
ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приоритетное направление 7.1. ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЕЩЕСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ТВЕРДЫХ ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСАДОЧНОГО ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ, МАГМАТИЗМА, МЕТАМОРФИЗМА И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ.

Программа VII.54.2. МАГМАТИЗМ, МЕТАМОРФИЗМ И ФЛЮИДЫ: ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ, ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ПРОЯВЛЕНИЯ

Проект VII.54.2.3. ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СИБИРСКОГО КРАТОНА И ЕГО СКЛАДЧАТОГО ОБРАМЛЕНИЯ

(Per. № 01201055604)

(научные руководители проекта д.г.-м.н. В.С. Антипин, д.г.-м.н. В.А. Макрыгина)

Блок 1. Природа, источники и геодинамические обстановки образования основных-ультраосновных комплексов Сибирской платформы и ее складчатого обрамления на основе изотопно-геохимических исследований (отв. исполнители: к.г.-м.н. С. И. Дриль, д.г.-м.н. А. Я. Медведев).

• На основании исследования геологических, микроструктурных и геохимических особенностей перidotитов Сарамтинского массива из фундамента Сибирской платформы разработана двухстадийная модель их образования. Гарцбургиты являются реститами от ~ 40% полибарического фракционного плавления примитивной мантии, начинавшегося в гранатовой фации (Рис. 1). Лерцолиты образовались из гарцбургитов при их взаимодействии

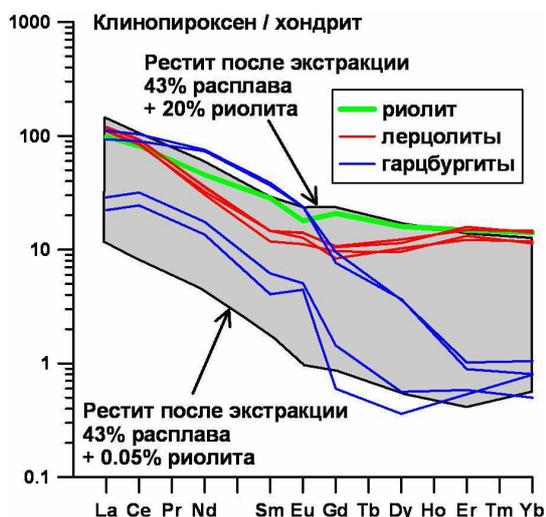


Рис. 1. Результаты моделирования процесса рефertilизации (повторного обогащения). Цветные линии – составы клинопироксенов перidotитов Сарамтинского массива и риолита. Серое поле – рассчитанные составы клинопироксенов, равновесных к смесям: рестит после 43 % плавления ПМ + от 0.05 % до 20 % риолита.

с высококремниевыми расплавами, которое могло происходить в надсубдукционной зоне. Сходство Сарамтинских и субкратонных равномернозернистых перидотитов позволяет сделать вывод о широком развитии этих процессов на ранних стадиях формирования литосферной мантии в архее (д.г.-м.н. М.А.Горнова).

- В 2012 году в продолжение исследований траппов изучена геохимия серебра в эффузивах Сибирской платформы и Западной Сибири. Приведены первые данные по содержанию серебра в вулканитах Западно-Сибирской плиты и существенно дополнены данные о базальтах Сибирской платформы. Содержания серебра во всех исследованных породах не зависят от процессов фракционирования исходных расплавов, процессов контаминации вмещающих пород и составляют в среднем от 0,07 до 0,10 ppm. Повышенные содержания серебра могут быть связаны только с процессами сульфидообразования.

