

На правах рукописи



Сасим Сергей Александрович

ШОШОНИТ-ЛАТИТОВАЯ И ТРАХИБАЗАЛЬТОВАЯ СЕРИИ
ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ: ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ И ГЕНЕЗИС МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД
АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ

25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук
Дриль Сергей Игоревич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Федоров Петр Иванович
ГИН РАН, г. Москва

доктор геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Цыганков Андрей Александрович,
ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ

Ведущая организация: Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт геологии и геохронологии
докембрия Российской академии наук,
г. Санкт-Петербург

Защита состоится 15 апреля 2014 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 003.059.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук по адресу: 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1а; факс: (3952) 42-70-50; e-mail: korol@igc.irk.ru, <http://igc.irk.ru>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГХ СО РАН

Автореферат разослан 6 марта 2014 г.

Учёный секретарь диссертационного
совета, к.г.-м.н.



Г.П. Королева

Актуальность исследования

В последние годы к проблеме внутриплитового магматизма, проявленного в пределах орогенных внутриконтинентальных поясов, приковано внимание большого числа исследователей, поскольку понимание особенностей генезиса таких магматических образований позволяет выявить важнейшие черты процессов мантийно-корового взаимодействия в рамках концепции глубинной геодинамики [Turner et al., 1996; Bakkali et al., 1998; Aldanmaz et al., 2000; Ярмолук и др., 2000; Воронцов и др., 2002; Ярмолук, Коваленко, 2003; Ewart et al., 2004; Williams et al., 2004; Duggen et al., 2005; Guo et al., 2006; Козловский и др., 2006; Воронцов, Ярмолук, 2007; Воронцов и др., 2008; Богатиков и др., 2010; Huang et al., 2010; Ronga et al., 2010; Conticelli et al., 2011; Prelevic et al., 2012; Gao, Zhou, 2013; Aydinçakir, Sen et al., 2013; Arslan et al., 2013; Chen et al., 2013; Guo et al., 2013].

Монголо-Охотский пояс (МОП) является одной из крупнейших орогенных структур Центральной Азии [Парфенов и др., 1999], что определяет его важнейшее значение при расшифровке истории формирования Центрально-Азиатского складчатого пояса, формировавшегося в интервале времени от позднего неопротерозоя до позднего мезозоя включительно [Парфенов и др., 2003]. На разных этапах своего развития регион являлся ареной проявления масштабных субдукционных и коллизионных событий, подвергался влиянию внутриплитовых магматических процессов.

Мезозойские постаккреционные магматические комплексы центральной части МОП представляют собой благоприятные объекты для выяснения роли различных мантийных и коровых источников вещества, вовлеченных во внутриплитовый магматический процесс, завершивший развитие этого орогенного пояса. Александрово-Заводская рифтогенная впадина Восточного Забайкалья может рассматриваться как эталонная структура, где на сравнительно небольшой площади проявлены магматические образования как шошонит-латитовой, так и трахибазальтовых серий, являющихся типоморфными для постаккреционной стадии развития МОП [Таусон и др., 1984, Антипин, 1992].

Объектами изотопно-геохимического и геохронологического исследования в настоящей работе являются породы Акатуевской вулканоплутонической ассоциации, в которую входит одноименный интрузивный комплекс и вулканические породы нижней пачки кайласской свиты (нижней вулканогенной толщи), а также вулканы средней и верхней вулканических толщ трахибазальт-трахиандезитового и трахириолитового составов, объединяемые в трахибазальт-трахириолитовую ассоциацию Александрово-Заводской впадины.

Основная цель и задачи исследования

Основная цель работы заключается в создании изотопно-геохимической модели происхождения и эволюции расплавов, сформировавших шошонит-латитовые и трахибазальт-трахириолитовые

магматические образования Александрово-Заводской впадины Восточного Забайкалья.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Обоснование сериальной принадлежности (классификация) магматических образований средне-позднеюрского и позднеюрско-раннемелового возрастов, проявленных в пределах Александрово-Заводской впадины.

2. Изотопное датирование некоторых реперных магматических образований шошонит-латитовой серии для уточнения возрастного положения пород Акатуевского массива и вулканитов кайласской свиты.

3. Выявление минералого-петрографических характеристик пород Акатуевского массива, вулканитов кайласской и тургинской свит, важных для реконструкции особенностей петрогенетических процессов эволюции шошонит-латитовой серии и трахибазальт-трахириолитовой ассоциации.

4. Выяснение характера процессов дифференциации (эволюции) расплавов шошонит-латитовой серии и трахибазальт-трахириолитовой ассоциации на основе комплексной петро-геохимической характеристики магматических пород.

5. Определение природы источников вещества пород Акатуевского массива, вулканитов кайласской и тургинской свит на основе интерпретации их Sr-Nd изотопных характеристик.

Научная новизна исследования

– на основе комплекса классификационных критериев проведено расчленение юрско-меловых вулканических пород Александрово-Заводской впадины на образования, относящиеся к шошонит-латитовой серии средне-верхнеюрского возраста (нижняя пачка кайласской свиты) и трахибазальт-трахириолитовой рифтогенной ассоциации верхнеюрско-раннемелового возраста (верхняя пачка кайласской свиты и тургинская свиты Александрово-Заводской впадины);

– впервые получены и интерпретированы представительные высокоточные данные об изотопном составе стронция и неодима для юрско-меловых магматических образований Александрово-Заводской впадины: Акатуевского интрузивного массива, вулканитов кайласской и тургинской свит;

– впервые получены изотопные ^{40}Ar - ^{39}Ar датировки для представительных проб пород ранней и главной фазы Акатуевского массива и для вулканических пород нижней пачки кайласской свиты;

– получены и интерпретированы высокоточные данные по микроэлементному составу интрузивных пород Акатуевского массива и вулканических пород кайласской и тургинской свит Александрово-Заводской впадины;

– на основе комплексных изотопно-геохимических исследований сделаны выводы относительно источников магматитов и предложена петрогенетическая модель эволюции расплавов шошонит-латитовой серии и

трахибазальт-трахириолитовой ассоциации Александрово-Заводской впадины Восточного Забайкалья.

Практическая значимость исследования

Исследование генетических особенностей формирования пород шошонит-латитовой серии Восточного Забайкалья представляет собой важную задачу, направленную на углубленное понимание процессов магмо- и рудообразования, свойственных данному типу магматических комплексов. Именно генетический подход к изучению подобных образований и, связанного с ними оруденения, позволяет выработать комплексные критерии потенциальной рудоносности шошонит-латитовых магматитов в региональном масштабе. Геохимический тип гранитоидов шошонит-латитового ряда имеет важное металлогеническое значение, так как именно с ним в Юго-Восточном Забайкалье связывают разнообразные типы оруденения: промышленное молибденовое, полиметаллическое, золото-полиметаллическое и золотое оруденение, а также проявления мышьяка, сурьмы и других металлов. Для пород Акатуевской вулканоплутоническая ассоциации характерна полиметаллическая и золоторудная минерализация.

Кроме того, приведенные в работе результаты изотопного ^{40}Ar - ^{39}Ar датирования ранней и главной фаз внедрения Акатуевского массива существенно «сужают» возрастной интервал формирования интрузии до нескольких миллионов лет, по сравнению с принятыми ранее оценками, основанными на K-Ar изотопных возрастах. Эти данные могут быть учтены в ходе работ по геологическому доизучению площади и созданию геологических карт нового поколения.

Фактический материал и аналитические методы исследования, личный вклад автора

Основу работы составляют результаты полевых исследований, проводимых автором в составе изотопного отряда лаборатории геохимии изотопов Института геохимии СО РАН в 2005-2006 гг. и обработки материалов в последующие годы.

В результате полевых работ было отобрано более 100 штучных проб и 60 образцов для изготовления шлифов для петрографических и микрозондовых исследований. Проанализировано и обработано около 1500 микроопределений состава петрогенных элементов породообразующих минералов объектов изучения; микрозондовые исследования проводились в ИГХ СО РАН на электронно-зондовом рентгеноспектральном микроанализаторе JXA8200.

Исследование состава пород на содержание основных петрогенных элементов, Sr, Zr, Nb, Ba и Y выполнялось методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в ИГХ СО РАН. Силикатный состав пород определялся на рентгенофлуоресцентом спектрометре СРМ-25, а содержания Sr, Zr, Nb, Ba и Y - на приборе S4 Pioneer. Исследование микроэлементного состава пород (Be, Ti, V, Cr, Co, Ni, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Ta, Nb, Sn, Cs, Ba, REE, Hf, W, Pb, Th, U) производилось методом ICP MS в Институте

геохимии СО РАН на приборе Element-2 и Лимнологическом институте СО РАН на приборе Agilent 7500. Определение изотопного состава Sr и Nd пород проводилось как на термоионизационном многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT-262, так и на многоколлекторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой NEPTUNE Plus, работающих в рамках Байкальского аналитического ЦКП СО РАН.

Большинство аналитических методов, примененных при выполнении настоящего исследования, являются аккредитованными (Аттестат аккредитации №РОСС RU. 0001.513593, действителен до 28.10.2016г).

