005534734

На правах рукописи

РАМПИЛОВ Михаил Олегович

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РУДОНОСНОСТЬ АЛЬБИТОВЫХ ГРАНИТОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

25.00.11 – геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

10 ОКТ 2013

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Улан-Удэ – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте Сибирского отделения Российской академии наук

Научный руководитель:
Кандидат геолого-минералогических наук **Рипп Герман Самуилович**

Официальные оппоненты:
Кравцова Раиса Григорьевна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии рудообразования и геохимических методов поиска, Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук
Гаськов Иван Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рудно-магматических систем и металлогении, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук

Ведущая организация:
Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

Защита диссертации состоится 25 октября 2013 г. в 15^{00} часов на заседании диссертационного совета Д 003.002.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте Сибирского отделения Российской академии наук по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а
Факс: 8 (3012) 43-30-24
e-mail: meta@gin.bscnet.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологическом институте СО РАН, по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а

Автореферат разослан 20 сентября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к. г.-м. н. О.К. Смирнова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований

С альбитовыми гранитами связаны месторождения Ta, Nb, Li, Sn, W и других металлов. Такие граниты установлены в многочисленных регионах мира (Рудные горы, Корнуолл, Монголия, Китай, и др.). К числу объектов с промышленными запасами редких элементов в Забайкалье относятся Орловское и Этыкинское месторождения. В Нижнеудинском районе Иркутской области проводятся работы по освоению Зашихинского редкометалльного месторождения, а по Озерной зоне, в пределах которой расположен участок Ирбо, в ГФУП «Бурятгеоцентр» подготовлен проект на проведение поисково-оценочных работ.

В 60-х годах прошлого века на территории Забайкалья был проведен специальный комплекс работ для выяснения перспектив рудоносности метасоматически измененных гранитов (Караева и др., 1963). Были изучены гранитоиды бассейна р. Улигли-Талоя, Сайвонинского и Биту-Джидинского массивов. Позднее проводились оценочные работы и на других объектах (Амандак, Снежное, Оймурский, Уругудеевский, Харагульский).

В настоящее время только на территории Западного Забайкалья известно более 20 проявлений альбитовых гранитов, характеризующихся повышенной концентрацией тантала, ниобия, иттрия и РЗЭ. Большинство проявлений связывалось с гранитными телами, относящимися к гуджирскому комплексу мезозойского возраста. Позднее (Антипин и др., 1997, Коваленко и др., 1999) установлен существенно более широкий возрастной интервал их образования. Различие петрохимических и минералогических особенностей, геохимической и рудной специализации каждого проявления послужило основанием для проведения исследований, целью которых было установление причин такой специализации.

Существует несколько гипотез образования рудоносных гранитов. В одних случаях ведущая роль отводится глубокой дифференциации стандартного гранитного расплава, в других – предполагаются особые условия плавления или источник вещества, в третьих рассматриваются постмагматические метасоматические процессы, приводящие к перераспределению редких металлов.

Несмотря на длительную историю существования магматической концепции и значительное число ее сторонников, на сегодняшний день остается ряд нерешенных вопросов. В первую очередь к ним относятся причины возникновения таких специфических по составу магм, которые рассматриваются либо как продукты длительной дифференциации

обычного гранитного расплава, либо как породы, сформировавшиеся из расплавов, изначально обогащенных летучими и редкими элементами.

Для того, чтобы понять природу рудоносных гранитов, уже недостаточно опираться только на традиционные геологические и петрологические методы, необходимо привлечение других современных и, в том числе, изотопно-геохимических исследований.

Объекты исследований

Исследования проведены в пределах южного складчатого обрамления Сибирского кратона на участках распространения альбитовых гранитов Западного Забайкалья с повышенным содержанием редких элементов (рис. 1). Из них наибольшее внимание было уделено Оймурскому и Безымянскому массивам и породам участка Ирбо. Менее изучен Амнуннинский массив. Кроме того, для понимания процессов концентрирования редких элементов исследованы гранитные пегматиты, распространенные на площади Ошурковского массива и участка Южный, в которых зафиксированы процессы альбитизации, сопровождающиеся редкометалльной минерализацией.

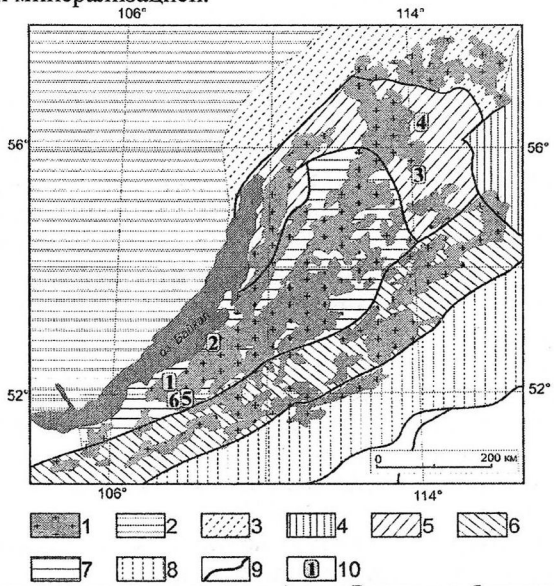

Рис. 1. Структурная схема расположения Ангаро-Витимского батолита (Ярмолюк и др., 1997) с изученными участками альбитовых гранитов. 1 – гранитоиды Ангаро-Витимского батолита; 2–8 – Структурно-формационные зоны: 2 – Сибирская платформа; 3 – Мамско-Бодайбинская; 4 – Чаро-Удоканская; 5 – Байкало-Муйская; 6 – Джидино-Витимская; 7 – Байкало-Витимская; 8 – Селенгино-Становая; 9 – границы структурно-формационных зон; 10 – номера участков: 1) Оймурский, 2) Безымянский, 3) Амнуннинский, 4) Ирбо, 5) Ошурково, 6) Южный.

Цель и задачи исследований

Целью исследований было установление, на основании минералого-геохимического изучения, природы оруденелых альбитовых гранитов Западного Забайкалья.

В задачи исследований входило:

1. Изучение геологического положения альбитовых гранитов и оценка их возраста.

2. Изучение их минерального и химического составов, а также изотопно-геохимических особенностей.

