

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 550.42:546.027

№ госрегистрации 01201351656

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГХ СО РАН

чл.-корр. РАН

\_\_\_\_\_ В.С.Шацкий

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Геохимическая эволюция, рудоносность и глубинные источники К-щелочных  
лампроит-карбонатитовых комплексов щитов и складчатых зон.

№ 0350-2014-0008

(промежуточный)

Научный руководитель темы

\_\_\_\_\_ д.г.-м.н. Н.В. Владыкин  
подпись, дата

Иркутск 2014

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, д-р  
геолого-минералогических наук

Н.В. Владыкин

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Ответственные исполнители темы:

кандидат геолого-минералогических  
наук

И.А. Сотникова

\_\_\_\_\_

подпись, дата

УДК 550.42:546.027

## Реферат

Отчет включает 19 стр., 9 илл., 3 ист.

Ключевые слова: мантийная природа источников, щелочные породы. Гоубинные магмы, лампроиты, геохимия изотопов.

Целью исследований является получение вещественных характеристик (возрастных, геохимических, изотопных, минералогических) для эталонных щелочных комплексов, проявившихся в различных геодинамических обстановках и сопряженных с мантийными плюмами, обоснование связи с ними разнотипного орудинения, разработка моделей магмо- и рудообразования, выявление общих закономерностей в формировании и эволюции соответствующих рудно-магматических систем

## Содержание

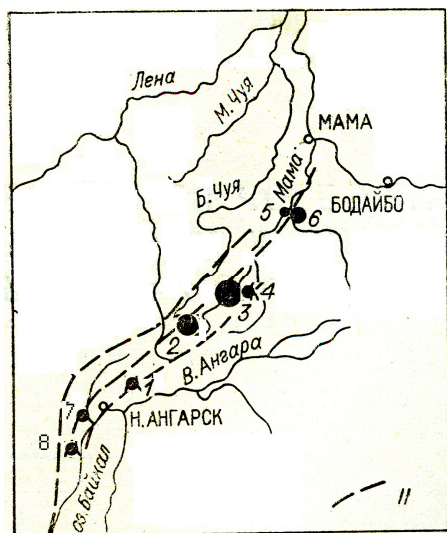
Введение	5
Раздел 1 Возрастные датировки, геохимическая специфика и рудоносность щелочных массивов складчатой зоны Сев. Прибайкалья	6
Основные результаты проведённого исследования	17
Список публикаций по теме	18
Список использованных источников	19

## Введение

Щелочные породы – уникальные образования Земли. Со щелочными-карбонатитовыми комплексами связаны крупнейшие месторождения Nb, Ta, Zr, Y, TR, Cu, P, Al, Pt и других рудных элементов, а также и уникальные месторождения самоцветов: чароита, Cr-диопсида, дианита. В лампроитах Австралии добываются алмазы. Сложность процессов их образования вызывали многолетние научные споры, которые не утихают до сих пор. Развитие новых методов исследований позволяют углубить знания об особенностях вещественного состава щелочных пород. За последние 5 лет только в Хибинском и Ловозерском массивах открыто 50 новых минералов. Данные изотопно-геохимических исследований подтверждают мантийную природу источников вещества для пород щелочных-карбонатитовых комплексов. Новый этап развития геологической науки – гипотеза «плюмовой тектоники» – усилил интерес ученых к щелочным породам. По особенностям происхождения щелочных пород можно расшифровывать глубинную геодинамику Земли. Если плутонические комплексы во многих провинциях изучены детально, то вулканические комплексы подобного состава исследованы недостаточно. С обнаружением извергающихся карбонатитовых лав вулкана Олдони Ленгай в Африке начался новый этап изучения вулканических щелочных пород и их генетической интерпретации. Карбонатитовые лавы и туфы обнаружены даже в хорошо изученных вулканах Италии.

## Раздел 1 Возрастные датировки, геохимическая специфика и рудоносность щелочных массивов складчатой зоны Сев. Прибайкалья

Проблема рудоносности щелочных карбонатитовых комплексов, образовавшихся в различных геодинамических обстановках – в складчатых зонах, на платформах и щитах, еще далека от разрешения. Особенно актуальна она в наше время, когда в мире резко встал вопрос о месторождениях редких элементов стратегического сырья: Nb-Ta, Zr-Hf, TR, Y, связанных, главным образом, со щелочными комплексами. Если по щелочным комплексам рифтовых зон платформ и на щитах имеется уже в мире довольно много данных, то по складчатым зонам их недостаточно. Одним из перспективных районов добычи минерального сырья складчатых зон является Северное Прибайкалье.



**Рисунок 1.** Карта расположения массивов Северо-Байкальской провинции. Массивы: 1 – Аakit, 2 – Бурпала, 3 – Сынныр, 4 – Якша, 5 – Хороб, 6 – Гилиндра, 7 – Гоуджикит, 8 – Горемыка

Северо-Байкальская провинция была выделена А.Я. Жидковым в 60 годы прошлого века и включала 7 щелочных массивов, расположенных на площади от оз. Байкала до пос. Мама (рисунок 1). Массивы изучались в 60 годы.

В 2014 г. нами изучались 3 массива – Сыннырский, Якшинский и Бурпалинский. Проведено детальное геохимическое опробование пород Сыннырского и Якшинского массивов. Сыннырский массив – самый крупный в мире массив К-щелочных пород, площадью более 600 км<sup>2</sup>. Разработаны новые схемы магматизма для этих массивов.

