площадь эродируемой поверхности с зернами циркона одного возраста, количество циркона в породах разного состава, расстояние переноса и т.п., и не может напрямую рассматриваться в качестве индикатора интенсивности эндогенных событий.

Отсутствие зерен детритового циркона кайнозойского возраста в регионе, где базальтовый вулканизм этого времени был проявлен достаточно широко (Монголия, Байкальский рифт), говорит о том, что эндогенные события, главным выражением которых являются базальты, не проявляются в "цирконовой летописи", зафиксированной в зернах детритового циркона.

Цыганков А.А., Хубанов В.Б., Бурмакина Г.Н., Буянтуев М.Д. Периодичность эндогенных событий Западного Забайкалья и Северной Монголии (восточный сегмент Центрально-Азиатского складчатого пояса) по данным U–Pb датирования зерен детритового циркона из современных речных осадков // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31. – № 5. – С. 3-26. DOI: 10.31857/S0869592X23050083

# 2 Базитовые дайки Ве-месторождения Снежное (Восточный Саян)

В пределах позднепалеозойской Баргузинской салической крупной изверженной провинции (SLIP) на ряду с щелочными гранитоидами с рудной минерализацией распространены базитовые субвулканические тела (габброиды, базитовые дайки). Одним из типоморфных объектов базит-щелочно-гранитоидной ассоциации является бериллиевое месторождение Снежное (Восточный Саян). По полевым наблюдениям дайки на месторождении Снежное являются наиболее поздними образованиями и сопряжены с трещинами субмеридионального простирания, занимающими секущее положение по отношению к рудоконтролирующим структурам. Данные дайки представлены преимущественно массивными породами серого и темно-серого цвета с различной степенью раскристаллизации: от микрогаббро и долеритов в центре крупных даек до базальтов в зоне закалки и мелких телах. В них преобладает порфировая и гломеропорфировая структура, где вкрапленники – это преимущественно плагиоклаз, в меньшей степени клинопироксен и рудный минерал (магнетит), реже оливин, который как правило, замещен вторичными минералами. Основная масса имеет микрогаббровую, офитовую, долеритовую, гиалопилитовую структуру.

Выделение циркона для изотопно-геохронологических исследований из базитовых даек осуществлялось по специально разработанной методике. Она включала процедуру ручного дробления каменного материала в стальной ступе и тонкое измельчение на вибрационной мельнице в стальном стакане с металлическим сердечником в течении не более 20 секунд. Затем проба отмучивалась в воде. Циркон за счет своей относительно высокой твердости и крепости оставался одним из наименее измельченных минералов и хорошо отмывался в составе тяжелой фракции (шлиха) в воде с помощью посуды «чашка выпарительная» и «часовое стекло». На финальной стадии проводился ручной отбор циркона из шлиха под микроскопом. Благодаря тщательной очистки ступы, стального стакана и промывочной посуды на каждом этапе пробоподготовки, а также отсутствию процедуры измельчения на щековой дробилке и просеивания навески через набор сит данный подход позволил исключить заражение пробы ксеногенными цирконами. Выделенные цирконы были представлены обломками кристаллов размером до 70 мкм.

U-Pb изотопный анализ циркона выполнен методом лазерной абляции на массспектрометре высокого разрешения Element XR (Thermo Fisher Scientific), соединенным с приставкой для лазерного пробоотбора UP-213 с длиной волны излучения 213 нм (New Wave Research) в ЦКП «Геоспектр» Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ. Основой для геохимической характеристики базитовых даек участка Снежный послужили результаты силикатного анализа, полученные в ЦКП «Геоспектр» ГИН СО РАН

и данные микроэлементного ICP-MS анализа, выполненные в ЦКП Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск.

С помощью U-Pb LA-ICP-MS метода датированы базитовые дайки рвущих рудные структуры бериллиевого месторождения Снежное. Возраст цирконов из диабазовой (долеритовой) дайки составил 301±6 млн лет, из микрогаббровой – 297±2 млн лет (рисунок 6). Полученные датировки близки к возрасту флюорит-фенакит-берилловой минерализации (306 млн лет) [14] и ассоциирующих щелочных гранитов с Та-Nb оруденением, относимые к огнитскому комплексу (311-295 млн лет) [15].



Рисунок 6 – Конкордантный U-Pb изотопный LA-ICP-MS возраст цирконов из диабазовой дайки CNT-14 (а, б) и микрогаббровой дайки CNT-14 (в, г) участка Снежный (Восточный Саян). Слева приведены графики с изотопными отношениями <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U и <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U и конкордией, справа – средневзвешенный позднепалеозойский возраст по отношению <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U, скорректированный на обыкновенный свинец методом <sup>207</sup>Pb-поправки

По концентрации макрокомпонентов, за исключением TiO<sub>2</sub>, базитовые дайки месторождения Снежное близки к позднепалеозойским габброидам и трахибазальтам

центральной части Баргузинской провинции (Западное Забайкалье). При этом у них наблюдаются относительно повышенные содержания HFSE, в том числе TiO<sub>2</sub> (1.5-2.9 мас. %), и REE (370-400 ppm), чем у мафических пород Западного Забайкалья (TiO<sub>2</sub> ~ 0.8-2.1 мас. %,  $\Sigma$ REE ~ 117-311 ppm). Спектр REE характеризуется заметным обогащением легкими лантаноидами с La/Yb<sub>PM</sub> ~2 2-24 при отсутствии европиевой аномалии (Eu/Eu\* ~ 1), тогда как трахибазальты и габброиды Западного Забайкалья имеют меньшее значение La/Yb<sub>PM</sub> ~ 8-20. Также на графике спайдерграмм нормированных составов у них менее выражены Ta-Nb минимумы (рисунок 7а).

Геохимические особенности базитовых даек предполагают генерацию мафических магм из астеносферного мантийного источника, что с учетом внутриконтинентальной обстановки свидетельствует в пользу плюм-мантийной природы базит – щелочно-гранитоидного магматизма Восточно-Саянской рифтовой (редкометальной) зоны, в частности, и всей Баргузинской SLIP, в целом.



Рисунок 7 – Геохимия базитовых даек участка Снежный (Восточный Саян): (а) – распределение содержаний редких и рассеянных элементов нормрованных к составу примитивной мантии [16]; (б) – положение фигуративных точек составов на дискриминационной диаграмме TiO2 – Th/Nb [17]. Состав мафических пород Западного Забайкалья даны по [18, 19], базальта океанических островов – [16]

Различие микроэлементного состава мафических даек месторождения Снежное, и одновозрастных трахибазальтов и габброидов центральной части Западного Забайкалья

предполагает гетерогенность магмагенерирующей мантии под Баргузинской провинцией. Пример диаграммы в координатах TiO<sub>2</sub>/Yb - Th/Nb (рисунок 76) показывает, что составы базитовых даек участка Снежный сосредоточены в поле базальтов, производных плавления астеносферной мантии, тогда как мафические породы Забайкалья – в поле выплавок из надсубдукционной модифицированной литосферной мантии. Следует отметить, что подобные широкие вариации состава мантийных источников характерны для внутриконтинентальных крупных магматических провинций [17].

Таким образом, В рамках изложенных представляется, данных что позднепалеозойский магматизм Баргузинской SLIP обусловлен подъемом мантийного плюма, который в частности фиксируется мафическими породами месторождения Снежное, производными плавления астеносферной мантии. Тепловое воздействие восходящих горячих астеносферных магм (плюма) могло быть причиной выплавления мафических магм с выраженными Ta-Nb минимумами из литосферной мантии под центральной частью Баргузинской провинции (Западное Забайкалье), модифицированной субдуцированным веществом либо во время каледонского тектогенеза (при закрытии Палеоазиатского океана), либо в раннегерцинский этап (при закрытии Монголо-Охотского океана). В свою очередь совместное воздействие горячих астеносферных и литосферных мантийных магм на континентальную кору Западного Забайкалья, вероятно утолщенную в конвергентных условиях способствовало генерации крупных объемов гранитоидных расплавов, сформировавших Баргузинскую SLIP.