3. Определение условий формирования, источников вещества и причин рудной специализации оруденелых альбитовых пород.

Научная новизна

В Западном Забайкалье установлено два возрастных этапа проявления рудоносных альбитовых гранитов, для которых приведены минералого-петрографические и геохимические особенности. Определен характер связи редкометалльного оруденения с процессами альбитизации. Выделены типоморфные ассоциации редкометалльных и редкоземельных минералов в альбитовых гранитах различных петролого-геохимических типов.

Практическая значимость

Установлено, что рудная минерализация альбитовых гранитов определяется их петролого-геохимической принадлежностью. Показано, что альбитизация может проявляться вдоль тектонических нарушений в гранитах и выходить за пределы плутонов, что необходимо учитывать при проведении поисковых работ.

Полученные данные могут быть использованы для разработки общегеологических, минералогических, геохимических признаков и критериев поисков редкоземельного и редкометалльного оруденения связанного с альбитовыми гранитами.

Защищаемые положения

1. В Западном Забайкалье обосновано две возрастные группы альбитовых гранитов с тантал-ниобиевым и редкоземельным оруденением – неопротерозойская (участок Ирбо) и позднепалеозойская (Оймурский, Безымянский, Амнуннинский массивы).
2. Рудные ассоциации альбитовых гранитов Западного Забайкалья сформировались в магматический и метасоматический этапы. На магматическом – образовались циркон, магнетит и ильменит, на метасоматическом – колумбит, фергусонит, пирохлор, циркон второй генерации, таленит, иттриалит и другие ниобиевые и редкоземельные минералы.

3. Рудная специализация альбитовых гранитов определилась их петролого-геохимическими типами. С лейкогранитами связано существенно тантал-ниобиевое оруденение, обусловленное присутствием колумбита, самарскита. В гранитоидах повышенной щелочности основными концентраторами ниобия являются пирохлор и фергусонит. Они специализированы также на иттрий и тяжелые лантаноиды, связанные с ксенотимом, таленитом и иттриалитом.

Фактический материал и методы исследований

В основу работы положены данные, полученные автором при проведении работ на проявлениях Западного Забайкалья в период 2007-2012 гг, а также материалы лаборатории петрологии Геологического института СО РАН. Исследования проводились по плановым темам лаборатории. Они включали геохронологическое, петрохимическое, минералогическое и геохимическое (в том числе изотопное) изучение пород.

При изучении химического состава пород были использованы фотометрический, атомно-абсорбционный, потенциометрический и пламенно-фотометрический методы. Анализы проведены на спектрофотометрах AAS-№1 и СФ-46, иономере Анион – 4100. Содержания элементов-примесей определены ICP-MS (Иркутск, Институт геохимии СО РАН; Томск, ТГУ) и рентгено-флюоресцентным методами (VRA-30, Карл Цейс Иена, Германия).

Состав минералов изучен на модернизированном рентгеновском микроанализаторе МАР-3. В зависимости от состава минералов съемки проводились при 15-20 kV, ускоряющем напряжении токе зонда от 20 до 40 нА, времени измерения 20 сек и диаметре зонда 2-3 мкм. Микроструктурные особенности и взаимоотношения минералов изучались на электронном микроскопе LEO-1430 с энергодисперсионным спектрометром Inca Energy-300.

Составы кислорода в минералах определены в лаборатории стабильных изотопов Аналитического Центра ДВО РАН и лаборатории физических методов анализа ГИН СО РАН на прецизионных масс-спектрометрах Finigan MAT-252 и 253 в режиме двойной системы напуска. Погрешность полученных значений составила не более 0.2-0.3 ‰ при 95% доверительном уровне.

Изотопный анализ Nd и Sr проведен в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН (Санкт-Петербург). Определение изотопного состава осуществлялось на многоколлекторном твердофазном масс-спектрометре Triton.

Ar-Ar датирование проведено в Институте геологии и минералогии СО РАН по биотиту. При расчете $^{39}Ar/^{40}Ar$ возраста по плато использовались критерии (Fleach et. al., 1977).

U-Pb возраст (SHRIMP II, циркону) определен в ЦИИ ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург). Для выбора участков датирования на поверхности зерен использовали оптические и катодолюминесцентные изображения, отражающие внутреннюю структуру минералов.

Публикации и апробация работы

Всего по теме диссертации опубликовано 20 работ, включая 5 статей в рецензируемых научных журналах (Руды и металлы, 2009; Вестник БГУ, 2011; Записки РМО, 2013; Петрология, 2013; Отечественная геология, 2013), 1 монографию (в печати) и 14 тезисов докладов. Основные положения работы докладывались на международных и всероссийских научных совещаниях и конференциях: Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Бурятского ордена Трудового Красного Знамени геологического управления «Проблемы геологии, минеральных ресурсов и геоэкологии Западного Забайкалья» г. Улан-Удэ, 2007; XII Международном Симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых "Проблемы геологии и освоения недр", г. Томск, 2008; Международной молодежной школе-семинаре "Рудоносность ультрамафит-мафитовых и карбонатитовых комплексов складчатых областей" Улан-Удэ, 2008; конференции молодых ученых "Современные проблемы геохимии", Иркутск, 2009; II Всероссийской молодёжной научной конференции "Минералы: строение, свойства, методы исследования", Миасс, 2010; Научной сессии ГИН СО РА, 2012; Всероссийской молодежной научной конференции "Геология Западного Забайкалья", Улан-Удэ, 2011; II Всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения чл.-кор. РАН Ф.П. Кренделева, Улан-Удэ, 2012.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из четырех глав, введения, заключения и списка литературы. Работа имеет объем 171 машинописных страниц, в том числе 87 рисунков и 72 таблицы. Список литературы состоит из 137 наименований.