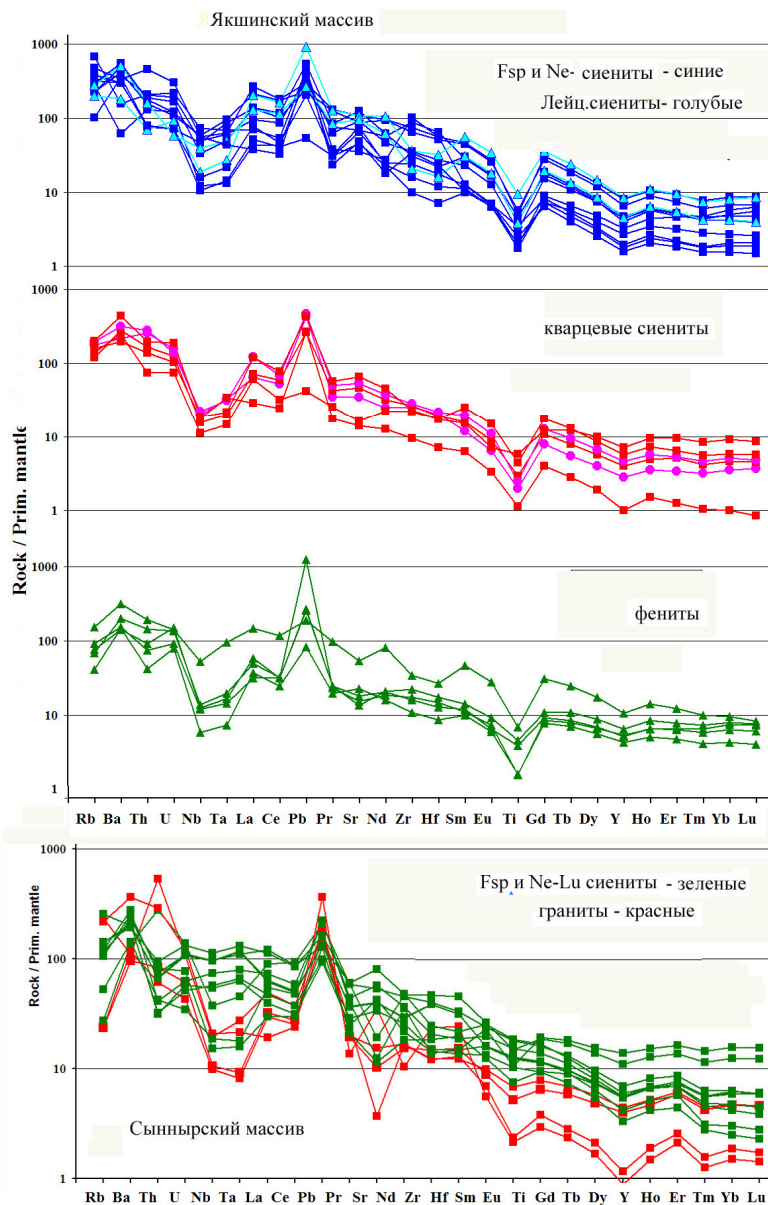
**Сыннырский массив** (жирным выделены породы, добавленные нами в схему магматизма): **Vt-** пироксениты – **шонкиниты** – лейцитовые сиениты (сынныриты) – нефелиновые сиениты (дитроиты) – Fsp- сиениты (пуласкиты) – **кварцевые сиениты** – **щелочные граниты** – **щелочные лампрофиры (дайки)** – **фоскориты** – **карбонатиты** – **гидротермальные кварцевые жилы с Au**. Это комплекс миаскитовых ультракалийевых

пород с самыми высокими в мире содержаниями  $K_2O = 19\%$ . Сынныриты (лейцитовые сиениты) – новый тип **Al-K-Si** безотходного сырья с запасами руды 2.3 млрд т. Лейцит распался на  $K-Fsp$  + кальсилит в виде симплектитовых сростаний.

На петрохимических диаграммах наблюдаются единые тренды составов пород Сыннырского массива, что подтверждает гомодромность пород комплекса и новую схему магматизма. На диаграммах  $K_2O+Na_2O - Al_2O_3$  и  $Al_2O_3 - SiO_2$  фигуративные точки составов сынныритов расположены несколько выше основного тренда составов, что можно объяснить отделением от магмы сынныритового состава карбонатитовой составляющей. Подобный процесс наблюдался Л.И.Паниной в расплавных включениях.

Биотитовые пироксениты и шонкиниты встречаются в ЮЗ части массива в виде ксенолитов. В них присутствует апатит, на проявления которого они оценивались (участок Ушмун) и многими авторами считались метасоматическими породами. При сопоставлении магматизма Сыннырского массива с Мурунским, где биотитовые пироксениты и шонкиниты являются ранней фазой массива, мы вслед за М.П.Орловой считаем их на Сыннырском массиве так же ранней магматической фазой. Кварцевые сиениты и щелочные лампрофиры встречены в виде поздних даечных тел, секущих щелочные сиениты. На петрохимических диаграммах они образуют единый тренд составов с другими породами комплекса, а на спайдер-диаграммах редких элементов (рисунок 2) в них отмечаются такие же конфигурации линий, как и у других пород массива. Эти данные дают нам основание относить все эти породы к единому магматическому циклу Сыннырского плутона.

Особое место в Сыннырском плутоне занимают граниты. Они образуют штокообразное тело в СВ части массива. Ранее их относили к другим, более поздним комплексам в Сев. Байкальском регионе. Проведенное нами детальное исследование химизма и петрографии этих пород показали, что они являются агпайтовыми щелочными гранитами. Так как щелочные граниты обычно генетически принадлежат к тем же калиевым щелочным комплексам [Владыкин, 2009] и завершают магматизм этих комплексов, щелочные граниты Сыннырского плутона мы тоже вносим с схему магматизма массива. На петрохимических диаграммах они не нарушают общего тренда составов пород массива, что так же подтверждает правильность отнесения их к Сыннырскому комплексу пород. Такой же вывод можно сделать из поведения редких элементов.