**Хубанов В.Б.,** Долгобородова К.Д., **Цыганков А.А., Хубанова А.М.**, Дамдинова Л.Б., Дамдинов Б.Б., **Бурмакина Г.Н.**, Зарубина О.В. Геохимия и возраст базитовых даек Веместорождения Снежное: свидетельства позднепалеозойского плюм-мантийного магматизма Восточного Саяна // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 508(1). – С. 37-43. DOI: 10.31857/S2686739722601909

#### 3 Мантийный магматизм в структурах Восточного Казахстана

Важная роль процессов «mixing» и «mingling» широко обсуждается в литературе. Процессы магматического смешения наиболее широко проявляются в магматических сериях на активных окраинах плит и во внутриплитных обстановках. В вулканических сериях общим признаком являются широкие вариации состава сосуществующих магм, а наиболее надежным критерием магматического взаимодействия является присутствие в породе включений стекл контрастного состава, представляющих собой прямое свидетельство смешения магм. В плутонических условиях такие свидетельства редко сохраняются, но встречаются совершенно ясные законсервированные структуры взаимодействия контрастных магм. В 2023 году продолжено изучение особенностей взаимодействия базитовой и гранитной магм в субвулканических условиях на примере интрузивных комплексов Восточного Казахстана.

В осевой части Чарской зоны расположено две крупные интрузии с «mingling» структурами, это базит-гранитный массив Тастау и Преображенский массив, в которых отмечается сложный характер взаимодействия мантийных и коровых магм [20].

Базит-гранитный массив Тастау [21] расположен в осевой части Чарской структурно-формационной зоны. Хорошая обнаженность массива, разнообразие магматических пород, участвующих в его строении, а также имеющиеся свидетельства взаимодействия мафических мантийных и салических магм, вызывают повышенный интерес к этому объекту.

Еще одним крупным плутоном с классическими проявлениями минглинг-структу является Преображенский габбро-гранитный массив, находящийся в юго-восточной части Чарской зоны, детально описанный в [22].

Тастауский интрузивный комплекс представляет собой крупную кольцевую структуру с массивом гранитоидов в центре (рисунок 8). По результатам предшествующих геологических исследований, в строении массива участвуют породы нескольких интрузивных комплексов – максутского, тастауского, преображенского [20]. Наиболее ранними фазами являются до-гранитные кислые дайки, располагающиеся радиально от центра массива. В центре массива расположено крупное гранитное тело – центральный шток, сложенный биотитовыми гранитами и граносиенитами. На расстоянии от 3 до 7 км от центрального штока интрузивные породы формируют кольцо, вытянутое в северозападном направлении. Среди интрузивных пород кольца преобладают биотитамфиболовые граносиениты и гранодиориты, часто меланократовые. В составе массива достаточно широко проявлены свидетельства взаимодействия кислой и мафической магм, включающие механическое смешение (mingling) и химическое взаимодействие (mixing) с

формированием композитных смесей и гибридных пород. Такие случаи взаимодействия обнаружены в северо-западной части массива. Здесь распространены оливиновые габбронориты максутского комплекса, а восточнее их месторасположения можно наблюдать минглинг-взаимоотношения между биотит-амфиболовыми граносиенитами и долеритами, с наличием характерных структур и присутствием разнообразных гибридных разностей пород.



Рисунок 8 – Схема геологического строения Тастауской кольцевой вулканоплутонической структуры [20]: 1-3 преображенский комплекс: 1 - послегранитовые дайки, 2 - лейкограниты, 3 - кварцевые сиениты с фацией граносиенитов; 4-9 тастауский комплекс: 4 - послегранитовые дайки (1-диабазы и диабазовые порфириты, 2 граносиенит-порфиры, 3 - сиенит-порфиры), 5 - мелкозернистые лейкограниты, 6 среднезернистые граниты и их апофизы, 7 - граносиениты и пересекающие их гранитпорфировые дайки,8 - субвулканические фельзитовые и гранит-порфировые дайки; 9 габброиды максутского комплекса; 10 - плагиоклазовые порфириты, условно отнесенные к аргимбайскому комплексу; 11 - вмещающие песчано-сланцевые отложения C1 ; 12 рыхлые отложения; 13 - разломы

MME (maphic microgranular enclavs) распределены по площади массива неравномерно, приурочены в основном к внешнему интрузивному кольцу, хотя встречаются отдельные мафические включения и около центрального штока. Крупный массив находится на северо-западе кольцевой интрузии на границе нескольких контрастных по составу магматических тел: оливиновых габброноритов, граносиенитов и лейкогранитов тастауской серии.

Интрузивный комплекс Тастау можно назвать уникальным, здесь прослеживаются вся цепочка гибридизации/смешения контрастных по составу магм, от «чистых» базитовых включений через диоритовые, до кварцевых сиенитов. В целом включения можно разделить на два крайних типа: а) мафические включения, практически не подвергшиеся гибридизации; б) интенсивно гибридизированные включения, состав которых варьирует от диоритов и монцонитов, до кварцевых сиенитов (рисунок 9а). Наиболее широко распространены включения первого типа. Их размеры, в некоторых случаях, достигают 1.5 м в поперечнике. Характерны уменьшение размеров зерен минералов базитовых включений непосредственно в контакте с вмещающими лейкогранитами; извилистые, фестончатые, лопастевидные контуры мафических тел с ориентировкой выступов в направлении гранитов; овальная, округлая форма базитовых фрагментов; признаки пластической деформации в базитах. Все перечисленные особенности трактуются как свидетельства контакта двух жидкостей с разной вязкостью [23, 24]. К этим классическим признакам можно добавить специфическую форму гранитных прожилков внутри базитовых включений, указывающую на проникновение инъекций кислой магмы по контракционным трещинам, разделявшим остывающее базитовое тело на пиллоуподобные фрагменты. Кроме перечисленных признаков, нужно специально отметить морфологию фрагментов гранитного вещества внутри мафического. Как правило, обособления гранитного состава формируют небольшие округлые фрагменты, либо относительно крупные домены округлой формы.



Рисунок 9 – Мафические включения (а) и модель формирования (б) массива Тастау

Ко второму типу можно отнести ММЕ диоритового, монцонитового и кварцсиенитового составов. Размеры включений варьируют от долей сантиметра до сравнительно крупных, достигающих 0.5 м по длинной оси, однако в большинстве случаев размеры включений составляют 10–15 см. Форма включений округлая, вытянутая, линзовидная, иногда неправильная. Контакты включений с вмещающими гранитоидами резкие, однако никаких приконтактовых изменений (зернистости, минералогического состава) ни во включениях, ни во вмещающих породах не наблюдается. Крупные включения часто инъецированы гранитным материалом в виде ветвящихся прожилков.

Состав мафических включений второго типа, как уже указывалось выше, охватывает широкий диапазон петрографических разновидностей – от монцодиоритов, через монцониты и кварцевые монцониты до кварцевых сиенитов, при этом крайние члены этого ряда пользуются весьма ограниченным распространением, тогда как монцодиориты являются наиболее типичными представителями MME.

Геологические признаки ММЕ первого типа свидетельствуют об одновременном сосуществование двух жидкостей с разной вязкостью, тогда как включения второго типа таких явных признаков «смешения» не имеют. Однако, наличие неравновесной ассоциации основного плагиоклаза (битовнит) и пироксена с калиевым полевым шпатом, олигоклазом и кварцем - эти особенности вполне определенно указывают на магматическое происхождение включений, при этом их кристаллизация, судя по микроструктурным характеристикам, происходила непосредственно в магматической камере. Наличие высококальциевого плагиоклаза указывает на более основной, по сравнению с наблюдаемым, базальтоидный исходный расплав, из которого формировались включения. При этом кислый плагиоклаз, щелочной полевой шпат и кварц, вероятно являются результатом гибридизации (дебазификации) включений.

Мафические включения по составу относятся к субщелочным габбро, диоритам, монцонитам и кварцевым сиенитам. Породы характеризуются широкими вариациями составов по всем главным химическим элементам (SiO<sub>2</sub> = 45.8 - 63.1, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 16.1 - 18.9, TiO<sub>2</sub> = 0.75 - 2.22, FeO<sub>сум</sub> = 5.2 - 10.5, MgO = 1.9 - 5.3, CaO = 2.5 - 6.8 мас.%) и высокими содержаниями щелочей (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O = 5.6 - 9.3 мас.%). Включения второго типа характеризуются повышенным содержанием TiO<sub>2</sub> и Na<sub>2</sub>O относительно включений первого типа. У некоторых MME первого типа (габбронориты) спектр REE характеризуется умеренным наклоном с обогащением легкими лантаноидами и отсутствием европиевой аномалии (La/Yb)n = 5.34, Eu/Eu\* = 1.02. Все остальные мафические включения имеют схожие по форме спектры, но с небольшими отрицательными европиевыми аномалиями (La/Yb)n = 4.99 - 5.54, Eu/Eu\* = 0.68—0.78.