Продолжены исследования в пределах Эрэн-Дабанского докембрийского метаморфического террейна в Северо-Восточной Монголии. Изучены магматические породы нижнего СВК, которые соответствуют базальтам срединно-океанических хребтов N-MORB (Рис. 2). Исключение составляют

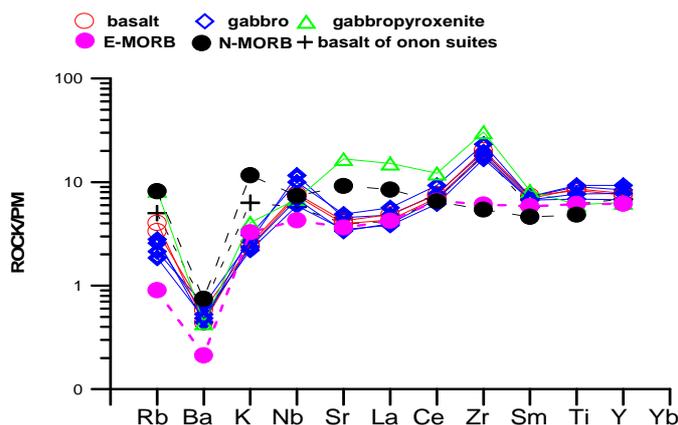


Рис. 2. Спайдерграмма магматических пород Эрэн-Дабанского террейна

легкоподвижные на регрессивном этапе метаморфизма элементы, такие, как Rb, Ba, K. Исследованные породы сопоставимы с океаническими базальтами кулиндинской и ононской свит Восточного Забайкалья и Западного Хэнтэя, которые по последним данным U-Pb датирования по цирконам имеют средне- и позднеордовикский возраст и представлены N- и E-MORB, и также

формировались в Палеоазиатском океане (д.г.-м.н. А.Я.Медведев).

- По результатам ^{40}Ar - ^{39}Ar геохронологических исследований вулканитов Минусинского прогиба установлены два этапа формирования магматических очагов. Первый этап отвечает раннедевонской (405-386 млн лет) максимальной активности очагов с формированием крупнообъемных бимодальных базальт-риодацитовых вулканических комплексов с долеритовыми силлами, обусловивших образование впадины. Второй этап соответствует затухающей во времени магматической активности и зафиксирован в средне- и позднедевонских (385-364 млн лет) долеритовых дайках. Все породы обладают четкими геохимическими связями между собой, что позволяет предполагать существование общего для них и долгоживущего источника вещества (д.г.-м.н. А.А.Воронцов).

Блок 2. Источники магм, изотопно-геохимическая систематика и эволюция гранитоидных и гранитно-пегматитовых систем в истории геодинамического развития складчатого обрамления Сибирского кратона (отв. исполнители д.г.-м.н. В.С. Антипин, д.г.-м.н. В.Е. Загорский)

- На основе U-Pb датировок (SHRIMP-II) для главных разновидностей магматических пород установлены полихронный характер литиеносной Завитинской гранитно-пегматитовой системы в Восточном Забайкалье. Выделено три разновозрастных разновидности гранитов, объединяемых обычно в кукульбейский магматический комплекс: 1) порфиридные амфибол-биотитовые и биотитовые граниты (адамеллиты) ($169,0 \pm 3,0$ млн лет), 2) двуслюдяные субщелочные граниты-лейкограниты ($147,5 \pm 3,1$ млн лет), 3) гранат-мусковитовые субщелочные граниты-лейкограниты ($140,0 \pm 3,0$ млн лет), а также четыре типа пегматитовых образований: гранит-пегматиты (тип 1), калишпатовые и двуполевошпатовые (тип 2), 3) существенно альбитовые (тип 3), 4) полосчатые сподумен-альбитовые аплит-пегматиты (тип 4). Пегматиты 1 и 2 типов ассоциируют с малыми телами мусковитовых гранитов-лейкогранитов и имеют одинаковый с ними возраст ($139,6 \pm 3,1$ млн лет), тогда, как сподуменовые пегматиты 4 типа существенно моложе ($129,6 \pm 2,7$ млн лет). Длительность

формирования гранитно-пегматитовой системы в целом – около 40 млн лет. Ее формирование совпадает с периодом смены геодинамических режимов в регионе на рубеже J_3 - K_1 : возраст ранних гранитных членов системы соответствует времени завершения коллизии Сибирского кратона и Аргунского микроконтинента в средней-поздней юре, тогда как образование сподуменовых пегматитов – началу этапа рифтогенеза (д.г.-м.н. В.Е.Загорский).

