

На правах рукописи

АНДРЮЩЕНКО Сергей Владимирович

**ГЕОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИХ
МАГМАТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ ХАМБИНСКОЙ
ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
(ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)**

Специальность 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2010

Работа выполнена в Учреждении РАН Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
Воронцов Александр Александрович

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
Цыганков Андрей Александрович (ГИН СО РАН)

доктор геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
Киселев Александр Ильич (ИЗК СО РАН)

Ведущая организация: Тувинский Институт Комплексного освоения
природных ресурсов СО РАН (г. Кызыл)

Защита состоится 12 мая 2010 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного
совета Д 003.059.01 при Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН
по адресу: 664033, Иркутск, ул. Фаворского 1а, Факс: (3952)427050.
E-mail: korol@igc.irk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геохимии
им. А.П. Виноградова СО РАН по адресу: 664033, Иркутск,
ул. Фаворского 1а.

Автореферат разослан апреля 2010 г.

Ученый секретарь совета,
к. г.-м. н.

Г.П. Королева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Изучение состава ассоциаций вулканитов повышенной щелочности с широким участием трахибазальтов, базальтовых трахандезитов, трахитов и комендитов позволяет решать проблемы эволюции магматизма и оценивать изменчивость его источников во времени. Такие ассоциации трассируют зоны рифтогенеза и позволяют реконструировать структуры литосферного раскола. Они определяют закономерности распределения плутонических производных рифтогенного магматизма, которые являются специализированными в отношении редкометальной минерализация и, тем самым, являются необходимым инструментом при металлогеническом районировании территорий.

В работе рассмотрены вопросы соотношения грабенообразования и магматизма, эволюции магматизма и его источников для Хамбинской вулканотектонической структуры (ВТС), которая заполняет собой довольно крупный фрагмент позднемезозойской Западно-Забайкальской рифтовой области между западным (Малохамардабанским) и центральным (Тугнуйско-Хилокским) ее секторами.

Объекты исследования. Основными объектами исследования стали вулканическое поле в пределах западного горстового обрамления Гусиноозерской впадины, Шалутинский палеовулкан и Муртойская дайка, приуроченные к Хамбинскому хребту и его юго-восточному склону. Кроме этих образований исследовалось Тамчинское лавовое поле на южном окончании Гусиноозерской впадины, а также интрузивные аналоги фонолитов Шалутинского палеовулкана, представленные нефелиновыми сиенитами обрамления Боргойской впадины. Для сравнения в работе были рассмотрены проявления внутриплитного магматизма в пределах Малохамардабанского и Тугнуйско-Хилокского секторов Западно-Забайкальской рифтовой области.

Цели и задачи исследования. Основной целью работы является определение основных закономерностей вещественной эволюции юрско-мелового магматизма Хамбинской ВТС, оценка вариаций состава магматических ассоциаций во времени и сопоставление их со смежными областями внутриплитной активности. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- 1) Изучение геологического строения Хамбинской ВТС;
- 2) Выявление основных этапов развития магматизма в пределах Хамбинской ВТС на основании геологических данных и результатов определения абсолютного возраста магматических пород;

- 3) Определение петро-геохимических параметров магматических ассоциаций;
- 4) Изучение изотопно-геохимических (Rb-Sr, Sm-Nd) характеристик магматических пород, оценка состава источников магматизма в соответствии с изотопной систематикой типовых мантийных (OIB, MORB, DM и других) и коровых источников.

Фактический материал и методы исследования. В основу работы положен фактический материал, собранный автором при проведении экспедиционных работ в Хамбинском хребте в 2003-2009 гг. Кроме того, для геохимических и изотопных исследований была использована часть образцов из коллекций В.Г. Иванова, А.А. Воронцова и В.В. Ярмолюка. В ходе работ автором был получен большой объем новых данных по геологическому строению и составу магматических пород и систематизирован имеющийся материал по магматизму Хамбинской ВТС. Работа выполнялась при финансовой поддержке проекта РФФИ 07-05-00365. Выполненные исследования базируются на изучении 215 проб и шлифов.

Содержания петрогенных элементов были определены рентгенофлуоресцентным методом на рентгеновском многоканальном спектрометре СРМ-25, Rb – методом пламенной фотометрии, элементы группы Fe и Sn, Ba и Sr (при содержаниях двух последних менее 200 г/т) – атомным эмиссионным спектральным анализом. Редкоземельные элементы, Ta, Hf, U, Th определялись методом ICP-MS в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН на масс-спектрометре Element-2, Ba и Sr (при концентрациях более 200 г/т), Zr и Nb определялись методом РФА и ICP-MS.