Первая глава является обзорной, в ней рассматривается классификация альбитовых гранитов, а также основные модели их образования. Следующие три главы базируются на фактическом материале автора, в них приводятся данные по геологическому строению массивов альбитовых гранитов Западного Забайкалья, их абсолютному возрасту, петрографической, минералогической, геохимической и изотопной характеристике пород, а также данные по строению и составу

гранитных пегматитов. В эти главы включены результаты оценки температур по минеральным и изотопным термометрам.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю к.г.-м.н. Г.С. Риппу за помощь, советы и долготерпение в проведении исследований и при подготовке работы. Автор искренне благодарен Н.Н. Егоровой за консультации при проведении петрографического изучения пород, а также к.г.-м.н. А.Г. Дорошкевич, к.г.-м.н. И.А. Избродину и к.г.-м.н. Е.И. Ласточкину оказавшими содействие при подготовке работы.

Автор признателен к.г.-м.н. Н.С. Карманову и С.В. Канакину за выполнение электронно-микроскопических исследований и высококачественных микрозондовых анализов, а также А.А. Цыреновой, И.В. Боржоновой, Г.И. Булдаевой, Н.Л. Гусевой, Б.Ж. Жалсараеву, Т.И. Казанцевой, Л.А. Левантуевой и В.Ф. Посохову.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Редкометалльные гранитоиды установлены во многих регионах мира. В России, к числу наиболее известных, относятся кайнозойские граниты Антоновского массива (Кавалеровский рудный узел) (Орехов и др., 2006), ранне-среднепалеозойские топаз-литионитовые граниты стрюверит-колумбитового типа Вознесеновского рудного узла (Приморье) (Руб и др., 1994); ряд проявлений Горного Алтая – пермские топазовые циннвальдит-лепидолитовые граниты и онгониты Уланского штока (Маслов и др., 1994), триасовые турмалинсодержащие биотит-мусковитовые лейкограниты и онгониты Калгутинского рудного поля (Анникова и др., 2004), меловые танталоносные граниты сподуменового типа (Алахинский массив) (Кудрин и др., 1994) и др.

Редкометалльные граниты широко распространены в Забайкалье и прилегающих территориях. К ним относятся ряд массивов кукульбейского комплекса позднеюрского возраста – биотитовые редкометалльные граниты Орловского, Li-F амазонитовые граниты Этыкинского и онгониты Ары-Булакского массивов; топаз-содержащие амазонит-альбитовые Харагульского и флюорит-содержащие биотитовые граниты Уругудеевского массивов; Li-F граниты и онгониты Шумиловского массива мелового возраста и др. Они описаны в работах (Антипин, и др., 1999; Абушкевич, 2008; Баданина и др., 2010; Козлов, 2011).

Изучением редкометалльных альбитовых гранитов в Западном Забайкалье в разное время занимались В.А. Дворкин-Самарский (1971), Я.А. Косалс (1976), Г.С. Плюснин (1967), В.С. Антипин (1999), В.И. Коваленко (1999), В.В. Ярмолюк (1997), Е.А. Савина (2003) и др. Наибольшее внимание этими исследователями было уделено изучению

петрографических, петрохимических и геохимических особенностей пород, слагающих массивы. Для некоторых из них определен абсолютный возраст.

Хотя генезису альбитовых гранитов с повышенным содержанием редких металлов посвящено большое число исследований, эта проблема еще далека от своего решения. Существуют несколько гипотез образования таких гранитов. А.А. Беус рассматривал их как образования, возникшие в процессе альбитизации, и отнес в особую группу метасоматически измененных пород, которые назвал апогранитами (Беус и др., 1962). Среди них он выделил несколько типов, каждый из которых имеет характерную геохимическую и минералогическую специализацию. Общей закономерностью размещения редкометалльных альбитизированных гранитов в пределах интрузивных комплексов является их локализация в апикальных участках, куполовидных выступах или апофизах массивов.

Позднее В.И. Коваленко (Коваленко, 1977) ввел понятие "редкометалльные гранитоиды", которое обозначало ассоциацию интрузивных, неполнокристаллических и жильных кислых пород, включающих лейкограниты и микроклин-альбитовые граниты с литиевыми слюдами, их стекловатые аналоги и пегматиты. Им же были выделены три геохимических типа редкометалльных гранитоидов. Главную роль в образовании этих пород он отводит глубокой дифференциации обычного гранитного расплава. Доказательством субвулканических аналогов редкометалльных литий-фтористых гранитов послужили онгониты (Коваленко и др., 1971), показавшие возможность существования магматических "апогранитов". К числу особенностей таких пород были отнесены каймы K-Na полевого шпата вокруг порфировых выделений альбита и образование "структур снежного кома".

Появление этой концепции (Коваленко и др., 1976; Коваленко, 1977) стимулировало изучение подобных пород в Забайкалье и Монголии. В результате было показано, что магматическую природу имеют не только сами редкометалльные граниты, но и некоторые типоморфные для них минералы (литиевые слюды, топаз, флюорит, касситерит, колумбит).

С появлением гипотезы магматического происхождения редкометалльных гранитов, метасоматическим процессам в них была отведена второстепенная роль, хотя на многих гранитных массивах отмечались наложенные альбитизация, калишпатизация, окварцевание. Доминирование магматической концепции, тем не менее, не сняло некоторые проблемы генезиса альбитовых гранитов. Это касается, в частности, причин возникновения специфических по составу магм, которые рассматриваются либо как продукты длительной

дифференциации обычного гранитного расплава, либо как породы, сформировавшиеся из расплавов, изначально обогащенных летучими и редкими элементами. По сути это связано с оценкой роли магматических процессов в накоплении рудного вещества при формировании конкретных месторождений в массивах редкометалльных гранитов.

Некоторые исследователи (Clemens et al., 1986; Christiansen et al., 1988, и др.) предполагают особые условия плавления или источник вещества. Ими выдвинуто предположение, что обогащенный редкими металлами и фтором расплав образуется преимущественно за счёт слюдистой компоненты пород, метаморфизованных в гранулитовой фации.

Результаты специальных исследований по различию между альбитизированными и магматическими альбитовыми гранитами с повышенными содержаниями редких элементов представил М.О. Шварц (Schwartz, 1991). Он провел изучение Ta-Li гранитов Ючун (Китай), имеющих преимущественно магматические текстуры, и обогащенных натрием метасоматических зон в биотитовом граните Sn-W месторождения Тайкус (Индонезия). На Тайкусе состав богатой фтором альбитизированной зоны имеет тенденцию к превращению в мономинеральную альбитовую породу. Альбитизация, вызванная взаимодействием флюид–порода, в системах богатых фтором, характеризуется повышенными концентрациями кальция и стронция, освобожденных при разрушении плагиоклаза гранитного протолита.