- В риолитах дзунбаинской свиты (K_1) Нилгинской депрессии в Центральной Монголии обнаружены реликты необычных силикатных и силикатно-железистых гелеподобных флюидных сред. Высококремнистые калиевые риолиты (SiO_2 до 78 мас.%, $K_2O=4,8-5,3$ мас.%), содержат мало воды ($H_2O^+=0,4-0,6$ мас.%) и CO_2 (0,4-0,6 мас.%) и относятся к субщелочным ($Na_2O+K_2O=7,8-8,7$ мас.%) разновидностям. Породы бедны редкими элементами, содержат 300-360 ppm суммы РЗЭ с преобладанием легких лантаноидов. Концентрация фтора в риолитах изменяется от 200 до 1000 ppm (среднее 700 ppm). Гелеподобные силикатные и силикатно-железистые среды обнаружены во включениях из вкрапленников кварца и санидина, а также среди частично раскристаллизованного матрикса пород (Рис. 3). Гелеподобные среды находились в риолитовой магме при температуре выше 800-900°C. Во включениях из них формировались агрегаты: H_2O -кремнезема, субмикронных сегрегаций санидина, кварца, сидерофиллита, силикатно-железистых фаз, с

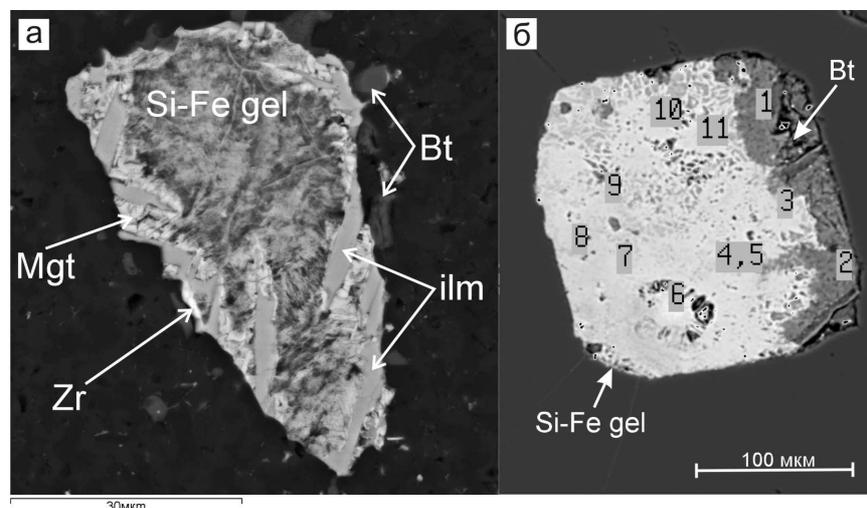


Рис. 3. Силикатно-железистые фазы (Si-Fe gel) в матриксе риолита (а) и во включении в кварце (б). Mgt - магнетит, ilm – ильменит, Zr – циркон, Bt – фтор-биотит.

редкими апатитом, монацитом, ксенотимом, фосфатами, баритом (концентраторы P, PЗЭ, Th, U, Nb, Ba, S). Для силикатно-железистых фаз характерны обратные соотношения Fe (71-6,8 мас.% FeO) и Si (6,5-47,6 мас.% SiO₂) при вариациях других элементов.

В качестве альтернативы истинному раствору предполагается первоначально коллоидно-дисперсное состояние силикатных и силикатно-железистых флюидных сред в риолитовой магме. Причиной, вызвавшей формирование таких необычных сред, могла быть высокотемпературная дегазация фторсодержащего риолитового расплава (концентрации фтора в стеклах расплавных включений достигают 1-1,5%), которая способствовала повышенной растворимости компонентов в магматическом флюиде (*д.г.-м.н. И.С.Перетяжко*).