Изотопный состав Sr и Nd определялся в Институте геохимии СО РАН и Центре коллективного пользования ИНЦ СО РАН на масс-спектрометрах МИ-1201 и Finnigan MAT-262 в одноленточном режиме для стронция и двухленточного источника для неодима.

В работе использованы результаты K-Ar датирования, полученные В.Н. Смирновым в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН и М.М. Аракелянц в ИГЕМ РАН.

Научная новизна. Выявлена Хамбинская палеорифтовая вулканотектоническая структура, которая является связующим звеном в системе Малохамардабанского и Хилокско-Тугнуйского секторов Западно-Забайкальской рифтовой области.

Впервые определены возрастные этапы развития магматизма в пределах этой структуры, которые увязаны с историей её геологического развития.

Установлена закономерная изменчивость составов продуктов магматизма во времени, заключающаяся с одной стороны в смене объемов и ассоциаций пород, а с другой – в изменении геохимических и изотопных (Sr-Nd) характеристик, что позволило оценить соответствующие вещественные параметры и эволюцию материнских расплавов и их источников.

Практическая значимость. В ходе работы был собран и обобщен обширный геологический материал, который в совокупности с полученными данными по абсолютному возрасту, минеральному, химическому и изотопному составу пород магматических ассоциаций Хамбинской ВТС позволяет повысить достоверность схемы магматизма для позднемезозойских этапов развития Западно-Забайкальской рифтовой области. Результаты исследований являются базой для регионального геологического картирования, палеореконструкций и металлогенического прогноза.

Защищаемые положения.

1. Обосновано выделение крупной позднемезозойской Хамбинской вулканотектонической структуры, сопряженной с развитием Западно-Забайкальской рифтовой области.
2. Формирование Хамбинской вулканотектонической структуры было связано с 4 этапами проявления магматической активности, зафиксированными следующими магматическими ассоциациями: 1 этап – дифференцированная субщелочной базальт - трахиандезит-трахит-трахириолит-комендитовая с возрастом 159-155 млн. лет; 2-й этап, дифференцированная субщелочной базальт - трахиандезит-фонолит-трахит-трахириолитовая, возраст 127-124 млн. лет; 3-й этап - эссексит-теффрифонолитовая с возрастом 121-117 млн. лет; 4-й этап – щелочные оливиновые базальты с возрастом 102-100 млн. лет.
3. Магматические породы всех возрастных групп характеризуются повышенной общей щелочностью, высокими содержаниями редких литофильных элементов (Ba, Th, U, Rb, Nb, Ta, REE, Pb, Sr, Zr, Hf, Ti, Y), что типично для пород внутриконтинентальных рифтогенных структур. По мере омоложения магматических ассоциаций уменьшается их объем, доля пород кислого состава и увеличивается общая щелочность базальтоидов.
4. Эволюция состава базальтоидов во времени отражена в постепенном увеличении содержаний высокозарядных элементов Th, U, Nb, Ta и Ti и понижении значения LREE/HREE, а также выражена изменением Sr-Nd изотопных параметров пород в последовательности EM II → DM. Фиксируемые вариации состава связываются с изменениями условий плавления и состава магматического источника.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на 21-й Всероссийской молодежной конференции: «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2005), 4-м тектоническом совещании «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского складчатого пояса: от океана к континенту» (Иркутск, 2006), 3-й Российской конференции по изотопной геологии (Москва, 2006), конференциях молодых ученых «Современные проблемы геохимии» (Иркутск, 2006, 2007), 3-й и 4-й Сибирской международных конференциях молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2006, 2008), 5-й конференции молодых ученых СО РАН, посвященной М.А. Лаврентьеву (Новосибирск, 2007), ежегодных научно-практических конференциях Иркутского государственного университета (Иркутск, 2006, 2007, 2008), 14-м Международном симпозиуме им. Академика Усова (Томск, 2008). По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из Введения, 4 глав, Заключение и Списка литературы. Общий объем 137 страниц машинописного текста, 46 иллюстраций, 13 таблиц. Список литературы включает 139 библиографических названий.

Благодарности. Работа выполнена в лаборатории основного и ультраосновного магматизма Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН.

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.г.-м.н. А.А. Воронцову, проявлявшему постоянное внимание и поддержку на всех этапах подготовки диссертации. Исследования проводились при тесном сотрудничестве с членом-корреспондентом РАН В.В. Ярмолюком, творческое общение с которым способствовало формированию взглядов автора на проблемы внутриплитного рифтогенного магматизма Западного Забайкалья.