**Рисунок 2.** Спайдер - диаграммы редких элементов (метод ICP-MS) в породах Якшинского и Сыннырского массивов.

На спайдер-диаграммах пород Сыннырского массива (рисунок 2) в сиенитовых породах наблюдаются положительные аномалии бария и свинца (в сравнении с примитивной мантией) и отрицательные иттрия, а для гранитов добавляется отрицательная аномалия Nb-Ta и Eu. В спектре редкоземельных элементов наблюдается незначительное фракционирование Eu.

В Восточной экзоконтактной зоне массива в 60 годы А.С.Паком были обнаружены, так называемые, магнезиальные скарны (кальцит-апатит-флогопит-форстерит-магнетитовые породы), переходящие в кальцитовые «мрамора». Студентом Н.В.Владыкиным в 1964 году эти породы были опробованы и по аналогии с Ковдорским массивом были названы фоскоритами. Специалист по Ковдорскому массиву проф. А.А

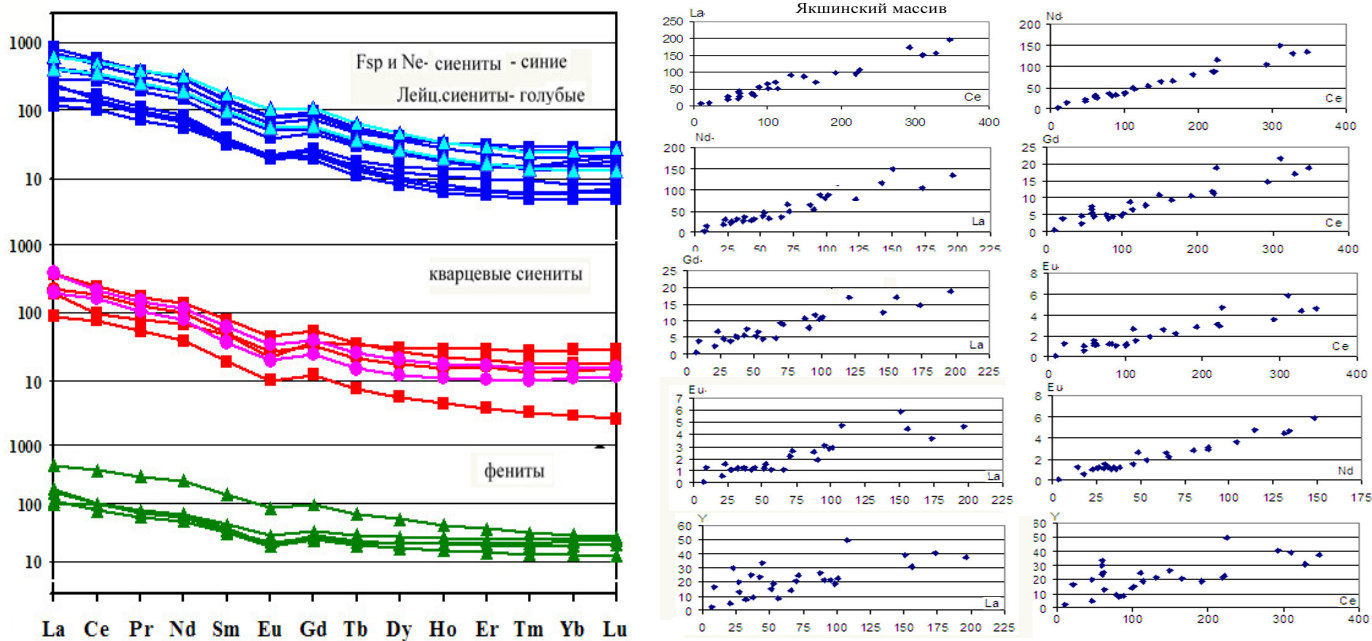


Кухаренко подтвердил правильность отнесения пород к фоскоритам, но в то время считалось, что карбонатиты и фоскориты образуются только в натриевых щелочных комплексах. К сожалению, коллекция образцов была утеряна и никто более не посещал это проявление. За 50 лет этот участок зарос густым лесом и подтвердить находку не удалось. Однако в том же районе нами были найдены во вмещающих породах кальцитовые жилы, по редким элементам близкие к карбонатитам, а Л.И.Паниной обнаружены в расплавных включениях сиенитов карбонатитовые жидкости. Все это свидетельствует о возможности находки карбонатитов в Сыннырском массиве, что уточнит его формационную принадлежность.