^{40}Ar - ^{39}Ar изотопное датирование амфиболов из пород Акатуевского интрузивного массива и вулканитов нижней пачки кайласской свиты проводилось методом ступенчатого отжига в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).

Основные защищаемые положения

1. Магматические породы Акатуевского интрузивного массива и нижней пачки кайласской свиты относятся к шошонит-латитовой серии и формировались по данным ^{40}Ar - ^{39}Ar изотопного датирования в интервале 162-155 млн. лет, что отвечает границе средней и поздней юры. Вулканиты верхней пачки кайласской свиты принадлежат трахибазальтовой серии и вместе с кислыми вулканитами тургинской свиты могут быть объединены в трахибазальт-трахириолитовую ассоциацию Александрово-Заводской впадины.

2. Петрогенезис пород шошонит-латитовой серии обусловлен главным образом процессом фракционной кристаллизации, а их геохимическая специфика характеризуется обогащением LILE, легкими REE, U, Th, Pb при дефиците HFSE (Nb, Ti, P). Изотопно-геохимические характеристики пород серии свидетельствуют об их образовании из обогащенного мантийного источника типа ЕМII, при подчиненной роли коровой контаминации.

3. В генезисе пород трахибазальтовой серии преобладает процесс фракционной кристаллизации при незначительной роли контаминации коровым веществом. Отличительными геохимическими чертами серии являются отсутствие дефицита HFSE, высокие уровни накопления LILE, легких REE, Zr, Hf. Изотопные Sr-Nd характеристики пород указывают на их формирование при взаимодействии мантийных источников DM и ЕМII, что позволяет констатировать существование различий в источниках расплавов трахибазальтовой и шошонит-латитовой серий.

Апробация полученных результатов

По теме диссертации опубликовано 19 работ, из них 2 статьи из списка журналов ВАК, 17 – материалы и тезисы к совещаниям. Сделано 11 докладов на конференциях: конференции молодых ученых по наукам о Земле (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, 2006, 2010); конференции студентов и молодых ученых (ИГУ, г. Иркутск, 2009); международной конференции «Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов (Улан-Удэ, 2008), международной «Проблемы

геологии и освоения недр» (ТГУ, г. Томск, 2010); конференции молодых ученых «Современные проблемы геохимии» (ИГХ СО РАН, Иркутск, 2007, 2009, 2011), Всероссийской конференции «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит» (Владивосток, 2011), Всероссийском совещании «Современные проблемы геохимии (Иркутск, 2012) .

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Общий объем работы составляет 191 страницу, включая 57 иллюстраций, 7 таблиц, 8 приложений. Библиографический список включает 125 работ.

В главе 1 приведен обзор предшествующих геолого-геохимических исследований, даны основные принципы классификации вулканических пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий, а также отражено их общее геодинамическое положение. В главе 2 описаны геологическое строение и классификация пород объектов исследования, представлены результаты ^{40}Ar - ^{39}Ar изотопного датирования пород Акатуевского массива и нижней пачки кайласской свиты. В главах 3 и 4 уделено внимание интерпретации минералого-петрографических, петрохимических и геохимических особенностей пород шошонит-латитовой серии и трахибазальт-трахириолитовой ассоциации соответственно, на основе которых сформулированы петрогенетические модели их формирования. На основе изотопных данных определена степень участия различных источников вещества в генезисе пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий, что составляет главу 5.

Благодарности. Автор глубоко признателен своему научному руководителю С. И. Дрилю за бесценную помощь и поддержку, которые он оказывал в процессе написания данной работы. Отдельные слова благодарности хотелось бы выразить А. Б. Перепелову, Г. Я. Абрамовичу, В. С. Антипину, Н. В. Владыкину, А. С. Мехоношину, А. Я. Медведеву, В. А. Бычинскому, М. Э. Казимировскому, А. Т. Королькову, В. А. Буланову, А. И. Сизыху, А. А. Воронцову, В. А. Беляеву за ценные замечания и обсуждение многих спорных вопросов, позволивших автору улучшить настоящую работу. Автор благодарен своей коллеге А. В. Ощепковой, которая оказала большую помощь в подготовке отдельных частей работы. Автор с глубокой признательностью вспоминает безвременно ушедшего коллегу С. А. Татарникова за огромную помощь и поддержку во время полевых работ на территории Восточного Забайкалья.

Слова благодарности хочется направить в адрес всех аналитиков ИГХ СО РАН, которые своим трудом сформировали фундамент настоящей работы. За всё время подготовки диссертации автор чувствовал искреннюю поддержку сотрудников лаборатории геохимии изотопов, которым также выражается глубокая признательность.

ГЛАВА 1. ШОШОНИТ-ЛАТИТОВЫЙ И ТРАХИБАЗАЛЬТОВЫЙ МАГМАТИЗМ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ И ЕГО МЕСТО В ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Проявления магматизма шошонит-латитовой серии, как правило, характеризуются низкотитанистыми составами пород и приурочены к тыловым частям зон активных континентальных окраин, островных дуг [Di Paola et al., 1974; Перепелов, 1989; Pe-Piper, 1989; Stern, 2002; Price et al., 1999; Nie et al., 2006; Gao et al., 2010; Hastie, 2007], или постколлизийным (постаккреционным) геодинамическим обстановкам [Turner et al., 1996; Bakkali et al., 1998; Liegeois et al., 1998; Miller et al., 1999; Dugen et al., 2005; Conticelli et al., 2009; Zhao et al., 2009; Huang et al., 2010; Wang, et al., 2010; Conticelli et al., 2011; Prelevic et al., 2012; Arslan et al., 2013]. Магматические образования трахибазальтовой серии имеют более высокотитанистый состав и типичны для рифтогенных обстановок [Ярмолук и др., 2000; Ewart et al., 2004; Козловский и др., 2006, Ronga et al., 2010; Богатиков и др., 2010, Первов и др., 1987; Казимировский, 1994; Воронцов и др., 1997; Казимировский и др., 2001; Воронцов и др., 2006; Воронцов, Ярмолук, 2007; Казимировский, Дриль, 2009]. Выяснение вещественных особенностей магматизма, связанного с разными типами геодинамических обстановок, позволяет пролить свет на источники вещества, участвующие в генезисе соответствующих изверженных пород, а также понять эволюцию магматических процессов, проявленных в пределах конкретного орогенного пояса. В последние годы разработаны многочисленные геодинамические модели развития Центрально-Азиатского орогенного пояса, составной частью которого является Монголо-Охотский пояс [Зоненшайн, Кузьмин, Натапов, 1990; Senger, Natalin, Burtman, 1993; Gordienko, 1994; Зорин и др., 1998; Парфенов, Попеко, Томуртогоо, 1999; Парфенов и др., 2003; Кузьмин, Ярмолук, Кравчинский, 2011].

История геодинамического развития Забайкальского сегмента МОП в палеозое и мезозое рассматривается рядом исследователей [Гордиенко Кузьмин, 1999; Парфенов и др., 2003] как необратимый эволюционный ряд различных геодинамических обстановок, возникавших в океаническую, переходную и континентальную стадии, в которых запечатлены конструктивные процессы преобразования океанической коры в континентальную и последующих неоднократно проявляющихся процессов деструкции, аккреции и коллизии.

Согласно данным палеогеодинамических реконструкций, полное замыкание МОП в районе Восточного Забайкалья произошло на рубеже ранней и средней юры. В конце мезозоя на территории Восточного Забайкалья, завершая эпоху мощных преобразований строения и состава литосферы, проявились интенсивные процессы сводо- и грабенообразования и активный магматизм, породивший широкое разнообразие интрузивных магматических комплексов, вулканических серий и вулканоплутонических ассоциаций, что дает возможность изучать возрастные и латеральные

особенности вещественного состава магматических пород и его эволюцию во времени [Казимировский, 1996].

Внутриплитовая эндогенная активность в пределах Азиатского континента обусловила появление системы грабенов, горстов, сводовых поднятий, а также проявилась в формировании серий магматических пород повышенной щелочности, которые обычно характеризуются повышенными содержаниями некогерентных элементов [Ярмолук и др., 2000].

Переход орогенного пояса к внутриконтинентальному этапу своего развития сопровождался на рубеже средней юры - раннего мела широким развитием магматизма различных геохимических типов [Таусон и др., 1984; Антипин, 1992]. Традиционно для территории Юго-Восточного Забайкалья позднемезозойский этап тектонического развития подразделяется на две стадии – позднеюрскую и позднеюрско-раннемеловую [Первов и др., 1987; Казимировский, 1996; Казимировский и др., 2004; Казимировский, Дриль 2009]. Для первой стадии характерно развитие субщелочных эффузивов повышенной калиевоности, относимых к геохимическому типу шошонит-латитовых серий [Таусон и др., 1984; Первов, 1987; Антипин, 1992]. Генезис этих пород обычно связывается с процессом взаимодействия флюидонасыщенных мантийных базитовых расплавов с веществом континентальной коры. Процесс ассимиляции основными магмами корового вещества проходил в малоглубинных периферических очагах, и совместно с процессом кристаллизационной дифференциации расплавов давал протяженную серию пород от основных через средние к кислым, имеющих «пеструю» геохимическую специфику [Таусон и др., 1984; Антипин, 1992]. На второй стадии формируются породы бимодальной трахибазальт – трахириолитовой ассоциации, включающей трахибазальты повышенной титанистости, дациты, трахидациты, риолиты и субщелочные риолиты. Этот магматизм является типоморфным для многочисленных рифтогенных впадин МОП [Первов, 1987; Казимировский, 1996; Воронцов и др., 1997; Казимировский и др., 2004; Воронцов др., 2006; Воронцов, Ярмолук, 2007; Казимировский, Дриль 2009].

ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЮРСКО-МЕЛОВЫХ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД АКАТУЕВСКОГО МАССИВА, КАЙЛАССКОЙ И ТУРГИНСКОЙ СВИТ АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ

Александрово-Заводская впадина расположена в центральной части Юго-Восточного Забайкалья; и входит в состав Аргунской структурно-формационной зоны (Аргунского супертеррейна) МОП. Впадина представляет собой рифтогенную депрессионную структуру, образовавшуюся в период перехода к внутриконтинентальному этапу развития орогенного пояса в мезозойское время ([Булнаев, 2006].

На территории Александрово-Заводской впадины среди стратифицированных образований развиты карбонатные отложения нижнего

кембрия, терригенные образования нижней и средней юры, средне-верхнеюрские вулканические субщелочные породы основного и среднего составов, нижнемеловые кислые вулканиты и четвертичные отложения (рис. 1). Интрузивные образования представлены верхнепалеозойскими гранитоидами ундинского и кутомарского комплексов, средне-верхнеюрскими монцонитовыми породами Акатуевского массива и нижнемеловыми жильными трахидолеритами, относимыми к абагайтуйскому комплексу.

Акатуевский массив располагается в пределах северного крыла Александрово-Заводской впадины и приурочен к контакту верхнепалеозойских гранитоидов и осадков нижней юры. Массив представляет собой эпизональную трещинную интрузию. В современном эрозионном срезе массив занимает площадь около 45 км². В его строении принимают участие породы трех фаз внедрения [Захаров, 1978; Объяснительная записка..., 2000]. Образования первой фазы распространены в северной краевой части массива и сложены монцогаббро. Вторая (главная) фаза внедрения слагает основную часть массива и представлена монцонитами и кварцевыми монцонитами. Образования третьей (заключительной) фазы представлены дайками и дайкообразными телами сиенитов.

В разрезе верхнеюрско-нижнемеловых эффузивных пород выделяются три толщи: нижняя и средняя толщи сложены вулканитами основного и среднего составов, а верхняя – кислыми. Согласно принятому в настоящее время стратиграфическому подразделению для данной территории [Объяснительная записка, 2000], нижняя толща вулканитов относится к нижней пачке кайласской свиты (J₂₋₃), средняя толща – к ее же верхней пачке, а кислые эффузивы верхней толщи отнесены к тургинской свите (K₁).

Проведенное изотопное ⁴⁰Ar/³⁹Ar датирование амфиболов методом ступенчатого отжига дают значения 154,8±4,4 млн. лет для монцогаббро ранней фазы Акатуевского массива; 159,4±2,7 млн. лет (160,7±3,9 млн. лет изохронным методом) для монцонита главной фазы этого массива и 161,5±1,7 млн. лет для латита нижней пачки кайласской свиты. Таким образом, возраст магматических образований Акатуевской вулканоплутонической ассоциации Александрово-Заводской впадины можно оценить в пределах 162-155 млн. лет.

Согласно [Pescerillo, Taylor, 1976; Morrison, 1980; Богатиков, 1981; Богатиков, Коваленко, Шарков, 2010] породы Акатуевского массива и вулканиты нижней пачки кайласской свиты относятся к шошонит-латитовой серии (K₂O – 2,83-4,52 мас. %; K₂O/Na₂O – 0,50-1,78; TiO₂ – 0,17-1,34 мас. %), а эффузивы верхней пачки кайласской свиты (K₂O – 2,23-5,36 мас. %; K₂O/Na₂O – 0,49-1,67; TiO₂ – 1,07-2,02 мас. %) к трахибазальтовой серии.

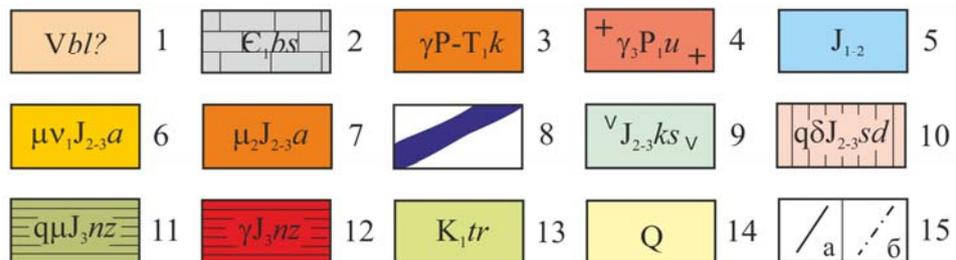
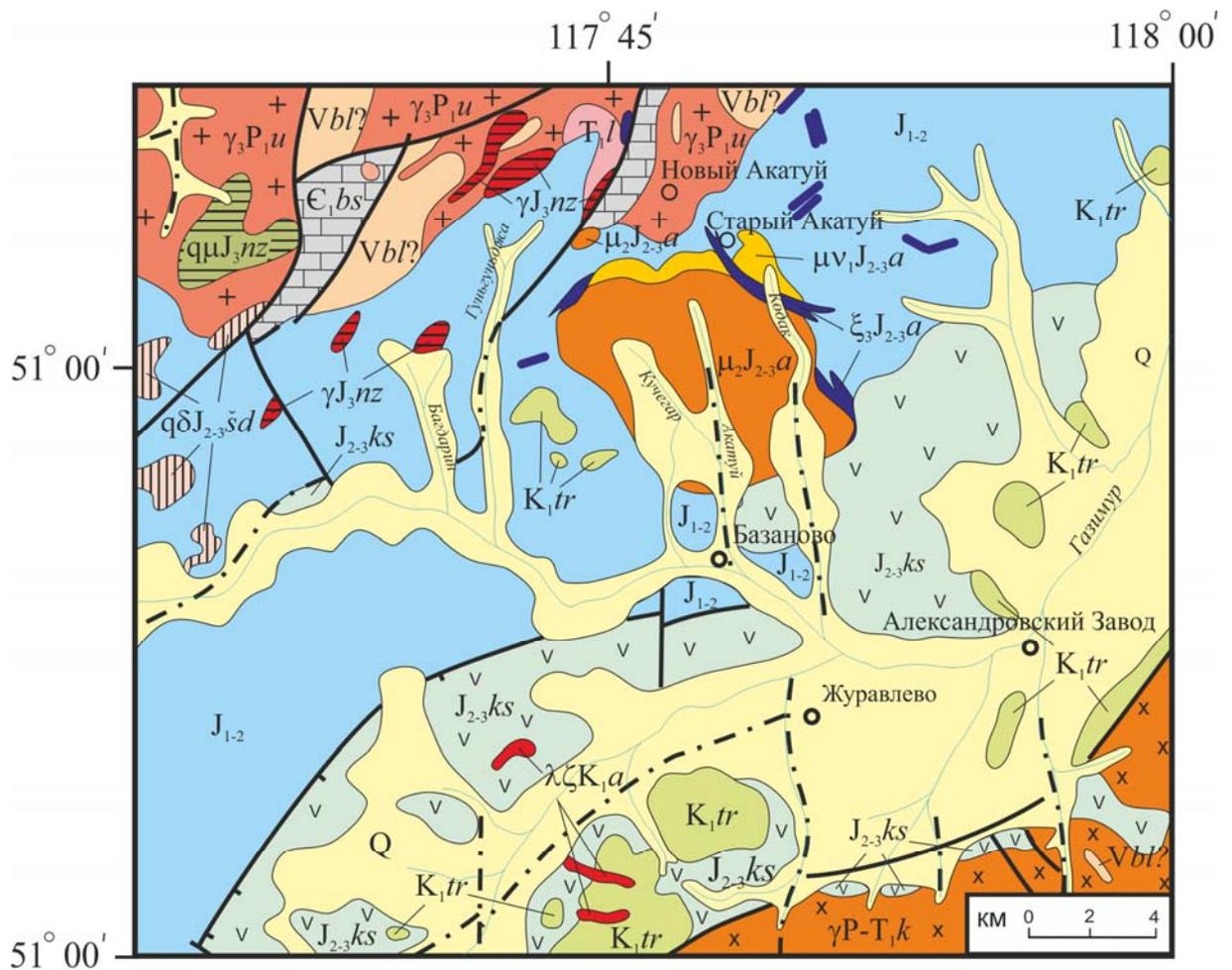


Рис. 1. Схема геологического строения Александрово-Заводской впадины по [Объяснительная записка, 2000].