К числу примеров проявлений редких металлов метасоматического образования отнесены альбитизированные граниты Главного Саянского разлома (Савельева и др., 2010), Катугинское Ta-Nb-Zr месторождение (Архангельская и др., 1993), апограниты Полярного Урала (Тайкеуский рудный узел, Удоратина, 2008).

Отсутствие единого мнения на генезис альбитовых гранитов определяет необходимость проведения дополнительных исследований. Очевидно, что генетическую природу и источники вещества этих пород нельзя решить, опираясь только на традиционные методы. Это вызывает необходимость привлечения экспериментальных, термобарогеохимических и изотопных исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

(по защищаемым положениям)

Изучение проведено на массивах, в которых с разной интенсивностью проявилась постмагматическая альбитизация. В пределах Безымянского массива она фиксируется в апикальной его части, на Амнуннинском большая часть зон альбититов вытянута вдоль тектонических нарушений. В Оймурском штоке, находящимся на

пересечении разнонаправленных разломов альбитизация фиксируется на всей его площади. На участке Ирбо альбитовые метасоматиты представляют собой дайкообразные тела, практически нацело сложенные альбитом. Здесь процессы альбитизации захватывают вмещающие базиты. В гранитных пегматитах изученный альбитовый замещающий комплекс также сопровождается появлением редкометалльных минералов. На всех проявлениях помимо альбитизации присутствуют участки окварцевания и калишпатизации. Основная часть редкометалльной и редкоземельной минерализации во всех изученных массивах сконцентрирована в участках альбитизации.

Для перечисленных объектов в работе приведена информация по геологическому строению и оценке возраста (глава 2), петрологo-минералогическим (глава 3) и геохимическим особенностям (глава 4).

Первое защищаемое положение. В Западном Забайкалье обосновано две возрастные группы альбитовых гранитов с танталниобиевым и редкоземельным оруденением – неопротерозойская (участок Ирбо) и позднепалеозойская (Оймурский, Безымянский, Амнуннинский массивы).

К числу одной из главных задач исследований относится оценка возраста альбитовых гранитов. Большая часть определений (K-Ar) по массивам рудоносных альбитовых гранитов в Восточном Забайкалье относится к кукульбейскому комплексу и лежит в интервале 150-145, частично – в диапазоне 136-126 млн. лет. В публикациях последнего десятилетия приведены результаты определений изохронного Rb/Sr возраста редкометалльных гранитов Орловского, Этыкинского и онгонитов Ары-Булакского массивов этого комплекса, в которые достаточно близки (143-142 млн. лет) к ранее определенным (Коваленко и др., 1999; Костицин и др., 2000).

В Прибайкалье редкометалльные гранитные массивы (Харагульский, Уругудеевский и Биту-Джидинский) показали возраст (K-Ar) от раннего палеозоя до позднего мезозоя. Более поздними Rb-Sr изотопными исследованиями (Антипин и др., 1999, Коваленко и др., 1999, Костицин, 2002) установлено, что эти массивы формировались в интервале 321-311 млн. лет.

Возраст альбитовых гранитов Западного Забайкалья отнесенных к гуджирскому интрузивному комплексу был принят как мезозойский. При этом абсолютный возраст был определен только для лейкогранитов Безымянского массива. Он варьирует, по данным K-Ar метода, от 188 до 142 млн. лет (Антипин и др., 1997). Позднее обосновано наличие двух возрастных интервалов – 140 и 265 млн. лет, с нарушением Rb-Sr изотопной системы (Коваленко и др., 1999). Позднепалеозойский (Rb-Sr)

возраст (279 млн. лет) был определен в процессе геолого-съемочных работ для Амнуннинского массива. Таким образом, одной из задач наших исследований было получить для альбитовых гранитов возрастные датировки с помощью прецизионных методов.

Определение возраста проведено по трем массивам U-Pb и Ar-Ar методами. U-Pb датирование (SHRIMP II) цирконов из альбитовых лейкогранитов Безымянского массива показало конкордантный возраст 291,7±3,7, а Ar-Ar по биотиту – 291,2±3,6 млн. лет (рис. 2 а, б). Гранит-порфиры Оймурского штока, ранее отнесенные к гуджирскому комплексу, условно мезозойского возраста (Дарижапов и др., 1984), согласно проведенному U-Pb датированию (SHRIMP II, циркон) также сформировались в позднем палеозое (294,5±6,8 млн. лет, рис. 2 в). Полученные возрастные значения синхронны с временем формирования Ангаро-Витимского батолита.

Возраст альбитовых пород участка Ирбо также определен U-Pb методом (SHRIMP II, циркон). Полученное значение – 622,3±7,1 млн. лет совпадает со временем формирования Байкало-Муйской островной дуги и последующим закрытием задугового бассейна (Цыганков, 2005).

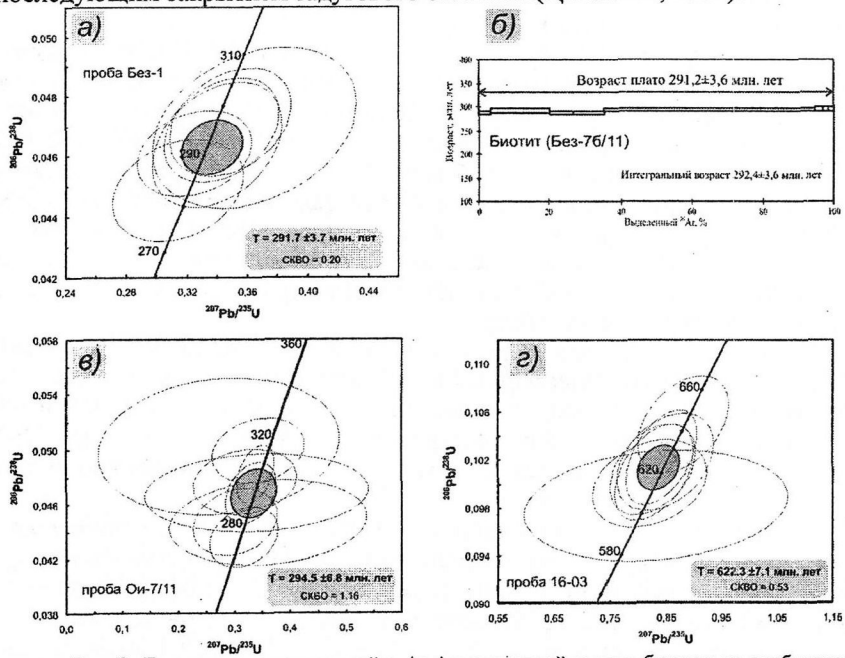

Рис. 2. Диаграммы с конкордией и Ar-Ar возрастной спектр биотита из альбитовых гранитов Западного Забайкалья. а), б) – Безымянский массив, в) – Оймурский шток, г) – участок Ирбо.