**Якшинский массив** расположен Восточнее Сыннырского массива и отделен от Сынныра разломом по р. Левая Мама. А.Я.Жидковым в Якшинском массиве были описаны Fsp-сиениты и сынныриты. Нами проведено детальное геохимическое опробование пород массива и предложена следующая схема магматизма: **шонкиниты – лейцитовые мезократовые и лейкократовые сиениты (сынныриты) – нефелиновые сиениты – Fsp-сиениты – кварцевые сиениты – щелочные граниты – щелочные лампрофиры (дайки).**

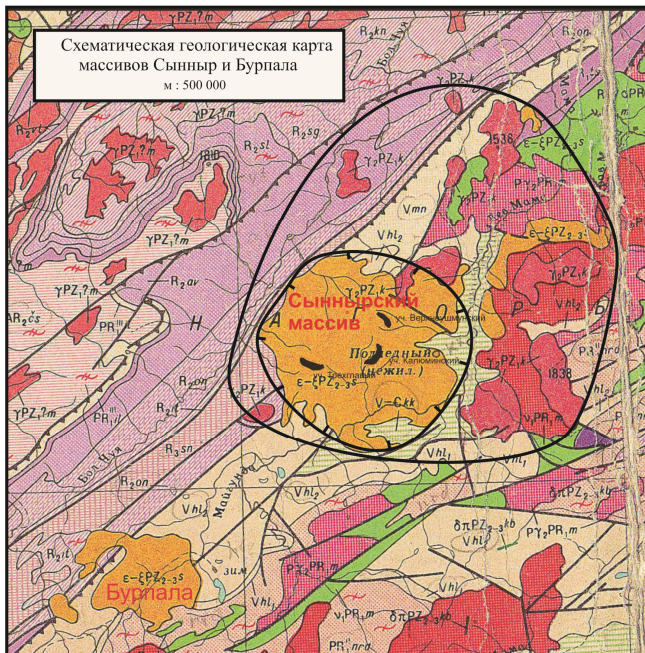
На петрохимических диаграммах парных корреляций породообразующих элементов породы Якшинского массива образуют единый тренд составов, что подтверждает гомодромность массива. Сынныриты, как и в Сыннырском массиве на диаграмме  $K_2O+Na_2O - SiO_2$  расположены несколько выше общей линии тренда составов. На спайдер-диаграммах поведения редких элементов во всех породах массива очень близки (рисунок 2), что подтверждает их генетическое родство. Даже фениты по вмещающим сланцам имеют конфигурации линий, аналогичные сиенитовым.

Спектры редкоземельных элементов в породах Якшинского массива однообразны и мало различаются между собой (рисунок 3 слева). Наблюдаются хорошие парные корреляции между различными редкоземельными элементами, что свидетельствует о гомодромности пород и хорошем качестве анализов (рисунок 3 справа).



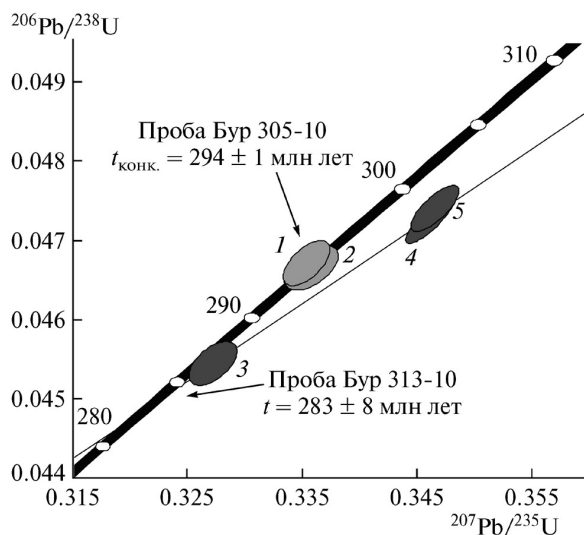
**Рисунок 3.** Спектры редкоземельных элементов и их парные корреляции между собой в породах Якшинского массива

По геологическим, петрохимическим и геохимическим данным породы Якшинского массива аналогичны Сыннырским (рисунок 2), что позволяет считать его не отдельным массивом, а сателлитом Сыннырского. Это необходимо еще подтвердить возрастными датировками. Цирконы по этим породам сейчас находятся в работе. За Восточным экзоконтактом Сыннырского массива во вмещающих породах добывается коренное и россыпное золото неизвестного генезиса. На Восточном фланге этого месторождения отмечаются выходы 4 штоков гранитов (рисунок 4). Исследования составов и геохимии этих гранитов показали, что они относятся к группе щелочных гранитов и аналогичны Сыннырским и Якшинским гранитам. Там же нами обнаружены дайки санидиновых лампроитов и тингуаитов. Все это дает основание предполагать, что на небольшой глубине находится нескрытый калиевый щелочной массив – продолжение Сыннырского массива, а золотое месторождение локализовано в кровле нескрытого массива и связано с магматизмом Сыннырского комплекса. Такие месторождения известны с калиевыми комплексами, например Мурунское. По нашим представлениям образование Au месторождения связано с теплом и гидротермами Сыннырского массива. Таким образом площадь пород сыннырского комплекса увеличивается почти в два раза (рисунок 4).



**Рисунок 4.** Новая и старая площадь распространения пород Сыннырского комплекса (внизу слева Бурпалинский массив)

Продолжено изучение **Бурпалинского массива**. Он находится в 70 км ЮЗ Сыннырского. Его площадь 250 км<sup>2</sup>. Получен точный возраст пород массива и рудоносных пегматитов U-Pb-методом по цирконам. Для сиенитов главной фазы он равен 294 млн лет, для редкометального пегматита 283 млн лет (рисунок 5) Уточнена схема магматизма Бурпалинского массива [Владыкин и др., 2014].



**Рисунок 5.** Диаграмма с конкордией для цирконов из сиенитов главной фазы Бурпалинского массива (обр. Бур 305/10) и редкометального пегматита (обр. Бур 313/10).

Для нефелиновых сиенитов Сыннырского массива получен возраст 305 млн лет. Эти новые сведения дают основание говорить о едином возрастном цикле щелочного магматизма в Северном Прибайкалье.

В пределах Бурпалинского массива известно крупное месторождение стратегических редких элементов Zr, Nb, TR, которое локализуется в жильных агпайтовых сиенит-

пегматитах. В них известно около 100 минералов.