- Проведено сравнение вещественных особенностей выделенных геохимических типов синколлизийных гранитоидов Ольхона и Хамар-Дабана с современными коллизийными гранитами Гималаев и палеозойскими гранитами Центральной Испании. Показана идентичность по макросоставу их главных фаз (Рис. 4), но большее разнообразие типов гранитоидов на Ольхоне и в Хамар-Дабане и различия по микроэлементам, что связано с мелкоочаговым плавлением последних в тектонических пластинах разного состава. Установлено, что по преобладающим значениям возраста цирконов и особенностям состава граниты Солзанского массива Хамар-Дабана относятся к типичным синколлизийным образованиям, сформированным по гнейсам хамардабанской серии и аналогичны гранитоидам шаранурского комплекса (*д.г.-м.н. В.С. Антипин*).

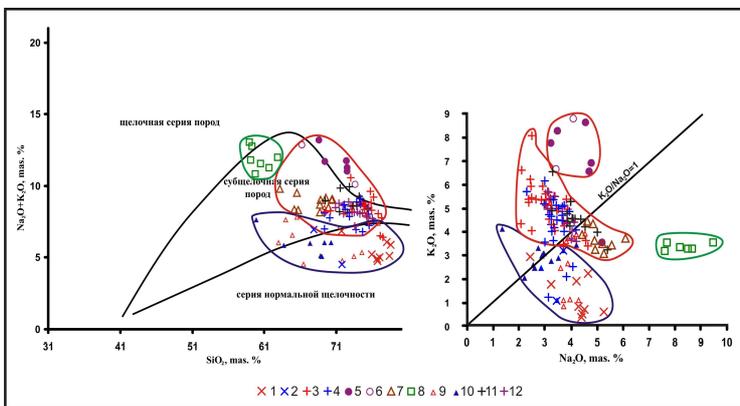


Рис. 4. Плагиогматиты, плагиограниты: 1 – Ольхон, 2 – Хамар-Дабан; 3-4 – К-На гранитоиды. Гранитоиды Ольхона: 5-6 – редкометалльные пегматоидные; 7 – субщелочные; 8 – щелочные сиениты. Вмещающие гнейсы: 9 – Ольхон, 10 – Хамар-Дабан. Коллизийные гранитоиды: 11 – Гималаев, 12 – Центральной Испании.

- Микронзондовыми исследованиями в породах Биту-Джидинского

интрузивного массива Li-F гранитов установлены составы породообразующих минералов и минералов-концентраторов Nb, Ta, LREE, HREE, Th, U, Pb, Sn, Li – аланит, колумбит, танталит, синхизит, монацит, касситерит, ксенотим, фурдит, чангбаит, циннвальдит, протолитионит, Li-мусковит (Рис. 5). Присутствие в породах акцессорных карбонатов, фосфатов, силикатов и оксидов Sn, TR, Pb, Ta, Nb, Th и U свидетельствуют о значительных вариациях условий кристаллизации Li-F гранитной магмы Биту-Джидинского массива и о потенциальной рудоносности его поздних интрузивных фаз.

Редкоэлементные и изотопные данные (Pb, Sr, Nd, Рис. 6) указывают на нижнекоревой гранулитовый источник редкометалльных гранитных магм Биту-Джидинского массива (к.г.-м.н. А.Б.Перепелов).

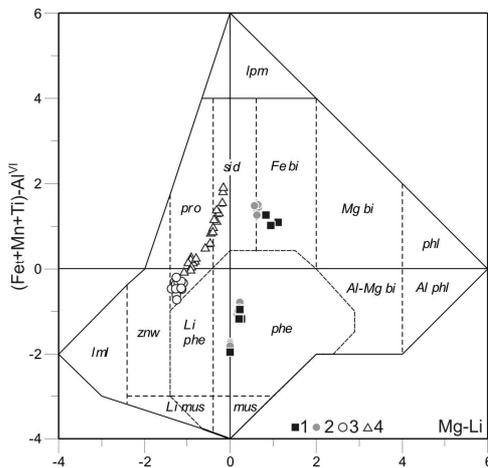


Рис. 5. Классификационная диаграмма слюдов по [Tischendorf, 1997]. Составы слюдов 1-3 фаз гранитоидов и 4 – грейзенов.