Полученные значения возрастов свидетельствуют о том, что в формировании альбитовых гранитов Западного Забайкалья устанавливается два периода – позднепалеозойский и неопротерозойский.

<u>Второе защищаемое положение.</u> Рудные ассоциации альбитовых гранитов Западного Забайкалья сформировались в магматический и метасоматический этапы. На магматическом – образовались циркон, магнетит и ильменит, на метасоматическом – колумбит, фергусонит, пирохлор, циркон второй генерации, таленит, иттриалит и другие ниобиевые и редкоземельные минералы.

Главными породообразующими минералами альбитовых гранитов всех изученных проявлений Западного Забайкалья являются альбит, калиевый полевой шпат и кварц. Содержания их широко варьируют даже в пределах различных участков одного массива. Это обусловлено интенсивностью вторичных процессов. Разная интенсивность метасоматических процессов, участками привела к образованию анхимономинеральных альбититов. Последние подобны альбитовому замещающему комплексу в гранитных пегматитах, как правило, обогащенному редкометалльной минерализацией.

Признаками первично-магматического происхождения пород, помимо магматических структур, являются: **а)** пертитовые вростки альбита в калиевом полевом шпате (рис. 3 а); **б)** присутствие анортоклаза с температурами образования более 700°С по (Fuhram & Lindsley, 1988) (рис. 3 б); **в)** высокотитанистый магнетит со структурами распада с ильменитом, и температурами образования по (Spencer & Lindsley, 1981) достигающими 636-650°С (рис. 4 а); **г)** цирконы с характерной магматической зональностью роста (рис. 4 б).

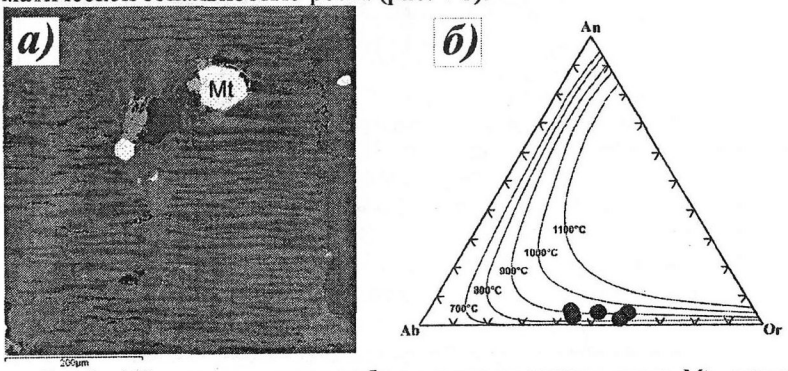

Рис. 3. а) Пертитовые вростки альбита в калиевом полевом шпате. Mt – магнетит, участок Ирбо. Изображение в обратно-рассеянных электронах; б) составы полевых шпатов на тройной диаграмме An-Ab-Or и значения температур для полевошпатовых сольвусов по (Fuhrman & Lindsley, 1988), участок Ирбо.

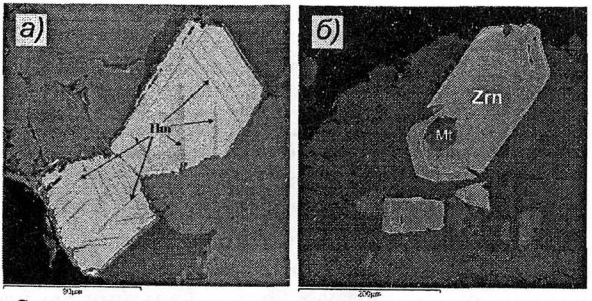

Рис. 4. а) Структуры распада ильменита (Ilm) в магнетите, участок Ирбо; б) зональный кристалл циркона (Zrn), Mt – магнетит, участок Ирбо. Изображения в обратно-рассеянных электронах.

На метасоматическое происхождение альбитизации в гранитах указывают, в первую очередь, структуры замещения первичных минералов, наличие прожилков альбита, рассекающих калиевый полевой шпат и кварц (рис. 5 а). Значительные массы альбита образуют агрегаты мелких табличек и лейст, развивающиеся по первичным плагиоклазу и калиевому полевому шпату (рис. 5 б). Этот альбит замещает с периферии зерна кварца и калиевого полевого шпата. Первичный плагиоклаз, в отличие от вторичного, содержит анортитовую компоненту (олигоклаз), в то время как поздний, как правило, представлен только альбитом.

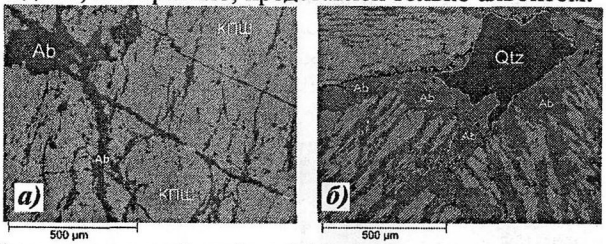

Рис. 5. Характер выделений альбита (Ab): а) замещение калишпата альбитом, участок Ирбо; б) альбит развивается по периферии зерен калиевого полевого шпата, Qtz - кварц, Оймурский шток. Изображения в обратно-рассеянных электронах.