Микрозондовые исследования подтвердили наличие следующих редких минералов:

**Zr-силикаты** – циркон, эвдиалит, ловенит, Ti-ловенит, велерит, бурпалит, сейдозерит, Са-сейдозерит, розенбушит, власовит, катаплеит, Са-катаплеит, эльпидит.

**Минералы Ti** – титанит, астрофиллит, рамзаит, Mn-нептунит, бафертисит, чевкинит, Mn-ильменит, пирофанит, Sr-перрьерит, ландауит, рутил, анатаз, брукиит;

**Минералы TR** – лопарит, металопарит, бритолит, ринколит, меланоцерит, бастанезит, паризит, анкилит, монацит, TR-апатит;

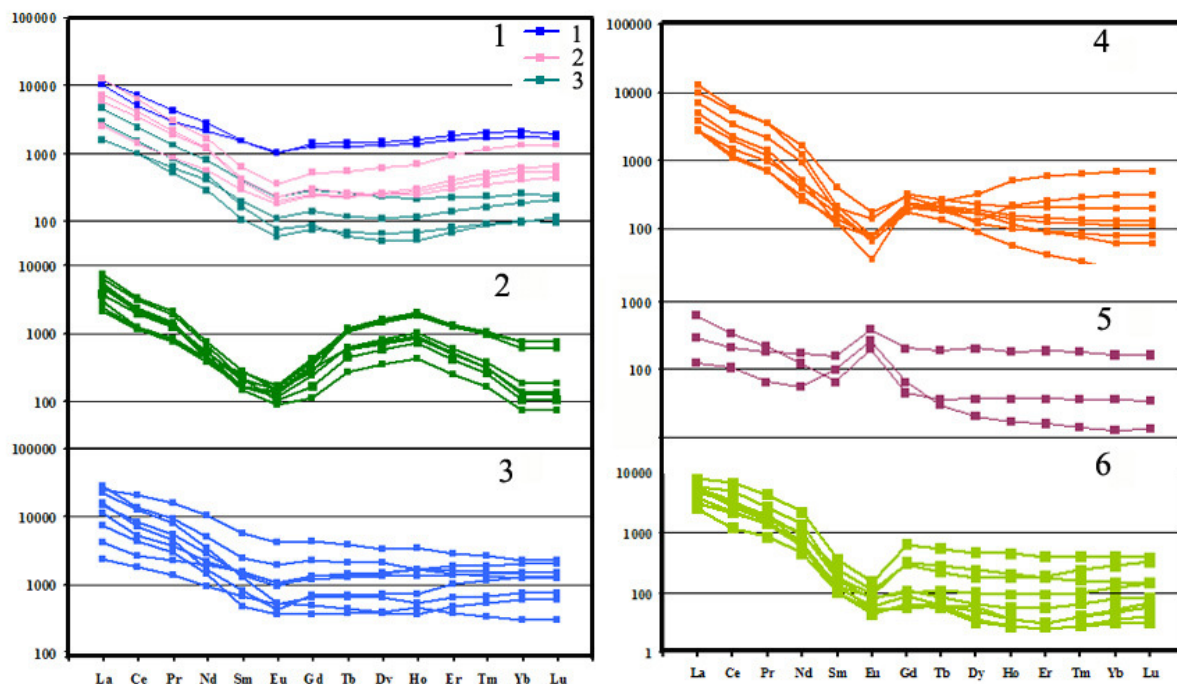
**Минералы Nb** – пирохлор, лопарит;

**Другие редкие минералы** – лейкофан, гамбергит, эвдиалит, пирохлор, бетафит, торит, торианит, тайниолит, бревстерит, криолит и др.

Проведено уточнение структуры власовита.

Концентраторами TR в различных дайках пегматитов являются разные минералы.

Эти парагенезисы редкометалльных минералов характеризуются различными конфигурациями спектров TR. По ним выделено 6 групп пегматитов (рисунок 6). Следует отметить, что не встречаются пегматиты с каким-нибудь одним концентратором РЗЭ, но имеется два вида пегматитов: в I – концентратором является один главный минерал (70%), и во II – главными концентраторами является группа минералов.



**Рисунок 6.** Распределение редкоземельных элементов в породах массива Бурпала.

Условные обозначения: 1 – пегматиты 1 группы (с Zr-силикатами), 2 – пегматиты 2 группы (с астрофиллитом), 3 – пегматиты 3 группы (с ильменитом), 4 – пегматиты 4 группы (с лопаритом и ловенитом), 5 – пегматиты 5 группы (альбитовые), 6 – пегматиты 6 группы (с лопаритом и ильменитом).

На рисунке 6.1 представлены спектры TR *первой группы* пегматитов. Можно выделить три разновидности пегматитов: 1 – с эвдиалитом (характерны наивысшие содержания РЗЭ), 2 – с игольчатыми цирконосиликатами группы ловенита – сейдозерита, 3 – с катаплеитом. Разные содержания РЗЭ в этих минералах связаны с различными кремне-кислородными радикалами в структуре минералов, однако очень близкая конфигурация спектров свидетельствует о накоплении РЗЭ всего в одной структурной позиции. Все три разновидности пегматитов являются высокощелочными, с большим значением коэффициента агапитности, что приводит к кристаллизации цирконосиликатов вместо циркона. Линии спектров начиная от Eu имеют почти горизонтальный характер с небольшим подъемом к конечным членам РЗЭ.