Неоценимое содействие в проведении полевых работ оказали Д.А. Лыхин, к.г.-м.н. А.М. Козловский, Е.Б. Кудряшова, В.Б. Хубанов, Е.Н. Дутов, О.В. Алексеева.

За обсуждение фактического материала, консультации и ценные советы автор благодарен д.г.-м.н. А.Я. Медведеву, д.г.-м.н. В.С. Антипину, д.г.-м.н. Н.В. Владыкину, д.г.-м.н. В.Д. Козлову, к.г.-м.н. А.С. Мехоношину, д.г.-м.н. В.А. Макрыгиной, к.г.-м.н. М.А. Горновой, к.г.-м.н. А.Б. Перепелову и к.г.-м.н. А.Г. Полозову.

Особую благодарность автор выражает всем сотрудникам аналитических служб Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, участвовавших в проведении лабораторных исследований.

Глава 1. Магматизм Западно-Забайкальской рифтовой области

Территория Западного-Забайкалья на протяжении мезозоя неоднократно вовлекалась в процессы внутриконтинентального рифтогенеза [Гордиенко и др., 1995, 1999; Ярмолюк, Иванов, 2000; Литвиновский и др., 2001], что привело к формированию в регионе системы разновозрастных субпараллельных грабенов, горстов и приуроченных к ним субщелочных и щелочных вулканических ассоциаций. Эти структуры и проявления магматизма сосредоточены в пределах полосы северо-восточного простирания, которая вытянулась на расстояние свыше 1000 км при ширине 200 км через бассейны рек Джида, Селенга, Уда, Тугнуй, Хилок на западе до Витимского плоскогорья на востоке. На раннемезозойском этапе развития этой системы формировались поздне триасовые базальт-трахит-трахириолит-комендитовые вулканические толщи цаганхуртейской серии и массивы щелочных гранитов куналейского комплекса [Литвиновский и др., 2001; Воронцов и др., 2007]. Рифтогенные процессы позднего мезозоя в целом наследовали структурный план раннемезозойской рифтовой зоны, но привели к образованию новой системы хорошо выраженных в современном рельефе грабенов и горстов, которые выделяются в качестве поздне мезозойской Западно-Забайкальской рифтовой области. Эта область разделяется на несколько секторов, различающихся историей развития магматизма, объемами и составами вулканических продуктов. В каждом из этих секторов магматические ассоциации формировались в несколько этапов.

В поздней юре – раннем мелу (160-100 млн. лет) развитие вулканических ареалов было сопряжено с образованием крупных грабенов и сопровождалось достаточно масштабной магматической деятельностью. Наряду с преобладающими платобазальтами в этих областях возникли вулканические ассоциации с трахитами, трахириолитами, пантеллеритами и комендитами, фонолитами, тефритами, а также небольшие и редкие массивы нефелиновых сиенитов, щелочных сиенитов и гранитов, литий-фтористых гранитов и онгонитов, шонкинитов, пироксенитов и карбонатитов. Расцвет тектонической и магматической активности пришелся на начало раннего мела (140-130 млн. лет) [Занвилевич и др., 1994; Гордиенко, 1995; Иванов, Ярмолюк, 1996; Литвиновский и др., 1996; Воронцов и др., 1999] .

С позднего мела до раннего кайнозоя (100-25 млн. лет) масштаб магматической активности сильно уменьшился. В это время возникали разрозненные лавовые поля, связанные с деятельностью небольших щитовых вулканов и объемы вулканических продуктов резко сократились [Базаров, Багдасарьян, 1986; Ярмолюк и др., 1998; Воронцов, Ярмолюк, 2007].

В позднем кайнозое (< 25 млн. лет) развитие рифтовой области было связано с процессами новейшей внутриплитной вулканической и тектонической активности, охватившей территорию Центральной и Восточной Азии. На ранних стадиях формирования вулканических районов преобладали трещинные излияния, затем следовали локальные излияния центрального типа и в завершающей стадии возникли шлаково-бомбовые вулканы [Ярмолюк и др., 2001].

Глава 2. Этапы развития вулканизма Хамбинской вулкано-тектонической структуры и соответствующие им магматические ассоциации

Хамбинская вулкано-тектоническая структура (ВТС) принадлежит Западно-Забайкальской рифтовой области (рис.1). Она расположена между центральным Тугнуйско-Хилокским и западным Малохамардабанским ее секторами.