Обобщая новые и литературные данные по мафическим породам тастауского комплекса можно сделать следующие выводы. Базит-гранитная интрузия Тастау является примером взаимодействия мантийной мафической и гранитоидной магм (см. рисунок 9б). Смешение магм контрастного состава и их эволюция (дифференциация и фракционная кристаллизация) породили многообразие пород промежуточного состава. Процессы смешения включали в себя механическое смешение (mingling – MME первого типа) и химическое взаимодействие (mixing – MME второго типа) с формированием гибридных пород.

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А. Смешения магм в гранитоидах Северо-Восточного Казахстана: геодинамика, петрогенизис // LIV (54) тектоническое совещание, Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. Москва: ГЕОС, 2023. – С. 65-68

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А., Грешилова Д.П. Мантийный магматизм в структурах Восточного Казахстана// Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал. Новосибирск: Новосибирский Государственный Университет, 2023. – С. 28-31.

# 4 Минералогия Телегинского апатитоносного габброидного массива (Западное Забайкалье)

Телегинский массив находится на восточном побережье оз. Байкал, в бассейнах ручьев Телегинский и Средний. Породы, слагающие массив представлены габбродиоритами, габбро, пироксенитами и амфиболизированными породами. Основной разновидностью пород массива являются габбро-диориты. Габбро и пироксениты отмечаются реже. Габбро-диориты сложены плагиоклазом, роговой обманкой, биотитом, апатитом, магнетитом, сфеном. Пироксен встречается редко. Вторичные минералы представлены хлоритом, эпидотом, серицитом, актинолитом, тремолитом.

Амфиболы в породах массива присутствуют в различных количествах. В биотитроговообманковых, роговообманковых габбро-диоритах и габбро минерал относится к породообразующим и содержится в количестве от 15 до 50 об%. В пироксенитах содержание амфибола достигает 30%, а в амфиболизированных породах более 50%. Предшественниками [25, 26] амфиболы из пород Телегинского массива были диагностированы как обыкновенная роговая обманка. По результатам исследований на электронном микроскопе были установлены гастингсит, эденит, тремолит и актинолит [27].

Роговая обманка в габбро-диоритах встречается в виде таблитчатых и призматических кристаллов размером от 0.2 до 1 - 2 см (рисунок 10а). В виде включений в нем присутствуют апатит, сфен, плагиоклаз, скопления мелких зерен магнетита. Минерал замещается биотитом и по составу относится к магнезиальной роговой обманке (рисунок 11). В кристаллах гастингсита фиксируются выделения рутила, ильменита, титанита, зерна которых имеют четкую ориентировку подобную структурам распада твердого раствора (рисунок 10б). По составу минерал относится к магнезиогастингситу. Актинолит и тремолит развиваются по роговой обманке, гастингситу, эдениту и отмечаются реже.

Плагиоклаз наблюдается в виде таблитчатых и короткопризматических кристаллов размером от 0.3 до 5 мм. Наиболее часто встречается андезин (№ 30 - 50), реже олигоклаз (№ 15 - 30), лабрадор (№ 50 - 70) и вторичный альбит (№ 0 - 10). Олигоклаз замещает андезин, альбит как более поздний минерал, развивается по олигоклазу и андезину.

Биотит в количестве от 5 до 15 об. % образует удлиненные чешуйки. Среди акцессорных отмечены рудные минералы – магнетит, титаномагнетит, пирит. Магнетит наблюдается в виде мелких включений в роговой обманке или изометричных зерен. Сфен ассоциирует с магнетитом в виде зерен неправильной формы.

Апатит наблюдается во всех разновидностях габбро-диоритов в виде слабоудлиненных кристаллов размером от 0.1 мм до 0.5 см. Минерал ассоциирует в основном с темноцветными и рудными минералами. Также апатит встречается среди зерен плагиоклазов и реже вторичных минералов – хлорита, эпидота, талька. Содержание апатита в габбро-диоритах колеблется от 5 до 15 об. %.



Рисунок 10 – Амфиболы из габбро-диоритов (а, б) и пироксенитов (в, г) Телегинского массива: а – таблитчатые и призматические кристаллы роговой обманки (Hb), б – ориентированные выделения ильменита (IIm), титанита (Ttn) и рутила (Rt) в гастингсите.; в, г – замещение пироксена (Px) роговой обманкой (Hb), гастингситом (Hs), тремолитактинолитом (Act) и хлоритом (Chl)

Пироксениты в пределах массива встречаются в виде небольших шлирообразных тел в габбро-диоритах с четкими контактами. Породы сложены пироксеном на 60 – 90 об. %, апатитом от 1 до 15 – 20 об. % и роговой обманкой 5 – 30 об. %. Также в породе присутствуют плагиоклаз, шпинель, кальцит, биотит, сфен, титаномагнетит, циркон. Вторичные минералы представлены эпидотом, серицитом, хлоритом, тальком, актинолитом, тремолитом, клиноцоизитом.

Пироксен встречается в виде короткопризматических и изометричных кристаллов размером от 0.1 – 0.2 мм до 1 - 2 см. По составу минерал относится к диопсиду, в единичных случаях отмечен авгит. Пироксен замещается роговой обманкой, реже актинолитом и тремолитом.

Роговая обманка в пироксенитах наблюдается виде изометричных и призматических кристаллов (см. рисунок 10в) и развивается по пироксену. По составу минерал относится к магнезиальной роговой обманке и дистанцируется по магнезиальности отдельным полем от амфибола из габбро-диоритов (рисунок 11). Гастингсит в пироксенитах встречается реже,

образует кристаллы изометричной формы и замещается актинолитом, тремолитом и роговой обманкой. По магнезиальности минерал, как и роговая обманка выделяется отдельным полем от амфиболов из габбро-диоритов. Гастингсит в ассоциации с эденитом отмечается в единичных случаях.



Рисунок 11 – Диагностическая диаграмма амфиболов по [28] из пород Телегинского массива: 1, 2 – габбро-диориты, 3, 4 – пироксениты

Плагиоклаз наблюдается в виде зерен неправильной формы и удлиненных кристаллов, по составу соответствует олигоклазу и андезину, также отмечается альбит. Андезин часто замещается олигоклазом. В ассоциации с олигоклазом и альбитом отмечается калиевый полевой шпат, по составу минерал относится к ортоклазу.

Биотит отмечается в виде чешуек, развитых по роговой обманке, реже – пироксену.

Апатит в породе распределен равномерно в виде короткостолбчатых и удлиненных призматических кристаллов размером от 0.2 - 2 мм до 0.7 - 1 см. Часто приурочен к интерстициям пироксена и микротрещинам. В кристаллах апатита встречаются включения амфиболизированного пироксена.

Химический состав габбро-диоритов соответствует основным и реже ультраосновным породам. Количество фосфора в биотит-роговообманковых габбродиоритах 1 - 3 мас. %, в роговообманковых до 4.5 мас. %  $P_2O_5$ . Пироксениты по содержанию кремния также близки к основным и ультраосновным породам. Концентрация фосфора в них достигает 6 мас. %. Спектр распределения редкоземельных элементов в габбродиоритах, пироксенитах и габбро характеризуется преобладанием легких лантаноидов.

Ласточкин Е.И., Рампилова М.В., Рампилов М.О., Посохов В.Ф., Хромова Е.А. Амфиболы в апатитоносных габбро-диоритах Телегинского массива (Юго-Западное Забайкалье) // Тенденции развития науки и образования. Самара. – 2023. – №. 103. – (Часть 5). – С. 96-99. DOI: 10.18411/trnio-11-2023-279.

# 5 Редкометалльная минерализация Ингурского щелочно-гранитоидного массива (Западное Забайкалье)

В 2023 году продолжено изучение щелочных гранитоидов. На территории Западного Забайкалья расположена одна из крупнейших в мире Монголо-Забайкальская щелочногранитоидная провинция. В нее входит более 350 отдельных массивов [29], представленных как правило небольшими телами щелочных гранитов, щелочных и щелочно-полевошпатовых сиенитов А-типа. Образовались они в период с ранней перми до средней юры [30].

Ингурский массив щелочных гранитов расположен на левобережье р. Витим на водоразделе с р. Большой Амалат. Массив вытянут северо-восточном направлении на расстояние около 25 км при ширине около 5 км (~100 км<sup>2</sup>). С севера он имеет тектонический контакт с гранитоидами баргузинского комплекса пермского возраста; южный и западный фланги перекрыты неогеновыми базальтами. Интрузив образовался 272 млн. лет назад [31] и имеет зональное строение, внешняя зона представлена щелочными биотитарфведсонитовыми гранитами, тогда как внутренняя (~40 км<sup>2</sup>) сложена субщелочными биотитовыми и аляскитовыми гранитами. Переход от биотитовых к арфведсонитовым гранитам постепенный. Биотитовые представлены граниты светлыми неравномернозернистыми породами, в которых встречаются участки крупнозернистого сложения и среднезернистые выделения.