Для пегматитов *второй группы* характерны значительные содержания астрофиллита при переменных, незначительных концентрациях лопарита и цирконосиликатов и синусоидальная линия спектра TR (рисунок 6.2). Суммарное содержание РЗЭ соизмеримо с пегматитами первой группы.

Пегматиты *третьей группы* характеризуются значительными содержаниями манганоильменита. Кроме него, в варьирующих количествах встречаются лопарит и цирконосиликаты. Для спектров TR этих пегматитов (рисунок 6.3) характерен очень незначительный наклон спектра и высокие, по сравнению с другими пегматитами, содержания суммы РЗЭ. Фракционирование Eu в них почти полностью отсутствует, и линия спектра после Eu почти горизонтальна.

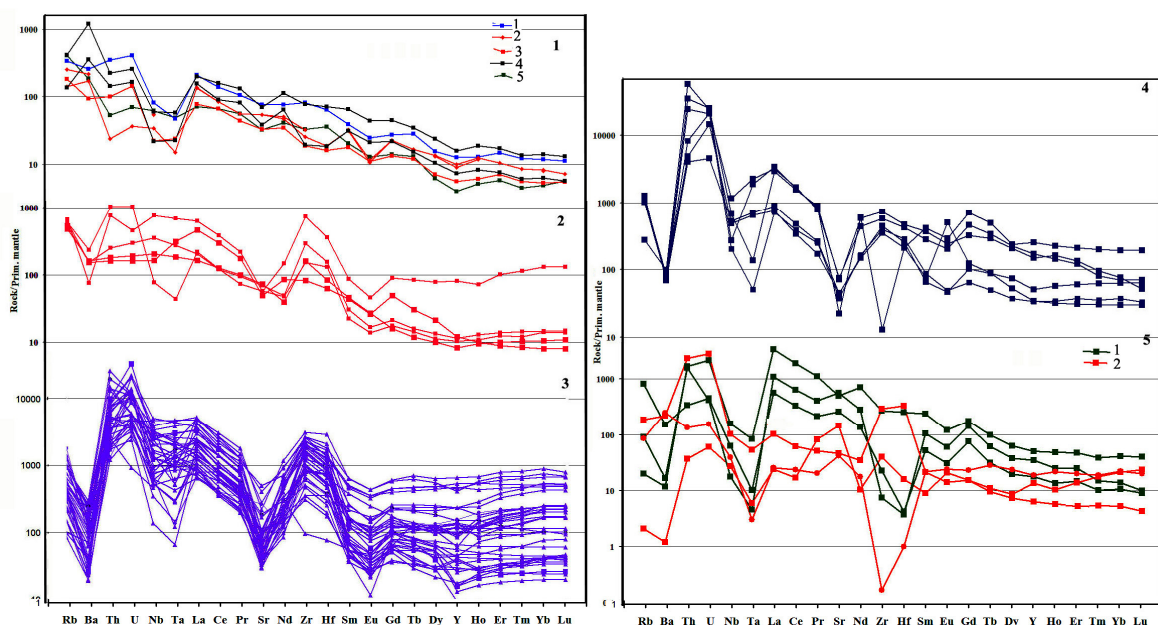
В пегматитах *четвертой группы* главными концентраторами РЗЭ являются лопарит и цирконосиликаты. Пегматиты обычно лейкократового состава, иногда содержат нефелин. Спектр TR представлен на рисунке 6.4 и характеризуется некоторой аномальностью Sm, который находится почти на одной линии с Eu.

Пегматиты *пятой группы* характеризуются лейкократовым, существенно альбитовым составом. Редкометалльные минералы в ней присутствуют в очень незначительных количествах, поэтому и суммы TR низкие. Спектр РЗЭ этих пегматитов резко отличается от других разновидностей (рисунок 6.5). Фракционирование Eu, вероятно, связано с накоплением его в альбитовой составляющей пегматитов.

В пегматитах *шестой группы* среди концентраторов преобладают лопарит и ильменит, иногда встречается пироклор. Пегматиты более меланократовые с преобладанием эгирина над амфиболом-арфведсонитом. Спектры TR этой разновидности (рисунок 6.6) довольно

похожи на спектры предыдущих пегматитов, но имеют свои особенности. В начале идет равномерное довольно резкое понижение линии спектра до Eu (без Sm аномальности), затем резкий подъем спектра от Eu до Gd и далее почти горизонтально линии с некоторым подъемом линии спектра от Er до Lu (в некоторых пробах).

Получены новые данные, более 100 анализов (методом ICP-MS) по концентрациям редких элементов в сиенитах и пегматитах Бурпалинского массива (рисунок 7) Спайдер-диаграммы пород Бурпалинского массива значительно отличаются от щелочных пород других массивов Сев. Прибайкалья. Это объясняется апатитовым характером их минерализации.



**Рисунок 7.** Спектры распределения редких элементов в породах массива Бурпала. Условные обозначения: 1 – породы главной фазы, 2 – мариуполиты, 3 – пегматиты, 4 – фениты, 5- апатит-флюоритовые породы(1), карбонаты (2).

Для спайдер-диаграммы магматических пород главных фаз Бурпалинского массива (рисунок 7.1) характерен плавный и компактный спектр.

Наблюдается следующая тенденция линий спектра внутри схемы магматизма пород массива. Наивысшее содержание элементов (верхняя часть графиков) характерна для ранних пород – шонкинитов и нефелиновых сиенитов. Ниже этих линий располагаются спектры жильных гранитов Бурпалинского массива. Линии пород главной фазы – пуласкитов и кварцевых сиенитов – имеют следующие тенденции: в начале спектра они располагаются между линиями нефелиновых сиенитов и гранитов, а начиная с Tb, линия пуласкитов располагается ниже линии гранитов.