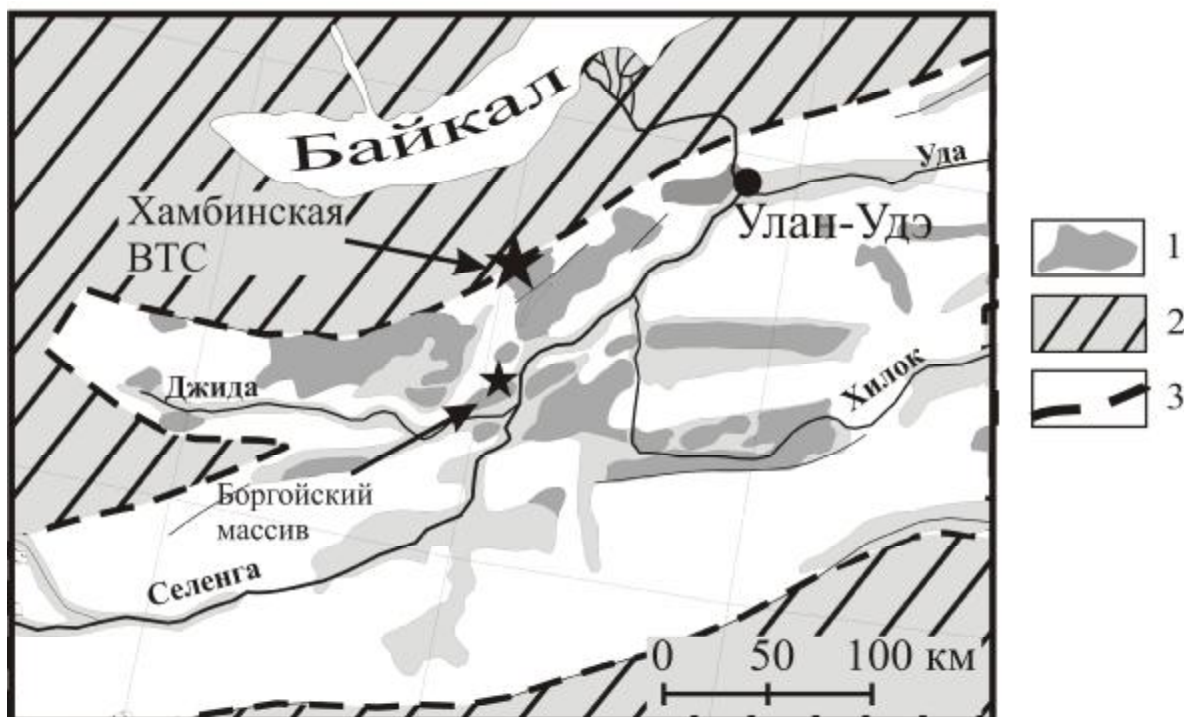


Рис. 1. Положение Хамбинской ВТС в Западном Забайкалье. 1 – позднемезозойские-кайнозойские магматические ассоциации, 2 - домезозойский фундамент, 3 – границы Западно-Забайкальской рифтовой области.

Рассматриваемая Хамбинская ВТС представляет собой северо-западное горстовое обрамление позднемеловой Гусиноозерской впадины и включает в себя Хамбинский хребет, а также хребты Хоруха и Хухэ-Хада. Она имеет ширину 15-20 км и протягивается в субмеридиональном направлении более чем на 50 км, от низовьев р. Темник до северо-западного фланга озера Гусиное. Схема геологического строения Хамбинской ВТС приведена на рис. 2.

В пределах Хамбинской ВТС выделяются Хамбинское лавовое поле, вулканические аппараты (палеовулканы) центрального типа и Муртойский (Гусиноозерский) дайковый комплекс, а также Тамчинское лавовое поле. В истории развития Хамбинской ВТС можно проследить 4 этапа магматической активности, охватывающие интервал от 159 до 100 млн. лет назад.

В *позднеюрский этап (159-155 млн. лет)* было сформировано Хамбинское вулканическое поле, которое представлено серией лавовых покровов и экструзивных тел, сложенных дифференцированной субщелочной базальт-трахиандезит-трахириолит-комендитовой ассоциацией. В разрезах поля, наиболее полно вскрытых по долинам Галтай, Муртой, Сильвэ, Сангинэ и левобережья р. Удунга, а также в хребте Хухэ-Хада, породы разного состава обычно разделены, образуют обособленные серии покровов и характеризуются гомодромной последовательностью. Вулканиды залегают на размытой поверхности позднепалеозойских гранитов и граносиенитов и перекрываются раннемеловыми осадками Гусиноозерской впадины. Rb-Sr изохронный возраст вулканидов из разреза Хухэ-Хада соответствует $155,6 \pm 2,5$ млн. лет, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,70575 \pm 0,00015$, из разреза Удунга - $159,1 \pm 2,7$ млн. лет, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,70534 \pm 0,00031$. K-Ar возраст базальтового трахиандезита соответствует значению $156,4 \pm 4,7$ млн. лет (разрез Хухэ-Хада). Полученные оценки согласуются со временем образования вулканидов ичетуйской свиты (146-159 млн. лет) [Шадаев и др., 1992; Иванов и др., 1995; Литвиновский и др., 1996; Воронцов и др., 2002].