Условные обозначения: 1 – вендские стратифицированные образования; 2 – нижнекембрийские карбонатные отложения быстринской свиты; 3 – пермь-нижнетриасовые гранитоиды кутомарского комплекса; 4 – нижнепермские гранитоиды ундинского комплекса; 5 – ниже-среднеюрские терригенные отложения; 6-8 – средне-верхнеюрский акатуевский комплекс: 6 – габбро-монциты первой фазы, 7 – монциты второй (главной) фазы, 8 – сиениты третьей фазы; 9 – средне-верхнеюрские стратиграфические образования кайласской свиты; 10 – средне-верхнеюрские кварцевые диориты шадоронской серии; 11-12 – верхнеюрский нерчинскозаводской комплекс: 11 – кварцевые монциты, 12 – гранитоиды; 13 – нижнемеловые стратиграфические образования тургинской свиты; 14 – четвертичные отложения; 15 – разломы: а – достоверные, б – предполагаемые.

Вулканиды нижней пачки кайласской свиты согласно диаграммам TAS [Петрографический..., 2009] и K_2O-SiO_2 [Pecserillo, Taylor, 1976; Перепелов, 1989] представлены дифференцированными сериями от высококалиевых базальтов до высококалиевых андезидацитов и от шошонитовых базальтов до кварцевых латитов; вулканиды верхней пачки кайласской представлены рядом пород от трахиандезибазальтов до трахидацитов. Кислые породы тургинской свиты могут быть в соответствии с [Петрографический кодекс, 2009] отнесены к щелочным риодацитам, трахириодацитам, трахириолитам и риолитам.

ГЛАВА 3. ШОШОНИТ-ЛАТИТОВАЯ СЕРИЯ АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ: ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПЛУТОНИЧЕСКИХ СРЕДНЕ-ВЕРХНЕЮРСКИХ ПОРОД АКАТУЕВСКОГО МАССИВА И ВУЛКАНИТОВ НИЖНЕЙ ПАЧКИ КАЙЛАССКОЙ СВИТЫ

Монцогаббро ранней фазы Акатуевского массива имеют гипидиоморфнозернистую до монцонитовой структуры с массивной текстурой. Они сложены клинопироксеном ($En_{39-46}Wo_{45-48}Fs_{10-14}$), плагиоклазом ($Ab_{56-73}An_{19-39}$), щелочным полевым шпатом ($Ort_{33-53}Ab_{40-54}$), биотитом, иногда магнезиальной роговой обманкой и оливином (Fo_{58-61}). В минеральном составе монцонитов и кварцевых монцонитов главной фазы отмечается закономерное снижение доли клинопироксена ($En_{41-43}Wo_{46-47}Fs_{11-12}$), появлении и повышении роли магнезиальной роговой обманки, иногда замещенной актинолитом, увеличении доли плагиоклаза ($Ab_{67-87}An_{11-27}$) и в большей степени – щелочного полевого шпата ($Ort_{77-93}Ab_{7-24}$), биотита, что согласуется с ростом фракционированности пород. Минеральный состав сиенитов заключительной фазы характеризуется преобладанием щелочного полевого шпата и олигоклаза. В подчиненном количестве присутствуют магнезиальная роговая обманка, биотит и кварц.

Наиболее основные вулканиды нижней пачки кайласской свиты имеют следующий минеральный парагенезис вкрапленников: $Px+Fsp+Bi+Mgt\pm Ol$, а эффузивные породы среднего состава – $Amf+Px+Fsp+Bi+Mgt\pm Ilm$. Главные породобразующие минералы имеют следующие составы: клинопироксены ($En_{36-48}Wo_{41-48}Fs_{8-17}$), имеющие нередко зональное строение с изоморфными замещениями в зонах типа $Ca^{2+}Mg^{2+}Cr^{3+} \leftarrow Na^{+}Fe^{2+}Ti^{4+}$; ортопироксены ($En_{64-72}Wo_{2-3}Fs_{25-34}$); амфиболы (от магнезиального гастингсита до паргасита); плагиоклазы ($Ab_{38-39}An_{57-59}$ в наиболее основных разностях, до $Ab_{96-99}An_{1-3}$ в наиболее кислых вулканидах); щелочные полевые шпаты ($Ort_{93-96}Ab_{4-7}$ и $Ort_{14-44}Ab_{44-85}$ в средних и более кислых разностях, соответственно).

Породы Акатуевской вулканоплутонической ассоциации имеют близкий характер распределения петрогенных оксидов как в интрузивной, так и в эффузивной фации, что находит выражение в четких сериальных трендах с отрицательной корреляцией между кремнекислотностью пород и содержаниями MgO , CaO , Fe_2O_{3tot} , TiO_2 , P_2O_5 , а также прямой зависимостью

между SiO_2 и Na_2O . Отсутствие прямых корреляционных связей между SiO_2 и K_2O обусловлено, возможно, процессом контаминации эволюционировавшего расплава коровым веществом.

Все типы пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации характеризуются высокими суммарными содержаниями РЗЭ и обогащенными нормированными спектрами их распределения. Породы первой фазы Акатуевского массива характеризуются наибольшими суммарными значениями редкоземельных элементов ($\Sigma_{\text{РЗЭ}} = 373\text{-}454$ мкг/г) и высокой степенью преобладания легких лантаноидов над тяжелыми ($\text{La}/\text{Yb}_{(\text{N})} = 31,06\text{-}41,38$), а также небольшой отрицательной европиевой аномалией ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,77\text{-}0,81$). Для пород второй (главной) фазы сумма РЗЭ лежит в пределах 269-427 мкг/г; величина $\text{La}/\text{Yb}_{(\text{N})} = 19,50\text{-}41,42$, а отрицательная европиевая аномалия углубляется ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,59\text{-}0,86$). Породы третьей (заключительной) фазы имеют самые низкие суммарные содержания РЗЭ ($\Sigma_{\text{РЗЭ}} = 152\text{-}268$ мкг/г) и наименее дифференцированные нормированные спектры редких земель – $\text{La}/\text{Yb}_{(\text{N})} = 8,69\text{-}32,62$. Величина отрицательной европиевой аномалии в большинстве пород этой фазы незначительна ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,82\text{-}0,94$).

Суммарное содержание РЗЭ в наиболее основных шохонитах и шохонитовых базальтах нижней пачки кайласской свиты соответствует 378-397 мкг/г, а в более кислых латитах и высококалиевых дацитах варьирует от 227 до 447 мкг/г. Значение $\text{La}/\text{Yb}_{(\text{N})}$ лежит в пределах 21,56-40,43.

Характер распределения редких элементов в породах Акатуевской вулканоплутонической ассоциации показан на мультикомпонентной диаграмме (рис. 2), где видно, что изверженные породы Акатуевского массива и нижней пачки кайласской свиты характеризуются обогащением по таким группам элементов как LILE (Cs, K, Rb, Ba, Sr), легкими РЗЭ, Th, U при дефиците высокозарядных элементов – Nb, Ti, а также P относительно состава примитивной мантии. Подобное распределение элементов, в особенности минимумы HFSE типичны для магматических пород надсубдукционной природы, формировавшихся с участием вещества метасоматизированного мантийного клина (рис. 2). Особенностью интрузивных пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации является их обогащенность такими элементами как Th, U, Zr по сравнению с вулканитами. Подобные максимумы, возможно, связаны с процессом некоторого накопления циркона в интрузивных породах.

Прямая корреляция между величинами Th/Yb и Nb/Yb , а также $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ и $1/\text{Sr}$, как в интрузивных образованиях, так и в вулканитах, свидетельствует о том, что в генезисе пород сочетаются как процесс кристаллизационной дифференциации (ведущий фактор), так и коровой контаминации.