Процессы альбитизации захватывают не только граниты, но и выходят за пределы массивов, развиваются по вмещающим породам. Показательным являются проявления на площади участка Ирбо, где альбитизации подвергнуты вмещающие габброиды. Зоны альбитизации нередко приурочены к тектоническим нарушениям (например, Амнуннинский и Оймурский массивы). Морфология многих рудных минералов несет следы метасоматического происхождения. Типичным примером этого может служить циркон, образующий метакристы с большим количеством включений альбита и агрегаты неправильной формы (рис. 6 а, б). При катодолюминесцентном изображении в таких

цирконах отсутствует магматическая зональность, устанавливается неоднородность состава с широкой вариацией содержаний тория и урана.

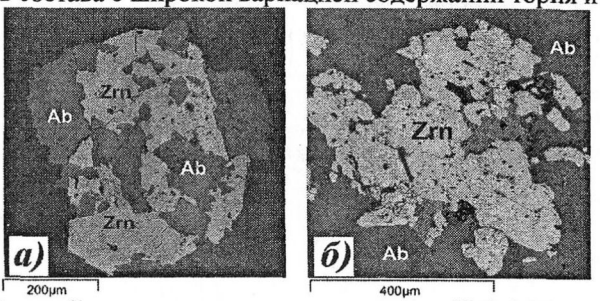

Рис. 6. Типичная форма зерен метасоматического циркона (Zrn) а) Оймурский шток, б) участок Ирбо. Ab – альбит. Изображения в обратно-рассеянных электронах.

Температуры, расчитанные по изотопно-кислородному термометру (Chako et al., 2001, Zheng, 1999), в парах кварц–альбит существенно ниже магматических: 373-472°С (Ирбо) и 430-450°С (Оймур).

Таким образом, представленные признаки, а также проявленная в массивах неоднородность минерального и химического состава является результатом проявившихся в них двух этапов – магматического и метасоматического. Последний обусловил в пределах массивов вещественную и структурно-текстурную неоднородность (такситовость), концентрирование рудной редкометалльной и редкоземельной минерализации. Близкие геохронологические значения магматических (Безымянский массив) и метасоматических (Оймурский шток) цирконов позволяет предполагать автометасоматическую природу альбитизации.

<u>Третье защищаемое положение.</u> Рудная специализация альбитовых гранитов определилась их петролого-геохимическими типами. С лейкогранитами связано существенно тантал-ниобиевое оруденение, обусловленное присутствием колумбита, самарскита. В гранитоидах повышенной щелочности основными концентраторами ниобия являются пирохлор и фергусонит. Они специализированы также на иттрий и тяжелые лантаноиды, связанные с ксенотимом, таленитом и иттриалитом.

На классификационных диаграммах состава пород отчетливо фиксируется автономность двух групп альбитовых гранитов Западного Забайкалья (рис. 7). Граниты Оймурского и Безымянского массивов имеют близкие петрохимические особенности. Они характеризуются повышенной кремнекислотностью и глиноземистостью при содержании щелочей (Na_2O+K_2O) более 8 мас. %, попадая в поле щелочных лейкогранитов. По геохимическим характеристикам породы

соответствуют внутриплитным гранитам А-типа. Масштабная альбитизация пород участка Ирбо обусловила неоднородность химического состава, что не позволяет однозначно отнести их к определенной группе. В то же время, присутствие таких темноцветных минералов как рибекит и эгирин-авгит, а также содержание суммы щелочей (Na_2O+K_2O) до 12 мас. % свидетельствует о принадлежности альбитовых пород участка Ирбо к щелочным гранитам.

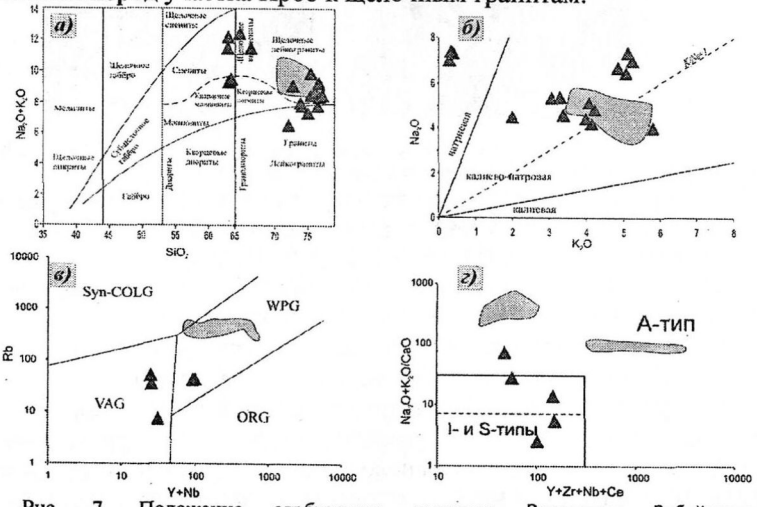

Рис. 7. Положение альбитовых гранитов Западного Забайкалья на классификационных диаграммах: а) Na_2O+K_2O—SiO_2 TAS; б) Na_2O—K_2O; в) (Pearce et al., 1984); г) (Collins et al., 1982) с границами полей по (Whalen et al., 1987). Серым полем показаны лейкограниты, треугольники – щелочные граниты участка Ирбо.

На классификационной диаграмме (Коваленко, 1977, рис. 8) альбитовые граниты Оймурского и Безымянского массивов лежат компактно в полях лейкогранита и микроклин-альбитового гранита, тогда как щелочные граниты участка Ирбо характеризуются неоднородностью, их составы распределены в границах от альбититов до альбитовых, микроклин-альбитовых гранитов и лейкогранитов.

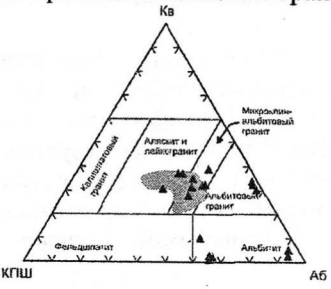

Рис. 8. Положение альбитовых гранитов Западного Забайкалья на классификационной диаграмме В.И. Коваленко (1977). Серым полем показаны лейкограниты Оймурского, Безымянского и Амнуннинского массивов, треугольники – щелочные граниты участка Ирбо.