С Ингурским массивом связано одноименное Zr-Nb проявление. Рудные тела участка представлены одиночными линзами (шлирами) пегматитов, генетически связанных с породами массива, о чем свидетельствует сходство минерального и химического составов, тесная пространственная связь, близкий изотопный состав кислорода в кварце. Тела пегматитов приурочены к ослабленной зоне, расположенной вдоль контакта субщелочных биотитовых и арфведсонитовых гранитов и протягивающейся параллельно зоне дробления северо-западного простирания. Шлиры имеют различную пространственную ориентировку и незначительные размеры, наиболее крупное тело достигает 60 м в длину и 20 м в поперечнике. Контакты их с вмещающими породами резкие, вдоль которых отмечены пострудные изменения (хлоритизация, каолинизация и др.). Пегматиты сложены калиевым полевым шпатом (пертит) 50 – 60 об. %, кварцем 35 – 45 об. %, альбитом 2 – 8 об. %, амфиболом (арфведсонит, рибекит) 1 – 3 об. %. Породообразующие минералы закономерно распределены в пегматитах и обуславливают зональное строение шлиров. Оруденение представлено в основном брекчиевым типом и приурочено к контакту блоковой, существенно калишпатовой зоны и кварцевого ядра в лежачем боку жилы. Редкометальные

минералы рудных зон представлены цирконом, уранпирохлором, фергусонитом, колумбитом, торитом, ксенотимом, бастнезитом.

Наиболее распространенным редкометальными минералом в рудных зонах является циркон. Он представлен обломками и агрегатами зерен неправильной формы коричневого цвета сцементированных полевыми шпатами (рисунок 12а). В составе циркона установлено повышенное содержание урана (до 4000 ppm), что обуславливает метамиктизацию минерала. Также в нем присутствуют мелкие (до 2 - 3 мкм в поперечнике) включения торита (рисунок 12б) и фергусонита.

Уранпирохлор является главным концентратором ниобия. Минерал сильно гидратирован (рисунок 12в) и имеет непостоянный состав. В нем часто отмечается присутствие редкоземельных элементов (до 9 мас. %  $TR_2O_3$ ), а содержание урана достигает 12 мас. %  $UO_2$ . Также обнаружены разности с повышенным содержанием тантала (до 23 мас. %  $Ta_2O_5$ ), что приближает его к уранбетафиту. Электронно-микроскопическими исследованиями установлено, что уранпирохлор образуется по колумбиту, реликты которого встречаются в рудных зонах (рисунок 12г).

Фергусонит в рудных зонах встречен в двух генерациях. Первая - слагает гнезда и агрегаты неправильной формы и является вторичным минералом (рисунок 12г), образованная по уранпирохлору. Вторая генерация фергусонита обнаружена в виде включений в цирконе (рисунок 12 б). Содержание ниобия варьирует от 42 до 46 мас. % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Минерал относится к иттриевой разновидности (14 мас. % Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в среднем).

Анализ стабильных изотопов, проведенный по породообразующим минералам из гранитов Ингурского массива, указывает на сохранность изотопной системы кислорода. В кварце из арфведсонитовых гранитов значение  $\delta^{18}$ О составляет 7.9 - 8.1 ‰, в калиевом полевом шпате 4.7 - 5.5 ‰, в биотите и арфведсоните 3 - 3.6 ‰. Полученные значения  $\delta^{18}$ О свидетельствуют о присутствии мантийного компонента в источнике магм и отвечают тренду эволюции изотопнокислородной системы позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья [32, 33]. Анализ Sr-Nd-Sm изотопной системы также указывает на незначительное участие мантийной компоненты в образовании пород. Так, значения  $\varepsilon$ (Nd) в арфведсонитовых, субщелочных гранитах и пегматитах варьируют в узком интервале от -1.99 до -1.49. Модельный возраст, рассчитанный по двухстадийному варианту, составляет ~1.3 млрд. лет, что согласуется с трендом эволюции неодимовой изотопной системы для коровых магматических протолитов в Западном Забайкалье [34].



Рисунок 12 – Характер выделений рудных минералов в пегматитах Ингурского массива: а – ассоциация циркона, уранпирохлора и калиевого полевого шпата; б – включения торита в цирконе; в – гидратированное зерно уранпирохлора; г – колумбит, замещенный уранпирохлором и фергусонитом

Рампилов М.О., Рампилова М.В., Избродин И.А. Особенности вещественного состава Щелочных гранитов и пегматитов Ингурского массива, Западное Забайкалье // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума имени академика М.А. Усова, посвященного 160-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 140-летию академика М.А. Усова, основателям Сибирской горно-геологической школы. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск: Издво Томского политехнического университета. 2023. – С. 71-72.

**Рампилов М. О., Рампилова М. В.,** Избродин И. А. Редкометальная минерализация щелочных гранитов и пегматитов Ингурского массива, Западное Забайкалье // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН, 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий / (13–17 марта 2023 г.). – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 443-444.

# 6 Минералогия карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия

Нами изучены карбонатиты из ультраосновного-щелочного-карбонатитового комплекса Санг Валли (северо-восточная Индия). Массив представляет собой чашеобразную депрессию площадью около 26 км<sup>2</sup>, сложенную серпентинизированным перидотитом, образующим ядро комплекса с пироксенитовой каймой. Щелочные породы представлены преимущественно ийолитами и нефелиновыми сиенитами, встречающимися как в виде кольцеобразных тел, так и в виде даек. Карбонатиты являются самой молодой интрузивной фазой в комплексе, где они образуют тела овальной формы, мелкие дайки и жилы. Кальцитовый карбонатит является преобладающей разновидностью, содержит доломит и апатит, также присутствуют оливин, магнетит, пирохлор и флогопит [35].

Карбонатиты Санг Валли преимущественно сложены кальцитом, в котором иногда встречаются ламели доломита (рисунок 13). Акцессорными минералами являются шпинель, пикроильменит, бадделеит, пирохлор и цирконолит, а также оливин, содержащий включения различных минералов.

Кальцит содержит MgO (0.35 – 2. 5 мас. %), SrO (в среднем 0.51 мас. %) и редко FeO (до 1.3 мас. %). В доломите мало железа и марганца (до 1.6 мас. % FeO, до 0.49 мас. % MnO). Содержание стронция меньше, чем в кальците (в среднем 0.09 мас. % SrO).



Рисунок 13 – Включения минералов в магнетите (Mag) из карбонатитов Санг Валли. Cal – кальцит, Dol – доломит, Pilm – пикроильменит, Spl – шпинель, Pcl – пироклор, Zrc – цирконолит

Магнетит образует зерна различных размеров и содержит включения шпинели (наиболее часто встречаются в ядре магнетита), кальцита, доломита, апатита и пикроильменита (рисунок 13). В магнетите повышено содержание MgO (до 4.56 мас. %), присутствует  $TiO_2$  (> 1 мас. %),  $Al_2O_3$  (до 0.6 мас. %), MnO (до 0.8 мас. %) и в некоторых случаях  $V_2O_3$  (до 0.4 мас. %).

Флогопит встречается в виде единичных зерен в кальците, иногда в ассоциации с оливином, апатитом, магнетитом, бадделеитом. Некоторые зерна хлоритизированы. Он характеризуется высоким содержанием магния (до 28.71 мас. % MgO), алюминия (до 18.30

мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и натрия (прайсверкитовый компонент, 0.77 – 3.02 мас. % Na<sub>2</sub>O), низкими содержаниями Fe (< 4.5 мас. %), Ti, Mn и F не обнаружены. Содержания BaO колеблются от 0.54 до 3.01 мас. % (киношиталитовый минал).

Фторапатит (1.87 – 2.88 мас. % F) образует в кальците идиоморфные зерна или их скопления. Встречается в виде включений в оливине, флогопите и магнетите.

Оливин (форстерит) образует зерна различных размеров. Этот оливин с высоким содержанием магния (53.85 – 57.34 мас. % MgO), по-видимому, представляет собой мантийные ксенокристы в карбонатитах. В нем мало FeO (3.78 - 4.34 мас. %), но повышенный MnO (0.39 – 0.66 мас .%) и CaO (0.02 – 0.07 мас. %). Оливин содержит включения апатита и пирротина.

Бадделеит ассоциирует с апатитом, доломитом, магнетитом. Иногда встречается в виде включений в магнетите, совместно с апатитом, ильменитом, доломитом и цирконолитом. Он обогащен HfO<sub>2</sub> (до 1.54 мас. %).