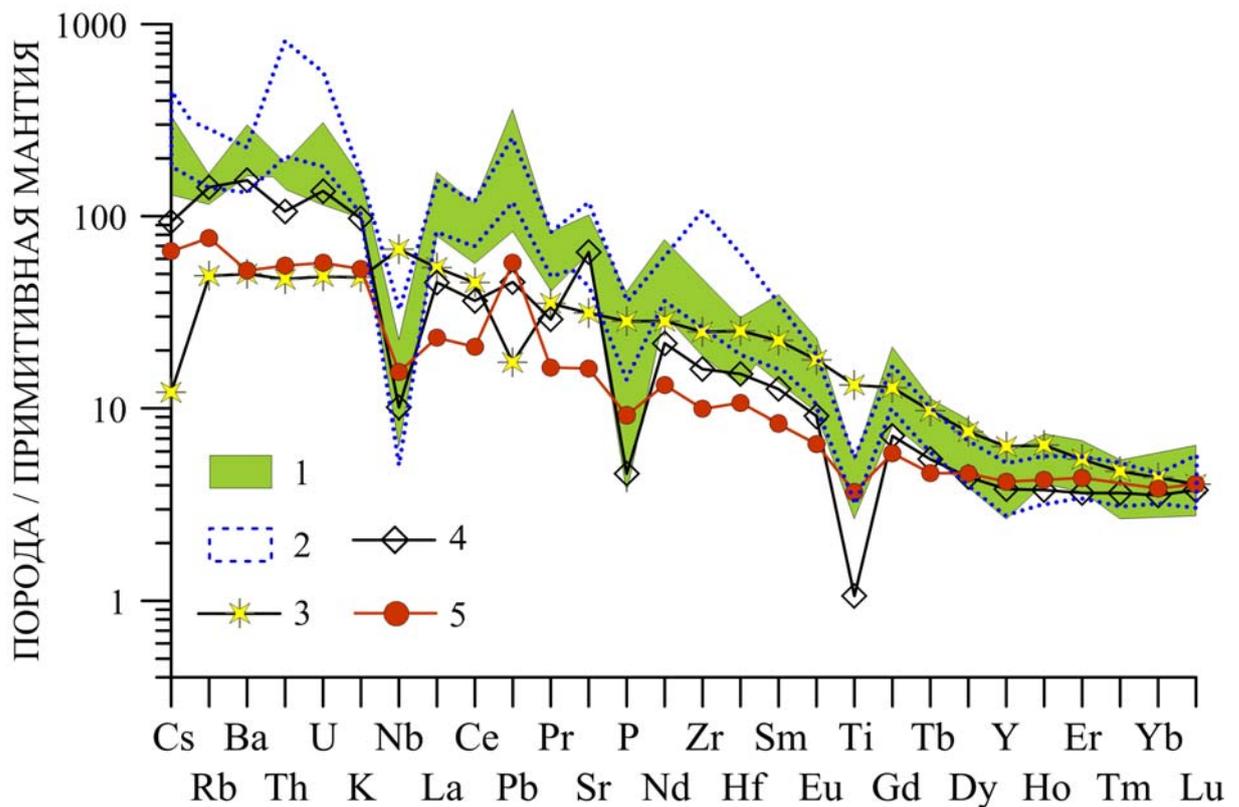


Рис. 2. Мультикомпонентная спайдер-диаграмма для пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации.

Условные обозначения: 1 – вулканиты нижней пачки кайласской свиты; 2 – интрузивные породы ранней и главной фаз Акатуевского массива; 3 – средний состав базальта океанических островов (ОИВ) по [Sun, McDonough, 1989]; 4 – состав постколлизийного монцодиорита из интрузивного комплекса Тонгши, Северо-Китайский кратон по [Lan et al; 2012]; 5 - средний состав континентальной коры района активных континентальных окраин по [Rudnick, Fountain, 1995]. Для нормирования использовался состав примитивной мантии по [Sun, McDonough, 1989].

ГЛАВА 4. ТРАХИБАЗАЛЬТ-ТРАХИРИОЛИТОВАЯ АССОЦИАЦИЯ АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ: ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЗДНЕЮРСКО-РАННЕМЕЛОВЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД КАЙЛАССКОЙ (ВЕРХНЯЯ ПАЧКА) И ТУРГИНСКОЙ СВИТ

Среди вулканитов слагающих верхнюю пачку кайласской свиты наибольшим распространением пользуются трахиандезиты, трахиандезиты и трахидациты. Породы характеризуются свежим обликом с серым, темно-серым до черного цветом, микропорфировой структурой с массивной, реже пористо-миндалекаменной текстурами и микролитовой структурой основной массы.

Вкрапленники наиболее основных разностей представлены клинопироксеном ($En_{40-43}Wo_{38-41}Fs_{17-23}$), ортопироксеном ($En_{59-64}Wo_{3-5}Fs_{33-36}$), плагиоклазом лабрадор-андезинового состава, магнезиальной роговой обманкой, биотитом. Более кислые разности характеризуются вкрапленниками плагиоклаза ($Ab_{53-74}An_{19-43}$), амфиболом эденитового состава,

щелочного полевого шпата ($Ort_{38-65}Ab_{31-52}$) и биотита. Второстепенные минералы представлены апатитом, сфеном, магнетитом, ильменитом. Процессы ассимиляции расплавами вмещающего корового материала фиксируются в породах благодаря постоянному присутствию оплавленных зерен ксеногенного кварца и щелочного полевого шпата со следами интенсивной резорбции ядер, обрастающих каймами новообразованного КПШ. Составы внутренних и внешних зон таких зерен резко различны.

Главным породообразующим минералом кислых вулканитов тургинской свиты является полевой шпат, представленный щелочной разностью ($Ab_{42-52}Ort_{48-56}$) и небольшой долей плагиоклаза, наблюдающегося в основном в центральных частях первых ($Ab_{67-68}An_{21-25}$); второстепенными минералами выступают биотит, апатит, циркон, иногда фаялит.

Наиболее основные вулканиты верхней пачки кайласской свиты представляют собой глубоко дифференцированные по отношению к первичному мантийному расплаву образования с содержанием MgO 3-4 мас. %; $MgO/(FeO^*+MgO) < 0,30$. Они имеют высокие концентрации TiO_2 (около 2 мас. % при $SiO_2 = 55,8$ мас. %), P_2O_5 (около 1 мас. %), Ba (около 1000 мкг/г), Sr (800-900 мкг/г), Zr (500-640 мкг/г) и Nb (более 20 мкг/г). В трендах дифференциации от средних пород к трахидацитам отчетливо проявлена отрицательная корреляция между содержаниями большинства петрогенных оксидов (TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O) и SiO_2 . Лишь для K_2O характерно увеличение концентраций с ростом кремнекислотности пород.

Кислые вулканиты тургинской свиты (SiO_2 67-78 мас. %) характеризуются крайне низкими концентрациями TiO_2 (0,08-0,46 мас. %), MgO (0,05-0,32 мас. %), MnO ($< 0,01$ -0,16 мас. %), CaO (0,16-0,87 мас. %), P_2O_5 (0,02-0,08 мас. %). Значительные вариации Al_2O_3 (11-16 мас. %), Na_2O (2,95-4,35 мас. %) и K_2O (3,48-6,51 мас. %) определяются в первую очередь фракционированием из расплава вкрапленников кали-натрового полевого шпата.

Трахиандезибазалты и трахиандезиты верхней пачки кайласской свиты имеют высокие суммарные содержания РЗЭ, варьирующие в пределах 413-535 мкг/г для более основных и 326-351 мкг/г для более кислых дифференциатов. Спектр распределения РЗЭ имеет высокую степень фракционирования легких над тяжелыми лантаноидами у трахибазалтов ($La/Yb_{(N)} = 33,78$ -48,20), снижаясь у трахиандезитов до величин $La/Yb_{(N)} = 22,39$ -27,76.

Сумма РЗЭ в трахидацитах и трахириолитах тургинской свиты составляет 297-389 мкг/г; величина $La/Yb_{(N)} = 17,71$ -19,58. Наблюдается глубокий европейский минимум ($Eu/Eu^* = 0,12$ -0,44), что характерно для кислых пород, образованных в результате внутрикорового плавления, при котором плагиоклаз, являющийся реститовой фазой, вызывает дефицит европия в отделяющемся расплаве [Тейлор, МакЛеннан, 1988]. Кроме того, европейский минимум может быть в определенной степени обусловлен фракционированием щелочного шпата. В отдельных пробах тургинской свиты, соответствующих наиболее дифференцированным трахириолитам с

содержанием $\text{SiO}_2 > 75$ мас. %, сумма редких земель заметно падает до 129 мкг/г, $\text{La/Yb(N)} = 4,03$ и $\text{Eu/Eu}^* = 0,04$.

Характер распределения для большинства редких элементов в вулканитах верхней пачки кайласской свиты (рис. 3) имеет отчетливое сходство с таковым для среднего состава континентального базальта Северной Азии (КБСА) [Ярмолюк и др., 2000]. Высокий общий уровень накопления LILE, легких и средних РЗЭ, Zr, Hf, превышающий таковой как для КБСА, так и для ОИВ [Sun, McDonough, 1989] свидетельствует о несомненной связи вулканитов верхней пачки кайласской свиты с обогащенным внутриплитовым мантийным источником. С другой стороны, отчетливые максимумы по Rb, K, Th, U, Pb могут служить указанием на влияние другого источника вещества, каковым могла являться континентальная кора. Выше были подчеркнуты очевидные петрографические признаки реальности процесса ассимиляции вулканитами кислого корового материала, что находит свое подтверждение и в геохимических характеристиках пород. В качестве регионального верхнекорового контаминанта для вулканитов верхней пачки кайласской свиты могут служить гранитоиды ундинского комплекса, широко развитые в северном обрамлении Александрово-Заводской впадины.