Этап середины раннего мела (127-124 млн. лет) характеризуется резким сокращением магматической активности. С этим этапом связано образование одиночных палеовулканов центрального типа, в строении которых участвуют щелочные породы.

Наиболее детально изучен Шалутинский палеовулкан, который расположен на восточном крыле Хамбинского вулканического поля. В его строении участвуют субщелочные базальты, трахиандезиты, фонолиты, трахиты и трахириолиты. Эти породы прорывают раннемеловые осадки Гусиноозерской впадины и отличаются от дифференцированной ассоциации пород предыдущего этапа преобладанием пористых разновидностей, кластолав, брекчий и туфов среднего состава. K-Ar возраст для пород Шалутинского палеовулкана определен в диапазоне 124-127,9 млн. лет, что отвечает времени образования (119-134 млн. лет) ассоциаций щелочных пород в Западно-Забайкальской рифтовой области, в том числе – Бургултайского палеовулкана [Иванов и др., 1996] и нефелиновых сиенитов в обрамлении Боргойской впадины [Кузнецова, 1975].

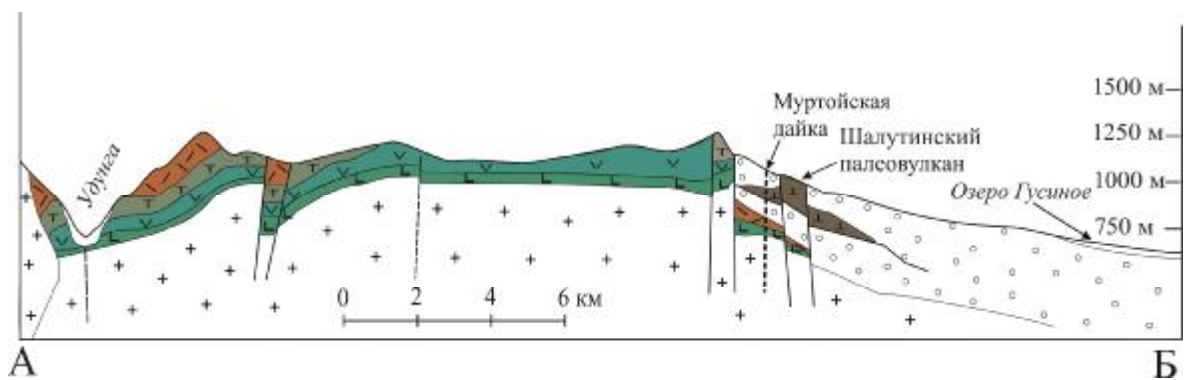
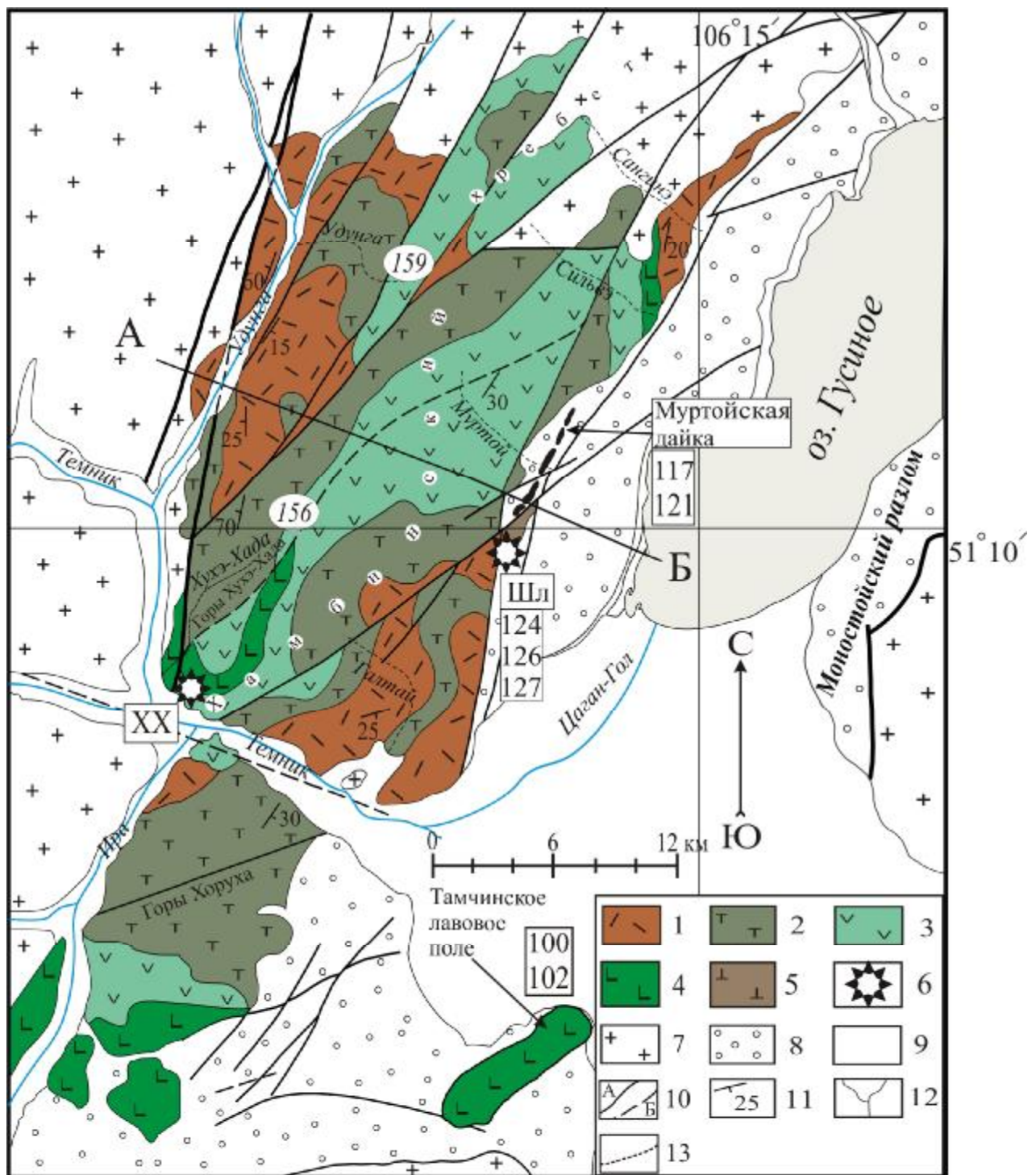