Шпинель образует включения в магнетите в карбонатитах Санг Валли (рисунок 13). Она ассоциирует с кальцитом, доломитом, пирохлором, цирконолитом и пикроильменитом, встречающимся вокруг зерен шпинели (см. рисунок 13). Шпинель обогащена железом и цинком (до 12 и 6 мас. %, соответственно).

Ильменит присутствует в виде включений в магнетите, иногда в ассоциации со шпинелью (рисунок 14). Он содержит до 22 мас. % MgO, поэтому его можно отнести к пикроильмениту, и до 13.22 мас. % MnO.

Пирохлор встречается в виде включений внутри шпинели и в кальците, которые сами являются включениями в магнетите (рисунок 14). Его состав в целом соответствует пирохлорам, описанным ранее [35, 36]. Отличием пирохлора от включений является его обогащение Na<sub>2</sub>O, CaO, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, F и отсутствие урана. На рисунке 14 светлые участки пирохлора обогащены Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



Рисунок 14 – Включения в магнетите (Mag). Cal – кальцит, Pilm – пикроильменит, Spl – шпинель, Pcl – пирохлор, Zrc – цирконолит

Карбонатиты массива Санг Валли обогащены Mg и обеднены Fe, это отражено в их минералогическом составе (оливин, флогопит, магнетит). Кальцит, доломит и апатит характеризуются низким содержанием стронция. В них впервые были обнаружены такие минералы как шпинель, пикроильменит, цирконолит, бадделеит, квинтинит. Присутствие флогопита, магнезиального оливина (и включений в нем) и ламели доломита в кальците позволяют предположить, что карбонатитовая магма изначально была магнезиальной. Флогопит с киношиталитовыми и прайсверкитовыми миналами согласуется с присутствием Ва и Na в карбонатитовой магме.

**Рампилова М. В., Дорошкевич А. Г.,** Виладкар Ш., **Рампилов М. О.** Минералогия карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН, 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий / Улан-Удэ (13-17 марта 2023). – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 444-447.

### 7 Трековое датирование апатита

С помощью LA-ICP-MS метода впервые выполнено трековое датирование апатита. Исследования проводились в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН и с использованием метода масс-спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией (LA-ICP-MS) в Геологическом институте им. Н.Л. Добрецова СО РАН. Термохронологические данные получены для двух интрузивных тел Сибирской пермскотриасовой трапповой провинции: щелочно-ультраосновного плутона Маган (две пробы) и Контайской интрузии (одна проба). Полученный трековый возраст составляет 217.6±18.6 и 238.8±35.8 млн лет – для интрузии Маган и 150.0±23.0 млн лет (2σ) для Контайской интрузии (рисунок 15) и маркирует время, прошедшее с момента их остывания ниже 120°С. Распределение длин треков в зернах апатита из исследованных образцов, свидетельствует об их быстром остывании до приповерхностных температур. В опубликованной по теме исследования статье приводится подробное описание используемой методики, а также показано, что результаты трекового анализа, выполненного по принципу «образец-вобразец» классическим методом внешнего детектора и методом LA-ICP-MS в модификации зета-калибровки, совпадают в пределах погрешности метода.





Термальная модель: фиолетовый и зеленый цвет отвечает 95 и 50%-ному доверительным интервалам относительно наилучшей модели соответственно; синяя пунктирная линия – положение термальной модели, наилучшим образом соответствующей распределению длин треков; сплошная синяя линия – средне взвешенная термальная модель

Багдасарян Т.Э., **Хубанов В.Б.**, Веселовский Р.В., Зайцев В.А., Малышев С.В. LA-ICP-MS трековое датирование апатита из интрузивных тел Сибирской трапповой провинции: метод, первые результаты и их интерпретация // Геодинамика и тектонофизика. – 2023. –Т. 14(4). 0711. DOI: 10.5800/GT-2023-14-4-0711.

# 8 Щелочные породы Джидинской провинции

Проведены петролого-геохимические исследования сиенитов щелочных Боргойского и Боцинского массивов (Джидинская щелочная провинция). Породы характеризуются варьирующим количеством кремнезема (55-63 мас. % SiO<sub>2</sub>), повышенной глиноземистостью (до 21 мас. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), щелочностью (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O - 9-13 мас. %) и преобладанием натрия над калием (Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O - 1.0–1.8). Коэффициент агпаитности (Ka=(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, молекулярные количества) варьирует от 0.91 до 1.05. Графики содержаний REE для пород Боргойского и Боцинского массивов, нормированные к хондриту, характеризуются близкой конфигурацией (рисунок 16). Отмечается европиевая отрицательная аномалия, преобладание легких лантаноидов над тяжелыми, (La/Yb)n отношения составляет 8 - 11, (Gd/Yb)n = 1 - 1.1. Породам свойственны более высокие суммарные концентрации REE (556 – 713 ppm) относительно триасовых щелочных пород Витимского сегмента (рисунок 16). В значительной степени, это может быть связано с



Рисунок 16 – Спектры распределения редкоземельных элементов, нормированных к хондриту и редких элементов, нормированных к примитивной мантии, в щелочных породах Боргойского и Боцинского массивов. Серыми линями показаны триасовые щелочные породы Витимского сегмента, Западное Забайкалье [37]

широким развитием процесса альбитизации, который сопровождается привносом REE. На графиках, нормированных на состав примитивной мантии, отмечается общий характер поведения элементов для пород Боргойского и Боцинского массивов. Для них характерны Ba, Nb, Ta, Sr и Ti отрицательные аномалии относительно соседних элементов, обогащение большинством редких элементов относительно примитивной мантии (рисунок 16б). В целом, конфигурация кривых близка к таковым для позднепалеозойских и раннемезозойских щелочных пород Витимского сегмента.

Величины єNd (240) в щелочных сиенитах Боргойского и Боцинского массивов имеют отрицательные значения –0.53 и –0.11, соответственно, и схожи с таковыми для даек базитового состава и мезозойских гранитов Малокуналейского массива, распространенных в пределах F-Be месторождений Забайкалья, что свидетельствует в пользу их генерации из схожих источников.

Таким образом, изученные щелочные комплексы обладают характеристиками (Nb, Та и Ті отрицательные аномалии, обогащение Pb и LREE), которые обычно свойственны островодужным надсубдукционным комплексам. При этом, несмотря на некоторые различия, их геохимические и изотопные характеристики близки к таковым пермскотриасовых разновидностей щелочных пород Витимского сегмента [37]. Можно предположить два варианта интерпретации геохимических характеристик щелочных пород Джидинской провинции: 1) во внутриконтинентальных условиях магмы мантийного происхождения во время своего подъема к поверхности могут подвергаться значительной коровой контаминации; 2) литосферная мантия, вовлеченная в процессы плавления, изначально была обогащена коровым материалом. В частности, близкими геохимическими характеристиками обладают предшествующие карбон-пермские базальтоиды и габброиды Западного Забайкалья, для которых реконструируется гидратированный флогопитгранатовый мантийный источник с повышенным содержанием ряда несовместимых элементов [19]. Производные плавления подобной мантии будут обладать относительным дефицитом высокозарядных и обогащением крупноионными и редкоземельными элементами. Считается, что «обогащение» литосферной мантии происходит в результате ее метасоматического изменения при взаимодействии с субдуцируемым веществом. Субдуцируемый слэб мог проникнуть в тыл пермско-триасовой Монголо-Охотской активной континентальной окраины и повлиять на состав, включая повышение фертильности, литосферной мантии Западного Забайкалья. Для объяснения причин плавления подобной литосферной мантии во внутриплитных условиях наименее противоречива модель мантийного плюма. В частности, воздействием мантийного плюма на модифицированную литосферную мантию и нижнюю кору можно объяснить

формирование крупных магматических провинций, в том числе гранитоидных ареалплутонов (батолитов) с рифтовым базитовым и щелочным магматизмом в их периферийных областях [10, 38].

Избродин И.А., **Дорошкевич А.Г., Хубанов В.Б., Хромова Е.А.** Состав, возраст и геодинамическая позиция щелочных пород Боргойского и Боцинского массивов (Джидинская щелочная провинция) // Геодинамика и тектонофизика. – 2023. – Т. 14(1).

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований 2023 года установлено:

1. U-Pb изотопный возраст циркона из современных песчаных отложений крупных рек отражает периодичность и длительность крупных эндогенных событий, главным образом гранитоидного магматизма, продукты которого развиты на дренируемой реками территории. В то же время, данные детритовой геохронологии не могут служить индикатором интенсивности эндогенных событий, поскольку пиковые значения кривой распределения плотности вероятности возраста зависят от разных, часто не связанных между собой факторов.