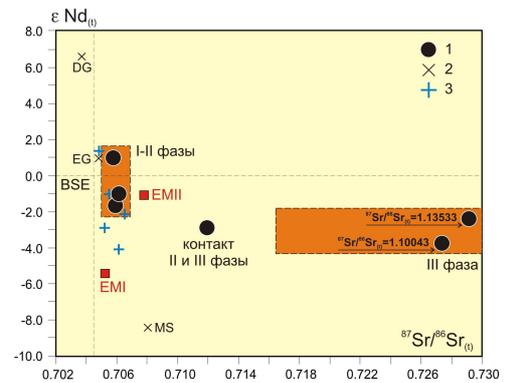


Рис. 6. Соотношение изотопов Nd и Sr в полевых фазах гранитоидов.

- Изучены геохимические особенности гранитоидов окинской зоны Восточного Саяна. Впервые для региона выделены магматические образования довольно редко встречающейся ассоциации NEB (высокониобиевые базиты) – адакиты. (Рис. 7).

Установлено, что неопротерозойский и раннепалеозойский гранитоидный магматизм с адакитовыми характеристиками контролировался единым источником, образовавшимся 2500 ± 100 млн. лет назад при воздействии продуктов плавления океанической литосферы на породы субконтинентальной литосферной мантии (Рис. 8) (к.г.-м.н. С.В.Ефремов).

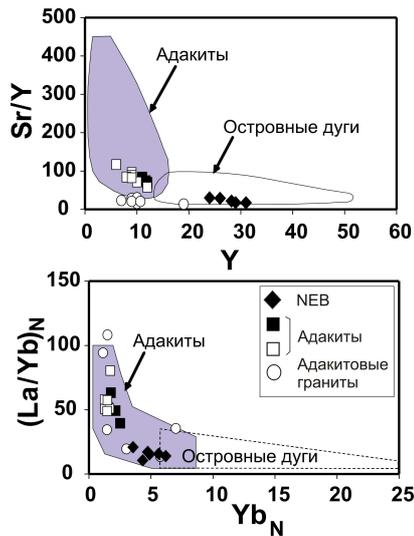
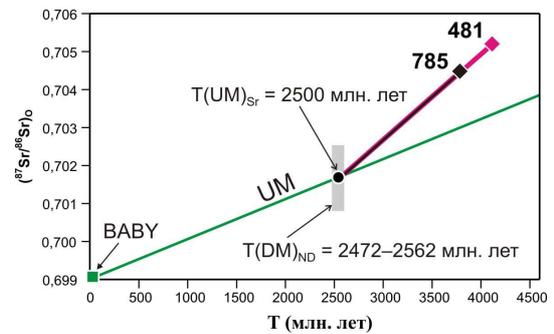


Рис. 7-8. Редкоэлементные характеристики адakitов Восточного Саяна и возраст источника вещества



- Изучены два пояса редкометалльных пегматитов и ассоциированных с ними гранитов Сангиленского нагорья Республики Тыва. Южно-Сангиленский пояс редкоземельно-редкометалльных пегматитов соотносится с раннепалеозойским коллизийным этапом и по геохимии редких элементов и возрасту близок к гранитам кыстарысского комплекса. Центрально-Сангиленский пояс сподуменовых пегматитов совпадает по времени с позднепалеозойскими сдвиговыми тектоническими деформациями, но не сопровождается гранитоидным магматизмом. Оба пояса контролируются зонами глубинных разломов, что позволяет предполагать воздействие на коровые гранитные расплавы глубинного источника энергии и вещества (к.г.-м.н. Л.Г.Кузнецова).