Рис. 2. Схема геологического строения Хамбинской вулканотектонической структуры и разрез по линии А-Б.

1-5 – позднемезозойские магматические породы: 1 – трахидациты, трахириолиты и комендиты; 2 – трахиты; 3 – трахиандезиты; 4 – трахибазальты и базальтовые трахиандезиты; 5 – тефрифонолиты; 6 – палеовулканы (ХХ – Хухэ-Хадинский, Шл – Шалугинский); 7 – позднепалеозойские-раннемезозойские граниты; 8 – раннемеловые отложения Гусиноозерской впадины; 9 – четвертичные отложения; 10 – разломы, А – явные, Б – погребенные; 11 – элементы залегания; 12 – геологические границы; 13 – изученные разрезы, по которым проводилось опробование. Цифрами обозначены Rb-Sr (курсив) и K-Ar датировки породных ассоциаций (млн. лет).

Этап середины-конца раннего мела (121-117 млн. лет) соответствует времени образования Муртойской дайки эссекситов-тефрифонолитов в западном борту Гусиноозерской впадины, в низовьях пади Муртой. Она протягивается в северо-восточном направлении в виде гребня высотой до 20 м на 6-7 км. Простирается дайка меняется от 50-55° в южной части до 20-30° - в северной, падение всюду на юго-восток под углом 70-80°, мощность 4-15 м. Дайка имеет сложное внутреннее строение, определяемое, по меньшей мере, тремя фазами внедрения щелочных расплавов. По данным Б.А. Литвиновского [Литвиновский и др., 1989] Rb-Sr изохронный возраст эссекситов отвечает 117±6 млн. лет, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0=0,70537\pm 0,00017$, K-Ar возраст биотита из эссекситов равен 122 млн. лет. Эти датировки в пределах погрешностей пересекаются с датировками пород палеовулканов, но также близки к возрасту (103-120 млн. лет) трахибазальтов и связанных с ними тешенитов (гленмуиритов и кринанитов) Боргойской впадины [Воронцов и др., 1997], расположенной в юго-восточном обрамлении Хамбинского хребта.