2. Изотопный возраст базитовых даек, развитых в рудном поле бериллиевого месторождения Снежное Восточно-Саянской рифтовой зоны позднепалеозойской Баргузинской салической крупной изверженной провинции (SLIP) коррелирует с возрастом щелочных гранитов огнитского комплекса и временем рудообразующих процессов, сформировавших бериллиевое оруденение. Источником расплавов, сформировавших базитовые дайки, была астеносферная мантия, активированная в результате воздействия мантийного плюма.

3. Габбро-гранитный интрузивный комплекс Тастау (Северо-Восточный Казахстан, Чарская зона) сформировался в результате внедрения в верхнюю кору магм мантийного (базальты) и корового (гранитоиды разного состава) генезиса. Важная роль в формировании массива принадлежит процессам взаимодействия контрастных магм. Смешение магм и их эволюция (дифференциация и фракционная кристаллизация) породили многообразие пород промежуточного состава. Процессы смешения включали в себя механическое смешение (mingling – MME первого типа) и химическое взаимодействие (mixing – MME второго типа) с формированием гибридных пород.

4. Поведены детальные минералогические исследования основных разновидностей пород Телегинского апатитоносного габбро-диоритового массива и редкометалльных пегматитов Ингурского щелочно-гранитоидного плутона Западного Забайкалья, карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия.

5. Получены и опубликованы первые результаты U-Pb LA-ICP-MS трекового датирования апатита из двух щелочно-ультраосновных интрузий Сибирской трапповой провинции.

6. Установлено, что щелочные породы Джидинской провинции сформировались за счет плавления обогащенного мантийного источника плавление которого связано с воздействием мантийного плюма.

Таким образом, задачи 2023 года, в целом, выполнены.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Link P.K., Finning C.M., Beranek L.P. Reliability and longitudinal change of detritalzircon age spectra in the Snake river system, Idaho and Wyoming: an example of reproducing the bumpy barcode // Sediment. Geol. – 2005. – Vol. 182. – PP. 101-142.

2 Condie K.C., Aster R.C. Epizodic zircon age spectra of orogenic granitoids: the supercontinent connection and continental growth // Precambrian Res. – 2010. – Vol. 180. – PP. 227-236.

3 Ingersoll R.V. Actualistic sandstone petrofacies: discriminating modern and ancient source rocks // Geology. – 1990. – Vol. 18. – PP. 733-736.

4 Ingersoll R.V., Kretchmer A.G., Valles P.K. The effect of sampling scale on actualistic sandstone petrofacies // Sedimentology. – 1993. – Vol. 40. – PP. 937-953.

5 Iizuka T., Hirata T., Komiya T., Rino S., Katayama I., Motoki A., Maruyama S. U–Pb and Lu–Hf isotope systematics of zircons from the Mississippi River sand: implications for reworking and growth of continental crust // Geology. – 2005. – Vol. 33. – PP. 485-488.

6 Prokopiev A.V., Toro J., Miller E.L., Gehrels G.E. The paleo-Lena River – 200 m.y. of transcontinental zircon transport in Siberia // Geology. – 2008. – Vol. 36 (9). – PP. 699-702.

7 Wang C. Y., Campbell I., Allen C., Williams I., Heggins S. Rate of growth of the preserved North American continental crust: evidence from Hf and O isotopes in Mississippi detrital zircons // Geochim. Cosmochim. Acta. – 2009. – Vol. 73. – PP. 712-728.

8 Комия Ц. Континентальный рециклинг или истинный континентальный рост // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 12. – С. 1927-1944.

9 Mason C.C., Fildani A., Gerber T., Blum M.D., Clark J.D., Dykstra M. Climatic and anthropogenic influences on sediment mixing in the Mississippi source-to-sink system using detrital zircons: Late Pleistocene to recent // Earth Planet. Sci. Lett. – 2017. – Vol. 466. – PP. 70-79.

10 Хубанов В.Б., Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н. Продолжительность и геодинамика формирования Ангаро-Витимского батолита: по данным U–Pb изотопного LA-ICP-MS датирования магматических и детритовых цирконов // Геология и геофизика. – 2021. – Т. 62. – № 12. – С. 1619-1641.

 Цыганков А.А. Магматическая эволюция Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса в позднем докембрии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.
– 306 с.

12 Булгатов А.Н., Гордиенко И.В. Террейны Байкальской горной области и размещение в их пределах месторождений золота // Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – № 3. – С. 230-240.

13 Гордиенко И.В. Металлогения различных геодинамических обстановок Монголо-Забайкальского региона // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 3. – Ч. 1. – С. 7-13.

14 Лыхин Д.А., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Иванова А.А., Плоткина Ю.В. U–Pb-возраст редкометальных щелочных гранитов месторождения Снежное: к оценке возрастной однородности гранитоидов огнитского комплекса (Восточный Саян) // Доклады РАН. Науки о Земле. – 2022. – Т. 506. – № 2. – С. 148-157.

15 Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Шурига Т.Н., Воронцов А.А., Сугоракова А.М. Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометальной зоны (Россия) // Геология рудных месторождений. – 2011. – Т. 53. – № 5. – С. 438-449.

16 Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. Ed. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geological Society of London. – 1989. – PP. 313-345.

17 Pearce J.A., Ernst R.E., Peate D.W., Rogers C. LIP printing: Use of immobile element proxies to characterize Large Igneous Provinces in the geologic record // Lithos. – 2021. – Vol. 392–393. – P. 106068.

18 Хубанов В.Б. Бимодальный дайковый пояс центральной части Западного Забайкалья: геологическое строение, возраст, состав и петрогенезис / Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Улан-Удэ: ГИН СО РАН, 2009. - 23 с.

19 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.

20 Ермолов П.В., Владимиров А.Г., Изох А.Э., Полянский Н.В., Кубебней В.С., Ревякин П.С., Борцов В.Д. Орогенный магматизм офиолитовых поясов (на примере Восточного Казахстана). Новосибирск: Наука, 1983. - 207 с.

21 Докукина К.В., Конилов А.Н., Каулина Т.В., Владимиров В.Г. Взаимодействие базитовой и гранитной магм в субвулканических условиях (на примере тастауского интрузивного комплекса Восточного Казахстана) // Геология и геофизика. – 2010 – Т. 51. – № 6. – С. 804-826.

22 Хромых С.В., Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Котлер П.Д., Соколова Е.Н. Мантийно-коровые взаимодействие в петрогенезисе габбро-гранитной ассоциации Преображенского интрузива, Восточный Казахстан // Петрология. – 2018 – Т. 26. – № 4. – С. 376-399.

23 Wilcox R.E. The idea of magma mixing: history of struggle for acceptance // J. Geol. – 1999 - Vol. – 103. – № 2. - PP. 127-145.

24 Collins W. J., Richards S. R., Healy B. E., Ellison P.I. 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. – Vol. 91. – PP. 27-45.

25 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.

26 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.

27 Ласточкин Е.И., Рампилова М.В., Рампилов М.О. Минеральный состав и геохимические особенности Телегинского габброидного массива // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН и 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий РАН / Улан-Удэ (13-17 марта 2023). – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 324-327.

28 Leake B.E., Woolley A.R., Arps Charles E.S., et al. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. The nomenclature of minerals: a complication of IMA reports. – 1998. – PP. 49-77.

29 Занвилевич А.Н., Литвиновский Б.А., Андреев Г.Н. Монголо-Забайкальская щелочно-гранитоидная провинция. – М.: Наука, 1985. - 232 с.

30 Reichow M.K., Litvinovsky B.A., Parrish R.R., Saunders A.D., 2010. Multi-stage emplacement of alkaline and peralkaline syenite–granite suites in the Mongolian–Transbaikalian belt, Russia: Evidence from U-Pb geochronology and whole rock geochemistry // Chemical Geology. – 2010. – Vol. 273 (1-2). – PP. 120-135. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2010.02.017.

31 Рампилова М.В., Рампилов М.О., Избродин И.А. Особенности вещественного состава и возраст щелочных гранитов Ингурского массива, Западное Забайкалье // Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – № 13(4). https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-4-0647

32 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 of Transbaikalia (Russia) // Lithos. – 2011. – Vol. 125. – PP. 845-874. DOI: 10.1016/j.lithos.2011.04.007

33 Wickham S.M., Albertz A.D., Zanvilevich A.N., Litvinovsky B.A., Bindeman I.N., Schauble A. A stable isotope study of anorogenic magmatism in East Central Asia // Journal of Petrology. – 1996. – Vol. 37. – PP. 1063-1095.