Блок 3. Происхождение, эволюция и рудоносность вулканоплутонических щелочных и карбонатитовых комплексов Сибирского кратона и его складчатого обрамления (отв. исполнитель д.г.-м. н. Н.В. Владыкин)

- Проведено детальное изучение химического состава и концентрации редких элементов в мезозойских лампроитах Алдана, третичных Испании и четвертичных Италии. Первые внедрялись в рифтовых зонах Алданского щита, лампроиты Испании и Италии расположены в рифтовых зонах складчатого пояса юга Европы. Лампроиты Италии и большинство лампроитов Алдана относятся к интрузивным образованиям, а испанские к вулканическим. На диаграммах

парных корреляций петрогенных элементов наблюдается единый тренд составов лампроитов от ультраосновных (40% SiO₂) до средних составов (60% SiO₂), а в лампроитах Испании имеются и редко встречающиеся лампроиты кислого состава. Они представлены стекловатыми разновидностями. Корреляционные тренды лампроитов обоих регионов идентичны. Отсюда вывод, что состав лампроитов не зависит от их возраста и характера внедрения (интрузивные или вулканические), а связан с низкой степенью плавления мантийного субстрата (менее 1%). Распределение редких элементов в лампроитах Испании и Италии идентичны, но отличаются как по концентрациям, так и по конфигурации спектров элементов от лампроитов Алдана (Рис. 9). Вероятно, это связано с различной степенью дифференциации лампроитов. В самих же провинциях независимо от основности лампроитов распределение редких элементов очень близко. По соотношению изотопов Sr-Nd магмы лампроитов Алдана выплавлялись из обогащенной мантии EM-1, а лампроиты Испании и Италии из мантии EM-2. (д.г.-м.н. Н.В.Владыкин)