Тамчинское лавовое поле (102-100 млн. лет) слагает небольшое горное возвышение на южной окраине Гусиноозерской впадины, известное как хребет Енискей. Площадь его выхода на поверхности составляет 10 км². Вулканическое поле сложено щелочными оливиновыми базальтами, которые прослойкой осадочных пород разделены на два субсогласных тела мощностью от 8 до 50 м, падающими на север и северо-восток под углом от 5° до 30°. Изотопный возраст пород (K-Ar) – 102-100,2 млн. лет [Багдасарян, 1983; Базаров, Багдасарьян, 1986; Воронцов и др., 2002], что соответствует верхам нижнего мела и не противоречит геологическим данным.

Необходимо подчеркнуть, что первый этап (159 -156 млн. лет) был самым значимым в геологической истории Хамбинской ВТС, поскольку на этом этапе началось заложение и развитие грабена, сопровождаемое обширными площадными излияниями по субпараллельным разломам, в результате чего вулканы накапливались внутри грабена, формируя лавовое поле. Возможно, в завершающей фазе этого этапа произошло отмирание магмоконтролирующих структур.

тур, в связи с чем вулканическая активность в регионе прекратилась примерно на 30 млн. лет. Важнейшая особенность этого амагматического периода заключается в структурной перестройке рифтовой зоны. Юрский грабен прекратил свое существование и его территория больше не вовлекалась в процессы грабенообразования. Последние охватили область, прилегающую к вулканическому грабену с юго-востока, где, начиная с раннего мела, стала формироваться Гусиноозерская впадина “забайкальского” типа с моноклинальным внутренним строением, обусловленным односторонним конседиментационным опусканием ее фундамента по Моностойскому разлому [Булнаев, 2006].

В результате этих процессов позднеюрские вулканические толщи были приподняты на северо-западном фланге Гусиноозерской впадины и оказались в ее горстовом обрамлении. В последующие этапы центры активного магматизма последовательно смещались в новообразованную Гусиноозерскую впадину.

Глава 3. Вещественный состав магматических пород

Петрографическая характеристика пород

Вулканические и субвулканические породы. Субщелочные базальты и базальтовые трахиандезиты представляют собой массивные порфировидные породы. В них присутствуют крупные (до 10 мм) лейсты зонального плагиоклаза An 50-70, с характерными двойниками срастания. Структура основной массы пилотаксовая, интерсертальная. В ней, наряду с микролитами плагиоклаза, отмечаются зерна клинопироксена (титан-авгита) (до 15 об. %), реже оливина, калинатрового полевого шпата, биотита, роговой обманки, участки девитрифицированного стекла и акцессорные - апатит, сфен, магнетит. В щелочных базальтах в основной массе присутствуют ксеноморфные выделения нефелина.

Среди трахиандезитов и трахитов выделяются афировые и порфировые разновидности. Афировые породы обладают мелкозернистой и стекловатой структурами и сложены преимущественно андезином, калиевым полевым шпатом и вулканическим стеклом. Порфировые разновидности содержат крупные (до 10 мм) вкрапленники зонального андезина, бесцветного диопсида, ортоклаза.

Фонолиты представляют собой стекловатые или мелкозернистые породы с шариково-пятнистым внешним обликом. Их минеральный состав определяют анортоклаз, клинопироксен, слюда в виде пластинок, титаномagnetит и выполняющий интерстиции ксеноморфный нефелин, а также апатит. Тефрифонолиты и эссекситы Муртойской дайки сложены зональными зернами полевого шпата, высокотитанистым биотитом, субкальциевым ферротитанистым авгитом и амфиболом [Литвиновский и др., 1989].

Трахидацинты, трахириолиты и комендиты представлены красновато-бурыми порфировыми флюидалными породами. Вкрапленники представлены ортоклазом или корродированным плагиоклазом (An 20-30), олигоклазом, чешуйками биотита и кварцем. Основная масса выполнена стеклом и мелкозернистыми сростками кварца, калиевого полевого шпата и кислого плагиоклаза. В комендитах, наряду с этими минералами, в основной массе появляются слабо изометричные мелкие (не более 0,1 мм) кристаллы буро-зеленого щелочного амфибола.

Интрузивные породы. Нефелиновые сиениты Боргойского массива – интрузивные аналоги фонотефритов палеовулканов. Они представляют собой среднезернистые породы с гипидиоморфнозернистой, монцонитовой структурой и сложены щелочным полевым шпатом, плагиоклазом (An 20-30), эгирином, эгирин-авгитом, биотитом и нефелином. Последний образует короткостолбчатые кристаллы.

Петрогеохимическая характеристика пород

Все породы Хамбинской ВТС на классификационной диаграмме «сумма щелочей – кремнезем» принадлежат породам субщелочного и щелочного рядов, но ассоциации каждого этапа различаются между собой, что позволяет оценить закономерности изменения составов во времени.