В общем плане линии всех пород интрузивной части Бурпалинского массива располагаются довольно компактно, что подтверждает их генетическую общность. Спайдер

- спектры жильных апатитовых сиенитов – мариуполитов – довольно резко отличаются от спектров интрузивных пород главной фазы (рисунок 7.2). По форме, спектры мариуполитов (рисунок 7.2) очень похожи на спектры редкометальных пегматитов (рисунок 7.3). Большая аналитическая выборка содержаний редких элементов для всех разновидностей пегматитов в виде спайдер-диаграмм представлена на рис. 8.3. Несмотря на сильное различие минеральных парагенезисов редкометальных минералов в отдельных телах пегматитов, для них характерен очень компактный тренд линий этих элементов с одинаковыми положительными и отрицательными аномалиями.

В целом спектры РЗЭ в изученных ранних породах массива и пегматитах характеризуются большой общностью, что свидетельствует об их генетическом родстве. Распределение редких элементов на спайдер-диаграммах также подтверждают генетическую связь всех пород Бурпалинского массива.

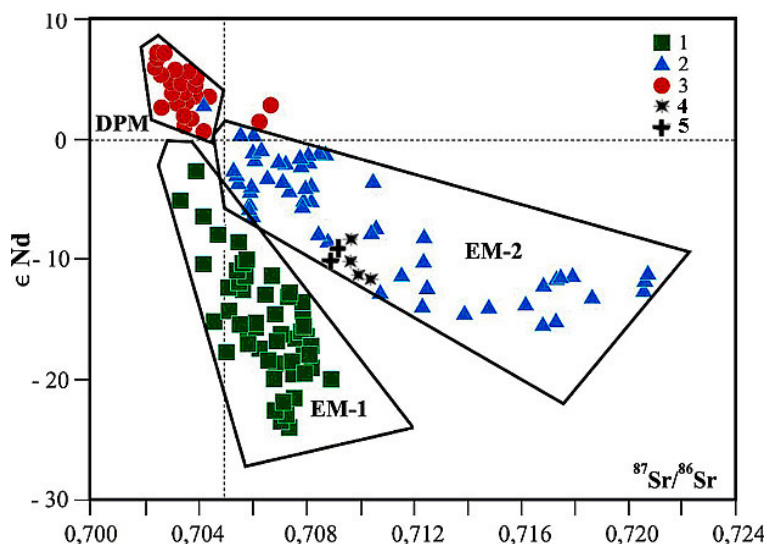
Доказано высокотемпературное происхождение апатит-флюоритовых пород, которые аналогичны фоскоритам карбонатитовых комплексов, только вместо  $\text{CaCO}_3$  в них присутствует  $\text{CaF}$ . В результате термобарогеохимических исследований установлены высокие температуры образования солевых включений во флюоритах (выше  $550\text{ }^\circ\text{C}$ ) и расплавных включений в апатитах (более  $800\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Ранее эти породы считались низкотемпературными гидротермальными образованиями. Но геологические и термобарохимические данные подтверждают мнение о том, что апатит-флюоритовые породы образовались из остаточного флюид-расплава, который отделился от силикатной магмы кварцевых сиенитов. По петрохимическим и геохимическим характеристикам породы Бурпалинского массива укладываются в общий тренд дифференциации щелочной магмы. Эта магма содержала малые концентрации  $\text{CO}_2$  и повышенные  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{F}$ , которые в процессе ее дифференциации значительно накопились и отделились от расплава пегматитов. Они аналогичны фоскоритовым образованиям карбонатитовых комплексов, при таком же высоком содержании кальция, только вместо  $\text{CaCO}_3$  образуются  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3$  и  $\text{CaF}$  совместно с другими «фоскоритовыми» минералами – магнетитом, слюдой и пироксеном.

Кроме апатит-флюоритовых образований мы обнаружили небольшую жилу кальцитового карбонатита с сульфидами во вмещающих породах и небольшую жилу кальцит-бrevстеритовых карбонатитов в центре массива. По высокому содержанию редких элементов эти карбонатные породы можно отнести к карбонатитам. Изотопия Sr-Nd в

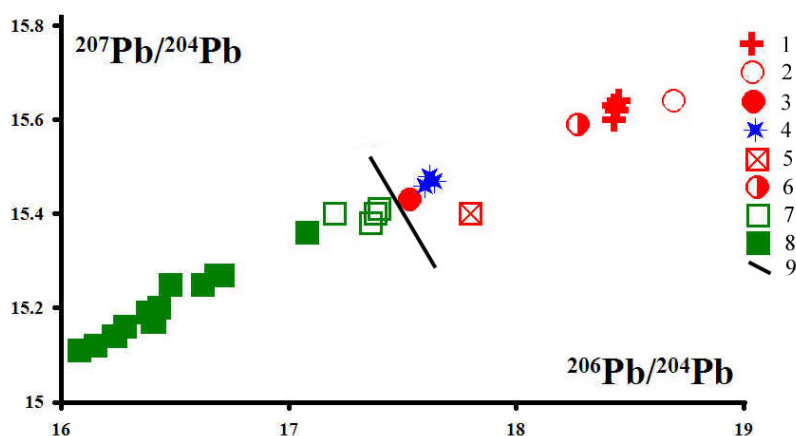
кальцитовой жиле также подтверждает этот вывод. Для этих карбонатитов характерен спектр РЗЭ, близкий к спектру апатит-флюоритовых пород (рисунок 7).