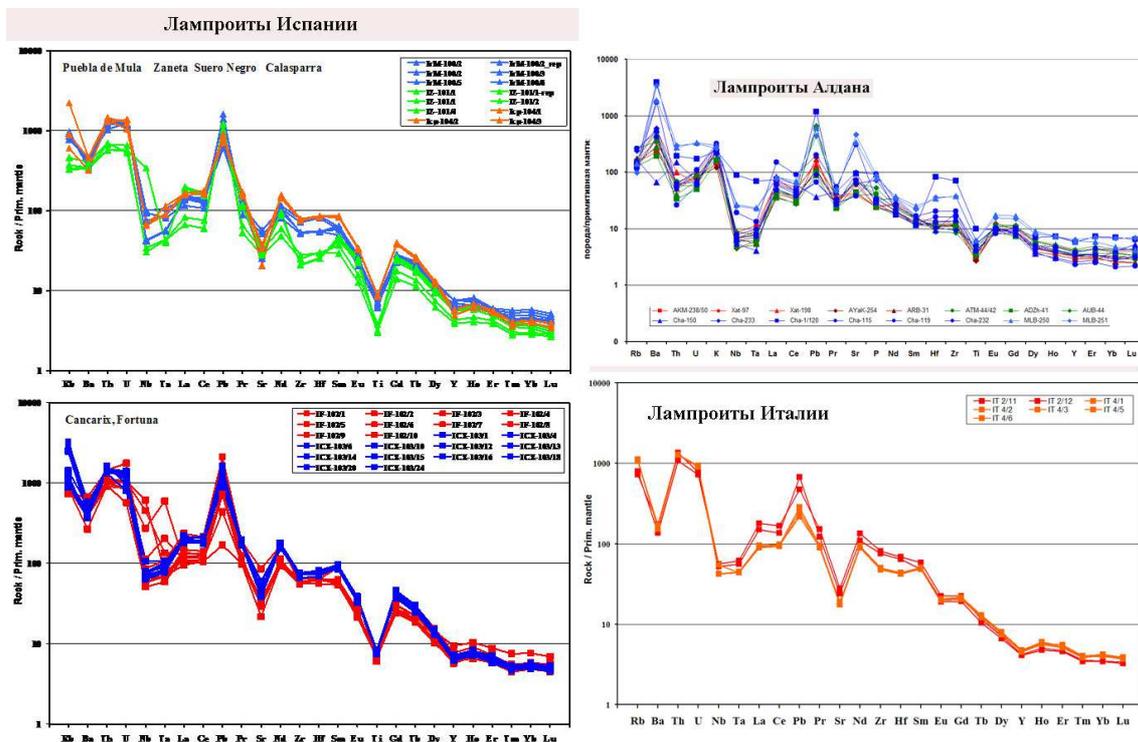


Рис. 9. Спайдердиаграммы лампроитов Испании, Алдана и Италии.

Блок 4. Изотопно-геохимическое изучение метаморфических комплексов юга Сибирской платформы и ее складчатого обрамления с целью создания модели их эволюции и геодинамических обстановок формирования протолитов (отв. исполнитель д.г.-м.н. В.А. Макрыгина)

• Сопоставление геологического положения, возраста, этапов развития и геохимических особенностей метасоматитов и кислых магматитов вдоль южного края Сибирского кратона показало, что все изученные метасоматиты приурочены к разломам, опережающим главную шовную зону кратона. Процесс начинается с бластокатаклаза пород (безрудная стадия). На 2-м этапе вдоль зон бластокатаклазитов циркулируют калиевые рудоносные растворы (Nb, REE, Sn, Be, Th, U, W), образуя собственно калиевые метасоматиты. Ранняя щелочная стадия метасоматоза проявляется как субщелочная гранитизация. Следующий этап магматический, который приводит к образованию рапаквивидных гранитов, богатых теми же элементами (Рис. 10). Завершается процесс метасоматическими продуктами поздней щелочной и кислотной стадии (грейзены) (к.г.-м.н. Л.В.Куц, д.г.-м.н. В.А.Макрыгина).

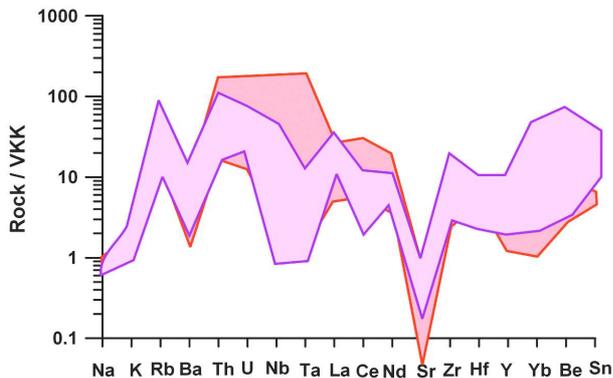


Рис. 10. Редкоэлементный состав гранитов саянского, приморского, ирельского и кадарского комплексов (розовое поле) и щелочных метасоматитов Бирусинского, Приморского, Даванского и Каларского разломов (сиреневое поле) вблизи шовной зоны юга Сибирского кратона

• Обобщены данные и проведены корреляции по возрасту и составу протолитов метаморфических и магматических пород гранит-зеленокаменных (Онотского и Таргазойского ЗП), гранулит-гнейсовых (шарыжалгайский и китойский) комплексов. В Сибирском кратоне может быть выделено 3 возрастных уровня петрогенезиса: 3,4-3,2; 2,9-2,4 и 2,2-1,80 млрд лет, которые включают периоды накопления протолита, метаморфизма, гранитообразования (Рис. 11).

Отмечаются четкие вещественные различия состава протолитов и периодов их преобразований как в гранулитовых, так и в зеленокаменных комплексах. Впервые установлено, что наблюдаемые разрезы шарыжалгайского и китойского комплекса не являются стратиграфическими, представляя собой коллаж пород разного состава и возраста, тектонически совмещенных при неархейской и палеопротерозойской коллизиях (д.г.-м.н. В.И.Левицкий).

Рис. 11.