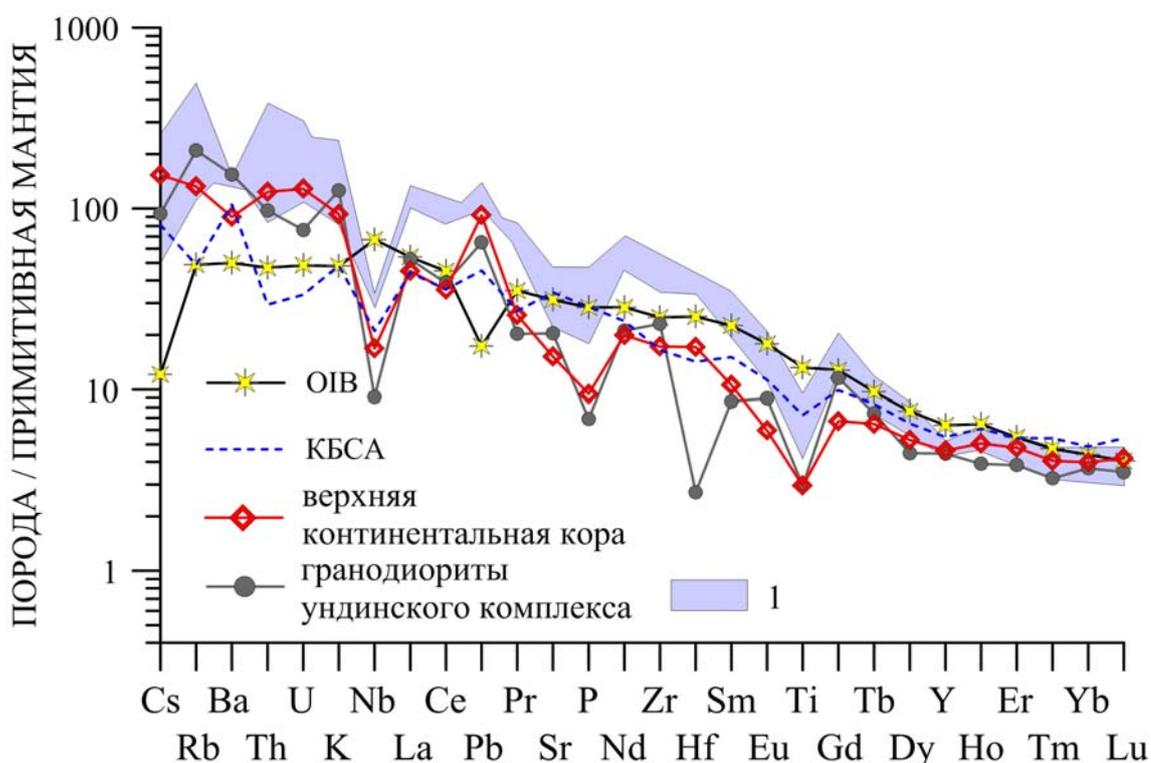


Рис. 3. Мультикомпонентная спайдер-диаграмма для вулканических пород верхней пачки кайласской свиты.

Условные обозначения: 1 – вулканиты верхней пачки кайласской свиты. Средний состав верхней континентальной коры приведен по [Rudnick, Gao, 2003]; средний состав гранодиорита ундинского комплекса приведен по [Козлов и др., 2003]; средний состав базальта океанических островов (ОИВ) по [Sun, McDonough, 1989]; средний состав базальта Северной Азии по [Ярмолюк и др., 2000]. Для нормирования использовался состав примитивной мантии по [Sun, McDonough, 1989].

ГЛАВА 5. ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА ПО ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ И ЭВОЛЮЦИЯ ЮРСКО-МЕЛОВОГО МАГМАТИЗМА АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ

Современные исследования в области геохимии и петрологии магматических пород невозможны без использования изотопно-геохимических данных, служащих маркерами миграции элементов между различными геохимическими резервуарами или источниками вещества, вовлекаемых в магматические процессы.

На вариационной диаграмме $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)} - \text{Ba}/\text{Nb}$ (рис. 4) фигуративные точки составов Акатуевской вулканоплутонической ассоциации образуют вытянутый горизонтальный тренд, обусловленный значительными вариациями величин Ba/Nb отношения в пределах – 33-245. Такой тренд характерен для магматических пород, генетически связанных с мантийным источником, испытавшим влияние процесса обогащения в зоне субдукции, например, для базальтов Курило-Камчатской островодужной системы. Кроме того, по этому признаку магматические образования шошонит-латитовой серии Восточного Забайкалья сходны с мезозойскими базальтоидами внутриплитовой провинции Западного Забайкалья [Воронцов и др., 2002; Ярмолюк и др., 2003] (рис. 4), отличаясь от них более радиогенным первичным изотопным составом стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)} - 0,70631-0,70688$). Этот факт может служить указанием как на участие некоторого количества корового вещества в генезисе расплавов шошонит-латитовой серии, так и на более обогащенный радиогенным стронцием мантийный источник. Эффузивные породы верхней пачки кайласской свиты характеризуются узким значением вариации величин Ba/Nb (от 35 до 45) и менее радиогенным составом первичного $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)} - 0,70502-0,70529$ по сравнению с породами Акатуевской вулканоплутонической ассоциации. По характеру величин $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)} - \text{Ba}/\text{Nb}$ вулканиты верхней пачки полностью соответствуют позднеюрско-раннемеловым трахибазальтам и трахиандезитам других рифтогенных впадин Восточного Забайкалья (рис. 4).

Вариации величин $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ и $1/\text{Sr}$ (рис. 5) указывают на ключевую роль процесса фракционной кристаллизации для серии пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации и вулканитов верхней пачки кайласской свиты. В последних она более выражена, исходя из практически горизонтального расположения фигуративных точек составов. Незначительная роль коровой контаминации выражается в породах шошонитовой серии в слабой положительной корреляции между величинами $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ и $1/\text{Sr}$. На диаграмме также показаны возможные линии смешения вещества субщелочного базальта с разными типами коровых субстратов. В качестве модельного базальта выбран состав с наименее радиогенным изотопным составом Sr из выборки [Ярмолюк и др., 2003], а в качестве коровых субстратов – валовый состав верхней континентальной коры по [Taylor, 1977] и состав гранита ундинского комплекса Восточного Забайкалья по [Козлов и др., 2003].

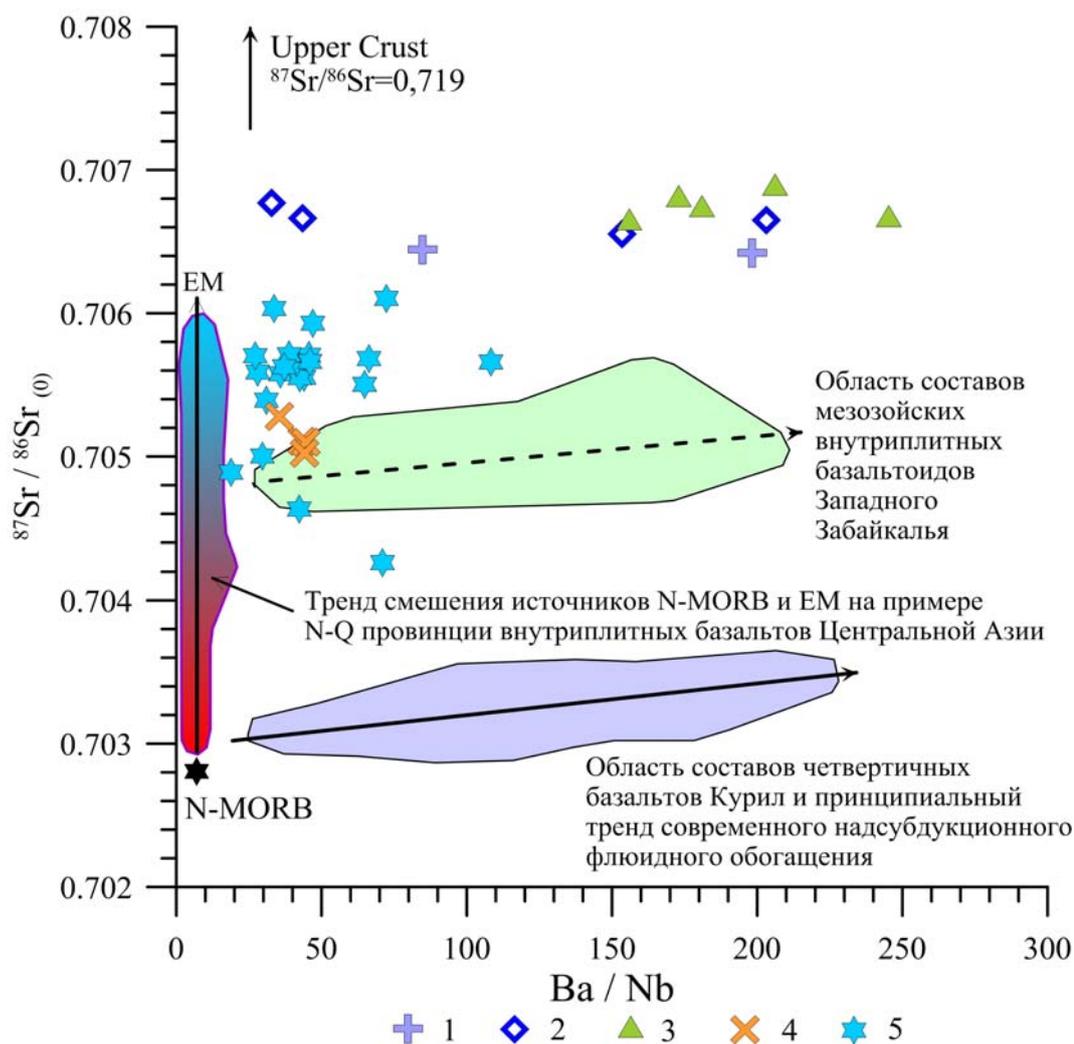


Рис. 4. Вариационная диаграмма $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ – Ba/Nb для пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации и верхней пачки кайласской свиты, демонстрирующая различия эволюционных трендов базальтов, генерируемых мантийным субстратом, метасоматизированным субдукционным процессом (смещение истощенного мантийного источника и надсубдукционного флюидного компонента) и базальтоидов, связанных с плюмовым процессом (смещение истощенного и обогащенного мантийных источников).