Различны у выделенных групп и спектры распределения редкоземельных элементов (рис. 9 а). В гранитах Безымянского массива фиксируется сильно проявленная отрицательная европиевая аномалия (Eu/Eu*=0,03-0,18), указывающая на более фракционированный характер пород, и низкое значение La/Yb_n (0,36-3,32), тогда как для пород участка Оймур характерно обогащение легких РЗЭ относительно тяжелых (La/Yb_n достигает 10).

Конфигурации нормированных спектров распределения некоторых редких и редкоземельных элементов альбитовых гранитов Оймурского и Безымянского массивов в целом близки (рис. 9 б). Они характеризуются отрицательными аномалиями Ba, Sr и Ti, и положительными –Rb, U, Nb, Ta, Pb.

Графики распределения редких элементов щелочных гранитов участка Ирбо существенно отличаются от графиков лейкогранитов. В них фиксируются отрицательные аномалии Th, Zr и Hf, понижено содержание Rb и повышено Ba.

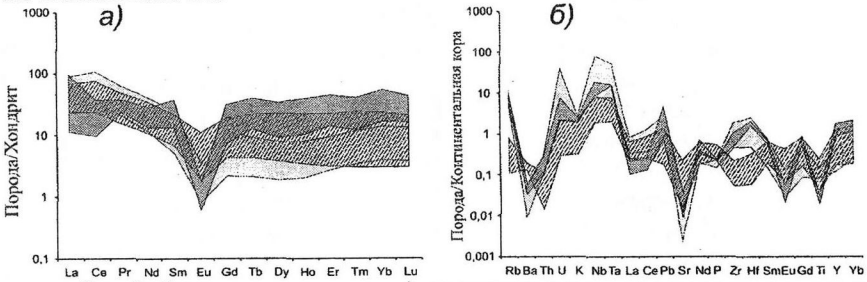

Рис. 9. Спектры распределения а) редкоземельных элементов нормированных к хондриту (McDonough & Sun, 1995); б) редких элементов нормированных к континентальной коре (Rudnick & Gao, 2003). Темно-серое – лейкограниты Безымянского массива, светло-серое – лейкограниты Оймурского штока, заштрихованное – щелочные граниты участка Ирбо.

Состав рудной минерализации щелочных гранитов участка Ирбо и лейкогранитов Безымянского, Оймурского и Амнуннинского массивов также резко отличается (табл.). Альбитизированные граниты участка Ирбо содержат большое количество минералов ниобия, циркония, иттрия и редких земель. Помимо собственных иттриевых минералов (таленит, иттриалит, фергусонит), до 4 мас. % иттрия находится в составе титанита, чевкинита, торита, монацита. В отличие от них, в лейкогранитах иттрий и тяжелые лантаноиды играют подчинённую роль. Здесь более широко представлены минералы, селективно обогащенные легкими лантаноидами (монацит, алланит, флюоцерит, самарскит).

Отличаются обе группы альбитовых гранитов и по составу минералов-концентраторов ниобия и тантала. В лейкогранитах главным

носителем ниобия является колумбит, меньшая часть его связана с ильменорутилом, фергусонитом и самарскитом. В альбититах участка Ирбо ниобий сконцентрирован преимущественно в фергусоните и пирохлоре, до 8 мас. % Nb_2O_5 присутствует в Nb-чевкините, до 6 мас. % в титаните, до первых процентов ниобий также присутствует в рутиле и ильмените.

Таблица. Состав рудных минералов в альбитовых гранитах Западного Забайкалья

Лейкограниты (Оймурский, Безымянский, Амнуннинский массивы)	Щелочные граниты (участок Ирбо)
Магнетит	Магнетит
Гематит	Гематит
Ильменит	Ильменит
Титанит	Титанит
Циркон	**Циркон**
Торит	Торит
Алланит-Ce	Алланит-Ce
Фергусонит-Y	**Фергусонит-Ce**
Колумбит	**Фергусонит-Y**
Ильменорутил	**Пирохлор**
Рутил	Чевкинит
Самарскит	Монацит-Ce
Монацит-Ce	**Ксенотим**
Ксенотим	**Таленит**
Бастнезит-Ce	**Иттриалит**
Иттрофлюорит	**Ферсмит**
Флюоцерит	Колумбит
Апатит	**Иттробритолит**
	Бастнезит-Ce
	Апатит

Примечание. Жирным выделены типоморфные минералы.

В лейкогранитах марганцем обогащены многие минералы. В колумбите доля этого элемента составляет более 0,6 ф.к, а в гранате на спессартиновый минал приходится до 45 %. Биотит, ильменит и алланит содержат до 4,5 мас. % MnO, а среди магнетита встречаются разности близкие к составу якобсита. В отличие от них, для щелочных гранитов марганцовистость минералов не характерна. В то же время в последних отмечается повышенная титанистость. Содержание TiO_2 в валовых пробах достигает 0,38 мас. %. TiO_2 присутствует во многих минералах (до 20 мас.

% в чевките, 0,86 мас. % в торите, 1,66 мас. % фергусоните). По краям зёрен магнетита и биотита часто отмечаются титанитовые оторочки.

Выделенные группы характеризуются также разными источниками вещества. Отрицательные значения $\varepsilon_{Nd}(T)$ в гранитоидах Оймурского и Безымянского массивов свидетельствуют об образовании их в результате переработки коровых пород кислого (?) состава. В щелочных гранитах участка Ирбо значение $\varepsilon_{Nd}(T)$, равное 1,3 и 2,1, указывает о вовлечении пород, имевших ювенильное происхождение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что в формировании редкометалльных альбитовых гранитов Западного Забайкалья с разной интенсивностью проявились метасоматические процессы, главная роль среди которых принадлежит альбитизации. В пределах Безымянского массива она фиксируется в апикальной его части, на Амнуннинском большая часть зон альбитизированных гранитов вытянута вдоль тектонических нарушений. В Оймурском штоке, расположенном на пересечении нескольких разломов, альбитизация фиксируется на всей его площади, а на участке Ирбо она захватывает также и вмещающие породы.

Геохронологически обосновано два этапа образования альбитовых гранитов – позднепалеозойский, совпадающий с завершающим этапом становления Ангаро-Витимского батолита, и неопротерозойский, с формированием Байкало-Муйской островной дуги.