Получены первые данные по геохимии изотопов Sr-Nd и Pb для Бурпалинского массива (рисунок 8). Для массива Бурпала характерен мантийный источник EM-2, что согласуется с его геологическим положением – в складчатой зоне Сев. Прибайкалья.



**Рисунок 8.** Sr-Nd систематика щелочных пород: щелочные породы: 1 – щитов, 2 – складчатых зон, 3 – обрамления платформ [Владыкин, 2005], 4 – Бурпалинский массив, 5 – Аkitский массив.

Изотопия свинца так же подтверждает глубинный источник магмы Бурпалинского массива (рисунок 9). С левой стороны от разделительной линии располагаются метки составов изотопов свинца из щелочных массивов Алданского щита (тип мантийного источника EM-1), а с правой – массивы складчатых зон (Монголии, Бурятии, Тянь-Шаня, Болгарии) – тип источника EM-2. В это поле и попадают точки изотопов пород Бурпалинского массива.



**Рисунок 9.** Соотношение изотопов Pb в щелочных породах: 1 – Лугингол, Монголия, 2 – Ермаковка, Бурятия, 3 – Манханула, Монголия 4 – Бурпала, 5 – Дарой-Пиоз, Тянь Шань, 6 – Свидни, Болгария, 7 – Инагли, Центр. Алдан, 8 – Мурунский массив, Алдан. 9 – линия, разделяющая метки изотопов щелочных пород щитов и складчатых зон.



## **Основные результаты проведённого исследования**

Для главных массивов Северо-Байкальской щелочной провинции получен точный возраст пород U-Pb-методом по цирконам. Массив Бурпала: для сиенитов главной фазы он равен 294 млн лет и для редкометального пегматита 283 млн лет. Для нефелиновых сиенитов Сыннырского массива получен возраст 305 млн лет. Полученные новые возраста дают возможность говорить о едином возрастном цикле щелочного магматизма в Северном Прибайкалье. Уточнена схема магматизма Бурпалинского массива [Владыкин и др., 2014] и Сыннырского массивов. Исходя из данных геохимии изотопов Sr-Nd и Pb определен мантийный источник первичной магмы Бурпалинского массива – это обогащенная мантия EM, что характерно для складчатых зон обрамления Сибирской платформы.

### Список публикаций по теме

1. Agangi A., Kamenetsky V.S., Hofmann A., Przybyłowicz W., Vladykin N.V. Crystallisation of magmatic topaz and implications for Nb-Ta-W Mineralisation in F-rich silicic melts The Ary-Bulak ongonite massif // *Lithos*, 2014, V. 202-203, P. 317-330.
2. Ashchepkov I.V., Alymova N.V., Logvinova A.M., Vladykin N.V., Kuligin S.S., Mityukhin S.I., Downes H., Stegnitsky Yu.B., Prokopiev S.A., Salikhov R.F., Palessky V.S., Khmel'nikova O.S. Picroilmenites in Yakutian kimberlites: variations and genetic models // *Solid Earth*, 2014, V. 5, P. 915-938.
3. Kaneva E., Lacalamita M., Mesto E., Schingaro E., Scordari F., Vladykin N. Structure and modeling of disorder in miserite from the Murun (Russia) and Dara-i-Pioz (Tajikistan) massifs // *Physics and Chemistry of Minerals*, 2014. v. 41, № 1, P. 49-63.
4. Mesto E., Kaneva E., Schingaro E., Vladykin N., Lacalamita M. and Scordari F. Armstrongite from Khan Bogdo (Mongolia): Crystal structure determination and implications for zeolite-like cation exchange properties // *American Mineralogist*, 2014, V. 99, № 11-12, P. 2424-2432.
5. Presser J.L.B., Bitschene P.R., Vladykin N.V. Comentarios sobre la geología, la petrografía y la química mineral de algunas lamproítas de la porción norte de la Cordillera del Ybytyruzú, Paraguay Oriental // *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Parag. San Lorenzo (Paraguay)*, 2014, V. 18 (1), P. 24-61.
6. Владыкин Н.В., Котов А.Б., Борисенко А.С., Ярмолюк В.В., Похиленко Н.П., Сальникова Е.Б., А.В. Травин А.В., Яковлева С.З. Возрастные рубежи формирования щелочно-ультраосновного массива Томтор: результаты U-Pb и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  геохронологических исследований // *Доклады Академии наук*, 2014, т.454, № 2, С. 195-199.
7. Владыкин Н.В., Сотникова И.А., Котов А.Б., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З. Строение, возраст и рудоносность Бурпалинского редкометального щелочного массива (Северное Прибайкалье) // *Геология рудных месторождений*, 2014, Т. 56, № 4, С. 272-290.
8. Докучиц Э.Ю. Особенности химического и минерального состава чароитовых пород Мурунского массива // *Вестник ИрГТУ, Иркутск*, 2014, № 1 (84), С. 34-40.

## Список использованных источников

1. Владыкин Н.В. Геохимия изотопов Sr иNd щелочных и карбонатитовых комплексов Сибири и Монголии и некоторые геодинамические следствия //Проблемы источников глубинного магматизма и плюмы, Иркутск, 2005, с. 13-29
2. Владыкин Н.В. Петрология К-щелочных лампроит-карбонатитовых комплексов, их генезис и рудоносность// Геология и геофизика 2009, т.50, № 12. с 1443-1455
3. Владыкин Н.В., Сотникова И.А., Котов А.Б., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З. Строение, возраст и рудоносность Бурпалинского редкометального щелочного массива (Северное Прибайкалье) // Геология рудных месторождений, 2014, Т. 56, № 4, С. 272-290.