Первичное изотопное отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(0)}$ рассчитано для возраста 160 млн. лет для пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации и 140 млн. лет для вулканитов верхней пачки кайласской свиты. Условные обозначения: 1-2 – породы Акатуевского массива. 1 – ранняя фаза, 2 – главная фаза. 3-4 – вулканиты кайласской свиты: 3 – нижняя пачка, 4 – верхняя пачка. 5 – трахибазальты J_3 - K_1 рифтогенных впадин Восточного Забайкалья.

Линии смешения показаны на рис. 5. векторами ВК и УНД соответственно. Из рисунка видно, что для смешения изотопного состава стронция источника базальта Северной Азии в сторону составов, которые наблюдаются в породах шошонитовой и трахибазальтовой серий Александрово-Заводской впадины, расплав должен контаминировать до 10 % валового состава коры, а учитывая региональные особенности – до 20 % гранитоидов ундинского комплекса для пород верхней пачки кайласской свиты (трахибазальтовая

серия) и до 25% вещества верхней коры или около 50% гранитоидов ундинского комплекса для пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации. Подобные степени контаминации представляются маловероятными с учетом минералого-петрографических и петрогеохимических данных, а, следовательно, можно предполагать первично обогащенный мантийный источник родоначальных расплавов исследуемых пород при подчиненной роли процесса коровой контаминации.

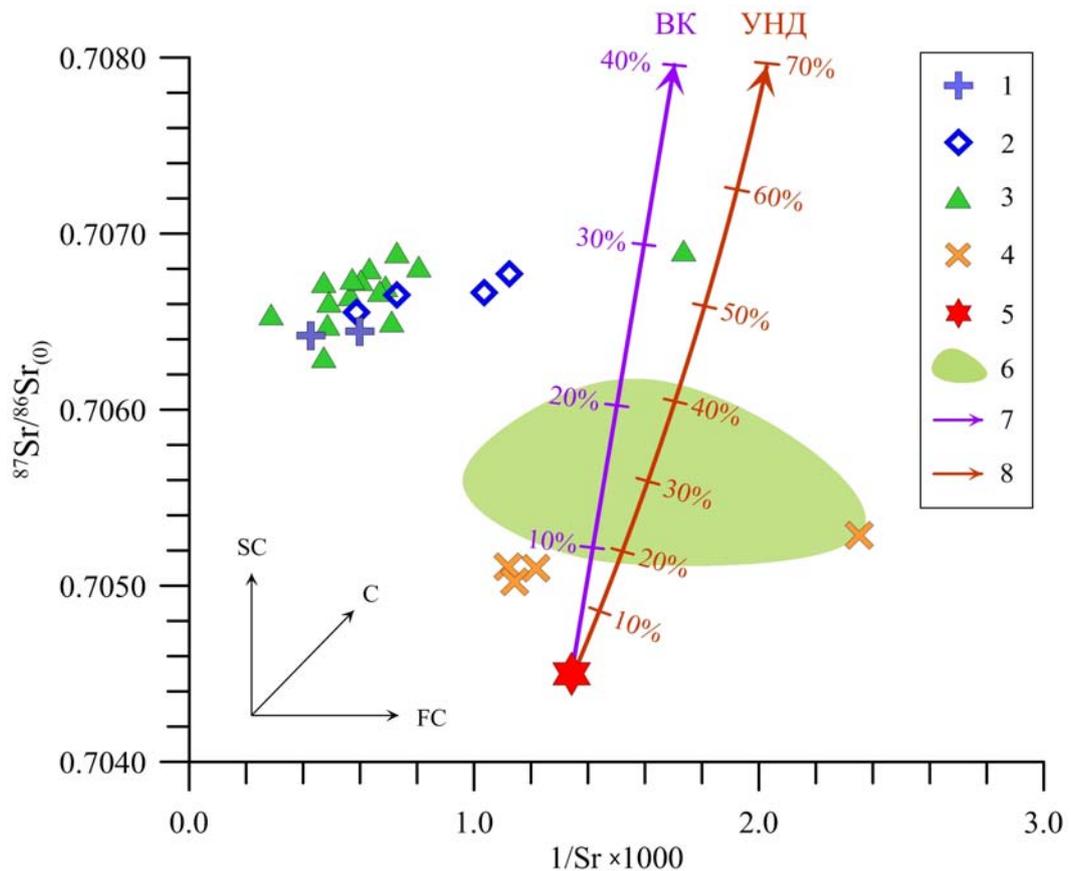


Рис. 5. Диаграмма $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - 1/\text{Sr}$ для интрузивных пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации и вулканитов верхней пачки кайласской свиты.

Условные обозначения: 1 – породы ранней фазы Акатуевского массива; 2 – породы главной фазы Акатуевского массива; 3 – вулканиты нижней пачки кайласской свиты; 4 – вулканиты верхней пачки кайласской свиты; 5 – средний состав континентального базальта Северной Азии по [Ярмолюк и др., 2000]; 6 – область составов позднеюрско-раннемеловых трахибазальтов Ингодинской и Усуглинской рифтогенных впадины Восточного Забайкалья по [Сасим, Дриль, 2013]; 7 – линия смешения между модельным составом базальта из выборки [Ярмолюк и др., 2003] и валового состава верхней континентальной коры (ВК) по [Taylor, 1977]; 8 – линия смешения между модельным составом внутриплитового базальта из выборки [Ярмолюк и др., 2003] и гранитом ундинского комплекса [Козлов и др., 2003]. Обозначение векторов процессов: FC – фракционной кристаллизации, C – смешения источников (коровая контаминация), SC – вариация или смена источников.

Шошониты и латиты Александрово-Заводской впадины характеризуются $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(160 \text{ MA})} = 0,70652-0,70687$ и $\epsilon\text{Nd}(t) = -0,6(-1,4)$, а вулканиты трахибазальтовой серии (верхняя пачка кайласской свиты), развитые в этой же впадине, имеют менее радиогенный изотопный состав стронция: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(140 \text{ MA})} = 0,70510-0,70529$ при значениях $\epsilon\text{Nd}(t) = 1,0(-0,4)$.

Трахибазальты Ингодинской и Западно-Усуглинской впадин локализируются в области смешения EM II и умеренно деплетированной мантии, что выражено слабо радиогенным составом стронция: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(140 \text{ MA})} = 0,70544-0,70555$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(140 \text{ MA})} = 0,70428-0,70619$ соответственно, при значениях величины $\epsilon\text{Nd}(t)$, варьирующих в пределах от +5,6 до -2,0 (рис. 6). Подобное распределение изотопных составов стронция и неодима характерно для позднепалеозойских, ранне- и позднемезозойских внутриплитных базальтов Северной Азии, представляющих согласно [Ярмолюк и др., 2000] составы мантийных плюмов, ответственных за внутриплитную активность региона. Более радиогенный состав стронция средне-позднеюрских пород шошонитовой серии нижней пачки кайласской свиты, вероятно, связан с более выраженной ролью процессов контаминации коровым веществом, а также более обогащенным радиогенным стронцием мантийным источником типа EMII в родоначальном расплаве. Последний факт хорошо согласуется с направленным изменением состава мантийных субстратов от источника типа EMII в сторону умеренно деплетированного источника типа DM во времени для территории Центрально-Азиатского складчатого пояса [Ярмолюк и др., 2000].

Также важно отметить, что составы пород Акатуевской вулканоплутонической ассоциации заметно смещены вправо от линии смешения между мантийным и региональным коровым источниками вещества. Это указывает на то, что возможный коровый контаминант для этой серии пород обладал более истощенным изотопным составом неодима по сравнению с типичными верхнекоровыми реперами.

Изотопный состав неодима в кислых породах тургинской свиты характеризуется слабо положительными величинами $\epsilon\text{Nd}(t) = 0,2(+0,7)$, что указывает на генетическую связь с умеренно истощенным источником вещества и совпадает с характеристиками трахибазальтов верхней пачки кайласской свиты. При этом кислые вулканиты имеют типично коровые ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(145 \text{ MA})} = 0,70729-0,72805$), а часто и крайне высокорadiогенные ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(145 \text{ MA})} = 0,75217-1,02186(!)$) значения первичного отношения изотопного состава стронция. Подобные «контрастные» Sr-Nd изотопные характеристики, присущие ряду кислых вулканитов тургинской свиты, вероятно, обусловлены не только магматическим процессом, но также и флюидно-магматическим взаимодействием на завершающей стадии эволюции кислой магматической системы.

Фазовый состав мантийного протолита для пород шошонит-латитовой и трахибазальтовых серий согласно La/Yb-Yb диаграмме [Дриль, Антипин, 1996; Dril et al., 1997] мог отвечать метасоматизированному шпинелевому лерцолиту, содержащему модалный амфибол.