34 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.

35 Melluso L., Srivastava R.K., Guarino V., Zanetti A., Sinha A.K. Mineral compositions and petrogenetic evolution of the Ultramafic-Alkaline-Carbonatite complex of Sung Valley, Northeastern India // Can. Mineral. – 2010. – Vol.48. – PP. 205-229.

36 Sadiq M., Ranjith A., Umrao A.K. REE mineralization in the carbonatites of the Sung Valley ultramafic-alkaline-carbonatite complex, Meghalaya, India // Open Geosciences. – 2014. – Vol.6. – PP. 457-475.

37 Дорошкевич А.Г., Избродин И.А., Рампилов М.О., Рипп Г.С., Ласточкин Е.А., Хубанов В.Б. Пермо-триасовый этап щелочного магматизма Витимского плоскогорья (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. – 2018. – Т.59 (9). – С. 1325-1344.

38 Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kravchinsky V.A. Phanerozoic hot spot races and paleogeographic reconstructions of the Siberian continent based on interaction with the African large low shear velocity province // Earth Sci. Rev. – 2010. – Vol. 102. – PP. 29-59.

# Список 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 2023 г.:

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. – 2023. – Vol. 65 (15). – P. 2348-2369. *DOI*: *10.1080/00206814.2022.2139296*. (Q1)

Laptev Y.V, **Doroshkevich A.G.**, Prokopyev I.R. Comparative experiments on the role of CO2 in the gold distribution between pyrite and a high-salinity fluid // Minerals. – 2023. – Vol.13. – Art. 464. *DOI:* 10.3390/min13040464 (Q2)

Moiseev A.V., Gushchina M.Yu., Sokolov S.D., O'Sullivan P.B., **Khubanov V.B.**, Erofeeva K.G., Dubenskiy A.S. 2023. Late Paleozoic – Cretaceous paleotectonic reconstructions of NE Asia: Insights from U–Pb dating detrital zircons from sandstones in the Algan and Ust'-Belaya terranes (NE Russia) // Journal of Asian Earth Sciences. – 2023. – Vol. 252. – Art. 105685. **DOI:** 10.1016/j.jseaes.2023.105685. (Q1)

Prokopyev I.R., **Doroshkevich A.G.**, Redina A.A. Brine–Melts and Fluids of the Fe-F-P-(Ba)-(Sr)-REE Central Asian Carbonatite Province (Southern Siberia and Mongolia): the Petrogenetic Aspects // Minerals. – 2023. – Vol. 13. – Art. 573. **DOI:** 10.3390/min13040573 (Q2)

Prokopyev I.R, **Doroshkevich, A.G.**, Starikova A.E., Kovalev S.V., Nugumanova Ya.N, Izokh A.E. Petrogenesis of juvenile pelletal lapilli in ultramafic lamprophyres // Scientific Reports. – 2023. – Vol.13. – Art. 5841. *DOI:* 10.1038/s41598-023-32535-2 (Q1)

Prokopyev I.R., **Doroshkevich A.G.**, Starikova A.E., Yang Y., Goryunova V.O., Tomoshevich N.A., Proskurnin V.F., Saltanov V.A., Kukharenko E.A. Geochronology and origin of the carbonatites of the Central Taimyr Region, Russia (Arctica): Constraints on the F-Ba-REE mineralization and the Siberian Large Igneous Province // Lithos. – 2023. – Vol. 440-441. – Art. 107045. *DOI:* 10.1016/j.lithos.2023.107045. (Q1)

Travin A.V., Buslov M.M., Bishaev Yu.A., **Tsygankov A.A.**, Mikheev E.I. Late Paleozoic–Cenozoic Tectonothermal Evolution of Transbaikalia: Thermochronology of the Angara–Vitim Granitoid Batholith // Geology and Geophysics. – 2023. – Vol.64. – No. 9. – PP. 1086-1097 **DOI:** 10.2113/RGG20234577 (Q3)

Zhukova I.A., Stepanov A.S., Malyutina A., **Doroshkevich A.G.**, Korsakov A.V., Jiang S.-Y., Bakovets V.V., Pomelova T.A., Nigmatulina E.N. Raman spectroscopic study of nonstoichiometry in cerianite from critical zone // Journal of Raman Spectroscopy. – 2023. – Vol. 54(11). – Art.1191. *DOI:* 10. 1002/jrs.6557 (Q2)

Багдасарян Т.Э., Гайдук А.В., **Хубанов В.Б.**, Латышев А.В., Веселовский Р.В. Первые результаты трекового датирования апатита с применением LA–ICP–MS из кровли фундамента сибирской платформы (Непско-Ботуобинская антеклиза) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 510(2). – С. 161-165. *DOI:* 10.31857/S2686739723600248 (Q3)

Багдасарян Т.Э., **Хубанов В.Б.**, Веселовский Р.В., Зайцев В.А., Малышев С.В. LA-ICP-MS трековое датирование апатита из интрузивных тел Сибирской трапповой провинции: метод, первые результаты и их интерпретация // Геодинамика и тектонофизика. – 2023. – Т. 14(4). – С. 0711. *DOI*: 10.5800/GT-2023-14-4-0711. (Q3)

Глушкова В.И., Перетяжко И.С., Савина Е.А., **Хромова Е.А.** Минералы группы оливина в мелилит-нефелиновых паралавах пирометаморфических комплексов Монголии // Записки Российского минералогического общества. – 2023. – Т. 152. – №1. – С. 61-77.

Гребенникова А.А., Доброшевский К.Н., Вах А.С., Горячев Н.А., **Хубанов В.Б.** Геологическая позиция и золото-висмутовая минерализация месторождения Намовское (Южный Сихотэ-Алинь, ДВ России) // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42(6). – С. 96-117. **DOI**: 10.30911/0207-4028-2023-42-6-96-117 (Q4)

Елбаев А.Л., Гордиенко И.В., **Хубанов В.Б., Рампилов М.О.** Гранитоиды Тамирского (Мо) рудопроявления (Западное Забайкалье): состав, возраст и вероятные источники расплавов // Геосферные исследования. – 2023. – № 3. – С. 13-27. **DOI**: 7223/25421379/28/2.

Ефремова У.С., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Гладкочуб Д.П., **Хубанов В.Б.** Положение анайской свиты в разрезе протерозоя Байкальского выступа фундамента Сибирской платформы. Геодинамика и тектонофизика. – 2023. – 14(2). – С. 0695. **DOI**: 10.5800/GT-2023-14-2-0695. (Q3)

Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Хубанов В.Б., Хромова Е.А. Состав, возраст и геодинамическая позиция щелочных пород Боргойского и Боцинского массивов (Джидинская щелочная провинция) // Геодинамика и тектонофизика. – 2023. – 14(1). – С. 0686. DOI: 10.5800/GT-2023-14-1-0686. (Q3)

Кузьмичев А.Б., Стороженко А.А., Данукалова М.К., **Хубанов В.Б.**, Дубенский А.С. Результаты датирования детритовых цирконов из докембрийских пород северо-западной части Енисейского кряжа: Первые сведения о континентальном Киселихинском террейне // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31(6). – С. 3-19. *DOI:* 10.31857/S0869592X23060066 (Q4)

Ласточкин Е.И., Рампилова М.В., Рампилов М.О., Посохов В.Ф., Хромова Е.А. Амфиболы в апатитоносных габбро-диоритах Телегинского массива (Юго-Западное Забайкалье) // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – №. 103 (Часть 5). – С. 96-99. **DOI**:10.18411/trnio-11-2023-279

Ласточкин Е.И., Рипп Г.С., Избродин И.А., Рампилов М.О., Рампилова М.В., Посохов В.Ф., Хромова Е.А. Сульфат-содержащие минералы из флюорит-бастнезитовых карбонатитов Улан-Удэнского редкоземельного проявления (Россия, Западное Забайкалье) // Уральский геологический журнал. – 2023. – №6 (156). – С. 79-90.

Малиновский А.И., Чащин А.А., **Хубанов В.Б.** Первые результаты U-Pbдатирования детритовых цирконов из палеозойско-раннемезозойских отложений Лаоелин-Гродековского террейна (Западное Приморье) // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 4. – С. 89-95. **DOI**: 10.17513/use.38029.