Рудная специализация пород определилась присутствием ниобиевых и, в меньшей степени, редкоземельных минералов. Главным концентратором ниобия в лейкогранитах является колумбит. Минералы из альбитизированных щелочных гранитов обогащены иттрием и тяжелыми РЗЭ. Ниобий в них сконцентрирован преимущественно в пирохлоре, ферсмите и фергусоните.

Список публикаций по теме диссертации

Статьи и монографии

1. **Рампилов М.О.,** Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г. Особенности редкометалльной минерализации в альбититах и альбитизированных гранитах на площади Ангаро-Витимского батолита // Руды и металлы, 2009 г., № 6, – С. 29-36.

2. **Рампилов М.О.** Редкометалльные и редкоземельные минералы гранитных пегматитов Ошурковского месторождения // Вестник БГУ, 2011, вып. 4. Часть II. С. 20-25.

3. **Рампилов М.О.,** Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г., Канакин С.В., Ходырева Е.В. Редкометалльная минерализация в альбитизированных

гранитах участка Ирбо (Западное Забайкалье) // Записки РМО, 2013. С. 67-83.

4. Рипп Г.С., Избродин И.А., Дорошкевич А.Г., Ласточкин Е.И., **Рампилов М.О.**, Сергеев С.А., Травин А.В., Посохов В.Ф. Хронология формирования пород габбро-сиенит-гранитной серии на площади и в обрамлении Ошурковского плутона (Западное Забайкалье) // Петрология, 2013, Т. 21, № 4, – С. 414-432.

5. **Рампилов М.О.**, Ласточкин Е.И., Рипп Г.С. Пегматиты Ошурковского апатитоносного плутона (возраст, минеральный состав, изотопная характеристика) // Отечественная геология, 2013, № 3, – С. 65-73.

6. Рипп Г.С., Избродин И.А., Ласточкин Е.И., Дорошкевич А.Г., **Рампилов М.О.**, Бурцева М.В. Ошурковский базитовый плутон: хронология, изотопно-геохимические и минералогические особенности, условия образования. Новосибирск, (монография, *в печати*)

Тезисы и материалы конференций

1. **Рампилов М.О.**, Рипп Г.С. Редкоземельная и редкометалльная минерализация альбититов участка Ирбо // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Бурятского ордена Трудового Красного Знамени геологического управления. – Изд-во БНЦ: Улан-Удэ, 2007. – С. 60-61.

2. **Рампилов М.О.** Особенности минерального состава альбититов и альбитизированных гранитов Западного Забайкалья // Труды XII международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова. – Изд-во ТПУ: Томск, 2008. - С. 125-127.

3. **Рампилов М.О.** Особенности минерального состава габбро-пегматитов Ошурковского габброидного массива // Материалы международной молодежной школы-семинара "Рудоносность ультрамафит-мафитовых и карбонатитовых комплексов складчатых областей". – Изд-во БНЦ: Улан-Удэ, 2008. – С. 60-61.

4. **Рампилов М.О.**, Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г. Особенности редкометалльной минерализации в альбититах и альбитизированных гранитах на площади Ангаро-Витимского батолита // Материалы I международной геологической конференции "Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов". – Изд-во БНЦ: Улан-Удэ, 2008. – С. 309-312.

5. **Рампилов М.О.** Минералого-геохимические особенности альбитизированных гранитов Западного Забайкалья // Материалы конференции молодых ученых "Современные проблемы геохимии". – Изд-во УРАН Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН: Иркутск, 2009. – С. 68-71.

6. **Рампилов М.О.,** Рипп Г.С. Редкие и редкоземельные минералы в альбитизированных гранитах Западного Забайкалья // Материалы II Всероссийской молодёжной научной конференции "Минералы: строение, свойства, методы исследования". – Миасс: УрО РАН, 2010. – С. 312-313.
7. **Рампилов М.О.** Редкоземельные минералы в альбитизированных гранитах участка Ирбо (Северное Забайкалье) // Материалы XLVIII Международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс". – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2010. – С. 74.
8. **Рампилов М.О.,** Рипп Г.С., Канакин С.В. Редкометалльная минерализация гранитных пегматитов Ошурковского месторождения // Материалы всероссийской молодежной научной конференции "Геология Западного Забайкалья". – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2011. – С. 110-114.
9. **Рампилов М.О.,** Рипп Г.С. Редкометалльная минерализация гранитов Безымянского массива (Западное Забайкалья) // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции "Минерагения Северо-Восточной Азии". – Улан-Удэ: ООО «Издательский дом «ЭКОС»», 2011. – С. 130-133.
10. Ripp G.S., Doroshkevich A.G. Lastochkin E.I., Izbrodin I.A., **Rampilov M.O.** A way of carbonatite formation from alkaline gabbros, Oshurkovo massif (Transbaikalia, Russia) // Abstract volume of the Workshop on peralkaline rocks and carbonatites. – Tübingen, Germany, 2011. p 39-41.
11. **Рампилов М.О.** Рипп Г.С. Возраст альбитовых гранитов Западного Забайкалья // Материалы II всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения чл.-кор. РАН Федора Петровича Кренделева. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. – С. 127-131.
12. **Рампилов М.О.** Рипп Г.С. Минералогия альбитовых гранитов Оймурского штока // Материалы II всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения чл.-кор. РАН Федора Петровича Кренделева. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. – С. 131-134.
13. Рипп Г.С., Избродин И.А., Ласточкин Е.И., Дорошкевич А.Г., **Рампилов М.О.**, Бурцева М.В. О характере связи пород в габбро-сиенит-гранитной ассоциации на площади Ошурковского плутона (Западное Забайкалье) // Материалы IV всерорссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию Геологического института СО РАН. – Улан-Удэ, 2013. – С. 303-306.
14. Ласточкин Е.И., **Рампилов М.О.** Минеральный состав пегматитов Ошурковского массива // Материалы IV всерорссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию Геологического института СО РАН. – Улан-Удэ, 2013. – С. 213-216.

Подписано в печать 18.09.2013 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Объем 1,2 печ. л. Тираж 150. Заказ № 66.

Отпечатано в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН
670047 г. Улан-Удэ ул. Сахьяновой, 6.