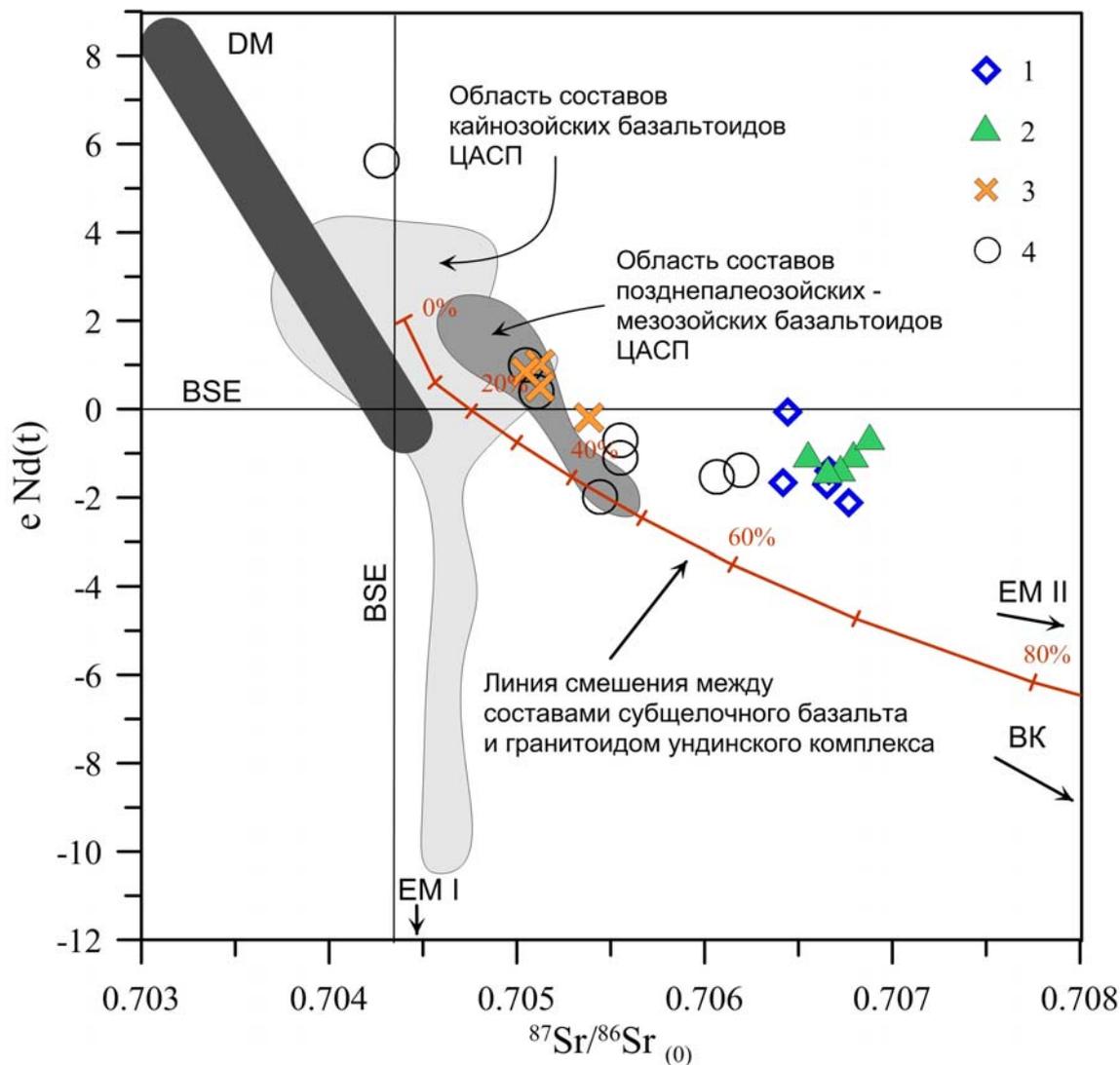


Рис. 6. Изотопная диаграмма $\epsilon Nd(t)$ - $^{87}Sr/^{86}Sr_{(0)}$ для пород шошонит-латитовой и трахибазальтовой серий Александрово-Заводской впадины.

Условные обозначения: 1-2 – породы Акатуевской вулканоплутонической ассоциации (шошонит-латитовая серия): 1 – породы ранней и главной фаз Акатуевского массива, 2 – вулканиты нижней пачки кайласской свиты; 3 – вулканиты верхней пачки кайласской свиты (трахибазальтовая серия); 4 – верхнеюрско-раннемеловые трахибазальты Ингодинской и Усуглинской впадин по [Сасим, Дриль, 2013].

Области составов поднепалеозойских, мезозойских, кайнозойских внутриплитовых базальтоидов Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) приведены по [Ярмолюк и др., 2000]. Линия смешения рассчитана между модельным составом внутриплитового базальта из выборки [Ярмолюк и др., 2003] и гранитом ундинского комплекса [Дриль и др., 2006].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении сформулируем основные выводы, полученные в ходе проведенных исследований.

Магматические породы Акатуевского массива и нижней пачки кайласской свиты относятся к шошонит-латитовой серии и по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ изотопного датирования формировались в интервале 162-155 млн. лет. Вулканы верхней пачки кайласской свиты принадлежат трахибазальтовой серии и вместе с кислыми вулканитами тургинской свиты могут быть объединены в трахибазальт-трахириолитовую ассоциацию Александрово-Заводской впадины.

Ведущим петрогенетическим механизмом, определяющим разнообразие составов пород как шошонит-латитовой серии Акатуевской вулканоплутонической ассоциации, так и трахибазальтовой серии Александрово-Заводской впадины является процесс кристаллизационной дифференциации расплавов. Влияние контаминации расплавов коровым веществом носит подчиненный характер, и проявляется в минералогическо-петрографических особенностях пород, некоторых геохимических и изотопных характеристиках последних.

Характерной геохимической чертой пород шошонит-латитовой серии является их обогащенность LILE, легкими РЗЭ, U, Th, Pb при резко проявленном дефиците элементов высокозарядной группы (Nb, Ti) и P. Породы трахибазальтовой серии Александрово-Заводской впадины близки по своему микроэлементному составу к составу типичных трахибазальтов других рифтогенных впадин Восточного Забайкалья, обладая схожими высокими уровнями накопления LILE, легких РЗЭ, HFSE и еще большей обогащенностью такими элементами как Rb, Th, U, тяжелые РЗЭ.

Изотопные Sr-Nd характеристики пород шошонит-латитовой серии свидетельствуют об их образовании из обогащенного мантийного источника типа EM II, тогда как для пород трахибазальтовой серии установлено взаимодействие деплетированного (DM) и обогащенного (EM-II) мантийных источников вещества. Изотопные характеристики пород обеих серий свидетельствуют о незначительном влиянии процессов коровой контаминации на состав эволюционировавших расплавов. Возможным мантийным протолитом, продуцировавшим расплавы как шошонит-латитовой, так и трахибазальтовой серий, являлся метасоматически обогащенный шпинелевый лерцолит, содержащий в своем составе модальный амфибол.

Основные публикации по теме диссертации

Сасим С.А., Дриль С.И. Изотопно-геохимические характеристики пород Акатуевского массива Восточного Забайкалья и связанных с ними полиметаллических руд // Известия сибирского отделения секции Наук о Земле Российской Академии естественных наук «Геология, поиски и разведка рудных месторождений». Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. – №1 (38). – С. 78-84.

Сасим С.А., Чуканова В.С., Ильина Н.Н., Семенова Ю.В., Ощепкова А.В. Геохимия вулканических пород позднемезозойской рифтогенной ассоциации Александрово-Заводской впадины (Юго-Восточное Забайкалье) // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2012. – Т.5. – №2. – С.209-228.

Сасим С.А., Дриль С.И., Татарников С.А., Владимирова Т.А., Сандимирова Г.П. Геохимия и Sr-Nd-Pb изотопная систематика пород Акатуевского массива (Юго-Восточное Забайкалье) // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов: Материалы I международной конференции. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – С. 342-344

Сасим С.А. Петрогенезис шошонит-латитовых пород вулканоплутонической ассоциации (Юго-Восточное Забайкалье) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIV международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – Том I. – с.130-132.

Сасим С.А., Дриль С.И., Травин А.В., Чуканова В.С., Ильина Н.Н. Изотопно-геохимическая систематика и геохронология пород шошонит-латитовой серии Восточного Забайкалья // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Владивосток: Дальнаука, 2011. – С. 285-287.

Сасим С.А., Ильина Н.Н., Ощепкова А.В. Постаккреционный и рифтогенный магматизм Восточного Забайкалья: геохимия, Sr-Nd изотопная систематика и генезис мезозойских изверженных пород Александрово-Заводской впадины // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых ученых (Иркутск, 23-28 сентября 2013 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. – С. 35-36.

Сасим С.А., Дриль С.И. Геохимия и Sr-Nd изотопная систематика пород шошонитовой и трахибазальтовой серий на примере мезозойских вулканитов Ингодинской, Усуглинской и Александрово-Заводской рифтогенных впадин Восточного Забайкалья // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 11. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2013. – С. 202-204.