Минина О.Р., Гордиенко И.В., Дамдинов Б.Б., Ташлыков В.С., Гонегер Т.А., Скрипников М.С., Ланцева В.С., **Хубанов В.Б.**, Кислов Е.В. Новые данные о возрасте рудовмещающих отложений Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 3. – С. 299-314. **DOI:** 10.31857/S0024497X23700076

Никулова Н.Ю., Гракова О.В., **Хубанов В.Б.** Морфология, строение и состав циркона из метапесчаников алькесвожской толщи (Приполярный Урал) // Вестник Пермского университета. Геология. – 2023. – Т. 22(2). – С. 99-106. **DOI:** 10.17072/psu.geol.22.2.99.

Нугуманова Я.Н., Калугина А.Д., Старикова А.Е., Дорошкевич А.Г., Прокопьев И.Р. Минералы группы апатита из ультраосновных лампрофиров зиминского щелочноультраосновного карбонатитового комплекса (Урикско-Ийский грабен, Восточное Присаянье) // Литосфера. – 2023. – Т. 23. - № 4. – С. 589-602. *DOI:* 10.24930/1681-9004-2023-23-4-589-602 (Q4)

Овчинников Р.О., Сорокин А.А., Хи W.L., **Хубанов В.Б.** Первые данные о возрасте метаморфических пород Сынчугинского блока Цзямусинского континентального массива (Центрально-Азиатский орогенный пояс) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 509 (2). – С. 160-164. *DOI:* 10.31857/S2686739722602587. (Q4)

Савельева В.Б., Базарова Е.П., **Хромова Е.А.** Минералы стронция и бария в щелочных породах Большетагнинского ийолит-сиенит карбонатитового массива (югозападная окраина Сибирского кратона) // Записки Российского минералогического общества. – 2023. – Т. 152. – №1. – С. 78-101. (Q4)

Смирнов Ю.В., **Хубанов В.Б.** Раннепермские адакиты Нора-Сухотинского террейна восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса: геохронологические (U-Pb, LA-ICP-MS) и геохимические данные // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64(1). – С. 72-86. **DOI:** 10.15372/GiG2022120. (Q4)

Смирнов Ю.В., **Хубанов В.Б.**, Дриль С.И. Позднекаменноугольные риолиты Приамурского фрагмента Нора-Сухотинского террейна: геохимия и геохронология // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. – 42(5). – С. 105-119. **DOI:** 10.30911/0207-4028-2023-42-5-105-119. (Q4)

Смирнова Ю.Н., Куриленко А.В., **Хубанов В.Б.** Состав и возраст пород областей сноса для нижне-среднекембрийских (?) терригенных отложений ерниченской толщи Аргунского массива, восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31(5). – С. 98-115. **DOI:** 10.31857/S0869592X23050071. (Q4)

Травин А.В., Буслов М.М., Бишаев Ю.А., **Цыганков А.А.** Термохронология Ангаро-Витимского гранитоидного батолита как летопись эволюции Монголо-Охотского орогена // Доклады РАН. Науки о Земле. – 2023. – Т. 508. – № 2. – С. 211-215 **DOI**: 10.31857/S2686739722602447 (Q4)

Хубанов В.Б., Долгобородова К.Д., Цыганков А.А., Хубанова А.М., Дамдинова Л.Б., Дамдинов Б.Б., Бурмакина Г.Н., Зарубина О.В. Геохимия и возраст базитовых даек Ве-месторождения Снежное: свидетельства позднепалеозойского плюм-мантийного магматизма Восточного Саяна // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 508(1). – С. 37-43. DOI: 10.31857/S2686739722601909 (Q4)

**Цыганков А.А., Хубанов В.Б., Бурмакина Г.Н.,** Буянтуев М.Д. Периодичность эндогенных событий Западного Забайкалья и Северной Монголии (восточный сегмент Центрально-Азиатского складчатого пояса) по данным U–Pb датирования зерен детритового циркона из современных речных осадков // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2023. – Т. 31(5). – С. 3-26. **DOI:** 10.31857/S0869592X23050083 (Q4)

Чистякова А.В., Веселовский Р.В., **Хубанов В.Б.**, Иванов А.В., Марфин А.Е., Брянский Н.В., Голубев В.К. Реконструкция питающих провинций Московского бассейна в пермско-триасовое время по данным U-Pb LA-ICP-MS датирования и рамановской спектроскопии обломочного циркона. // Геодинамика и тектонофизика. – 2023. – Т. 14(5). – С. 0718. *DOI:* 10.5800/GT-2023-14-5-0718. (Q4)

Шайбеков Р.И., Уляшева Н.С., **Хубанов В.Б.**, Исаенко С.И., Тропников Е.М., Игнатьев Г.В. Метагаббро-долериты центральной части Карской депрессии (Ненецкий автономный округ, Россия): Влияние импактного события и U-Pb (LA-ICP-MS) возраст // Геохимия. – 2023. – Т. 68(4). – С. 379-394. **DOI**: 10.31857/S0016752523040118. (Q4)

# Нерецензируемые издания

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А. Смешения магм в гранитоидах Северо-Восточного Казахстана: геодинамика, петрогенизис // LIV (54) тектоническое совещание, Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. – Москва: ГЕОС, 2023. – С. 65-68

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А., Грешилова Д.П. Мантийный магматизм в структурах Восточного Казахстана// Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал. – Новосибирск: Новосибирский Государственный Университет, 2023. –С. 28-31.

Бурмакина Г.Н., Цыганков А.А, Гусляков Н.Д. Особенности мантийно-корового взаимодействия в гранитоидах разных геодинамических обстановок // VI Всероссийская конференция с международным участием «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2023. – С. 208-212.

Дорошкевич А.Г., Саватенков В.М., Прокопьев И.Р., Избродин И.А., Крук М.Н., Изох А.Э. Петрогенезис щелочного ультраосновного карбонатит-фоскоритового комплекса Арбарастах, Алдано-Становой щит // Щелочной и кимберлитовый магматизм Земли и связанные с ним месторождения стратегических металлов и алмазов. Сборник статей. – Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2023. – С.113-117. *DOI:10.37614/978-5-91137-500-3.022* 

Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Малютина А. В., Крук М.Н., Старикова А.Е., Прокопьев И.Р., Рампилов М.О. REE-Nb-Zr- минерализация рудных зон № 1, 2 Бурпалинского массива (Северное Прибайкалье), // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН и 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий РАН. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 258-260.

Ласточкин Е.И., Рампилова М.В., Рампилов М.О. Минеральный состав и геохимические особенности Телегинского габброидного массива // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН и 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий РАН. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 324-327.

Ласточкин Е.И., Рипп Г.С., Посохов В.Ф., Рампилов М.О., Рампилова М.В. Влияние метеорных вод на изотопный состав кислорода и водорода в минералах эпитермальных флюоритовых месторождений Забайкалья // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума «Наука и инновации – современные концепции». Москва: Издательство Инфинити, 2023. – Т. 1. – С. 171-178. DOI 10.34660/INF.2023.83.59.054

Рампилов М.О., Рампилова М.В., Избродин И.А. Редкометальная минерализация щелочных гранитов и пегматитов Ингурского массива, Западное Забайкалье // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН и 300летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий РАН. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 443-444.

Рампилов М.О., Рампилова М.В., Избродин И.А. Особенности вещественного состава Щелочных гранитов и пегматитов Ингурского массива, Западное Забайкалье // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума имени академика М.А. Усова, посвященного 160-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 140-летию академика М.А. Усова, основателям

Сибирской горно-геологической школы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – Том 1. – С. 71-72.

Рампилова М.В., Дорошкевич А.Г., Виладкар Ш., Рампилов М.О. Минералогия карбонатитов массива Санг Валли, Мегхалая, Индия // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН и 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий РАН. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 444-447.

Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Трофимов А.В. Источники магм позднепалеозойских и раннемезозойских гранитоидов Западного Забайкалья: Sm-Nd изотопные и геологические ограничения// VI Всероссийская конференция с международным участием «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит». – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2023. – С. 339-344.

**Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б.** Источники магм и петрогенезис гранитоидов разных геодинамических обстановок// LIV (54) тектоническое совещание, Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы. – Москва: ГЕОС, 2023. – С. 291-295.

Цыганков А. А., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б. Петрология и геодинамика гранитоидов Ангаро-Витимского батолита (Западное Забайкалье) // VI Международная научная конференция «Геодинамика и минерагения Северной Евразии», посвященная 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН, 300-летию Российской академии наук, 100-летию Республики Бурятия и 10-летию науки и технологий РАН. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2023. – С. 443-444.

**Цыганков А.А., Бурмакина Г.Н., Хубанов В.Б.** Палеозойские габброиды Западного Забайкалья: состав, изотопный возраст, геодинамика // Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал. – Новосибирск: Новосибирский Государственный Университет, 2023. – С. 206-209.