Одной из важнейших закономерностей эволюции магматизма Хамбинской ВТС является сокращение доли кислых вулканитов в ассоциациях пород, вплоть до полного исчезновения, увеличение общей щелочности в породах основного и средне-основного составов по мере омоложения магматических ассоциаций (рис. 3.).

Так, фигуративные точки составов пород позднеюрского этапа образуют непрерывный ряд в диапазоне SiO_2 от 47 до 73 мас. %, этапа середины раннего мела – в диапазоне от 47 до 67 мас. %, в базальтах и базальтовых трахиандезитах суммарное содержание щелочей составляет 6-8 мас. %. В тефрифонолитах-эссекситах Муртойской дайки SiO_2 изменяется в интервале от 49 до 57 мас. %, общая щелочность достигает 10 мас. %. Породы Тамчинского лавового поля имеют очень узкий диапазон вариаций как SiO_2 (47-49 мас. %), так и суммарной щелочности (6-8 мас. %).

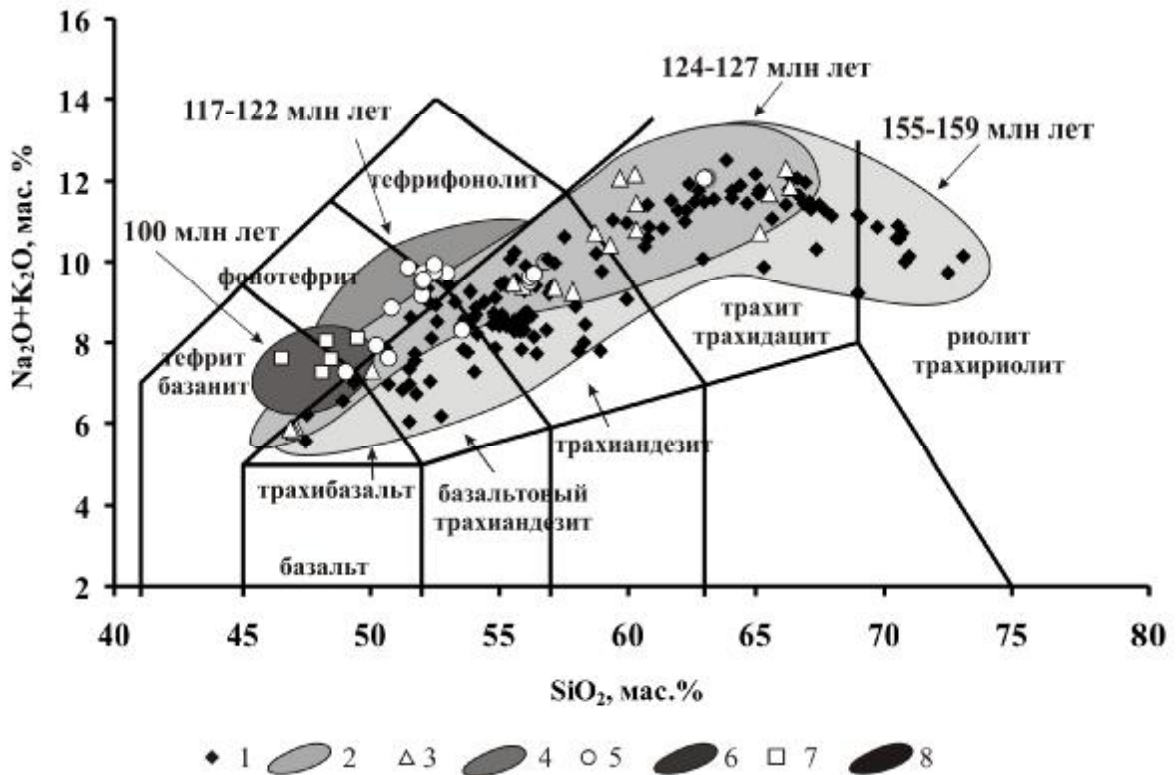


Рис. 3. Положение точек составов магматических пород Хамбинской ВТС на классификационной диаграмме $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ по [Le Bas, 1986]. Породы: 1-2 –Хамбинского лавового поля, 3-4 – Шалутинского палеовулкана, 5-6 – Муртойской дайки, 7-8 – Тамчинского лавового поля.

На графиках распределения некоторых петрогенных элементов в зависимости от доли остаточного расплава $f(\text{Ce})$, определяемой по методике [Barbery et al., 1975] при переходе от базальтов к трахириолитам-комендитам наблюдаются эволюционные изменения составов (рис. 4). В то же время точки составов пород Тамчинского лавового поля образуют на диаграммах поле составов, которое расположено за пределами полей составов и трендов магматической дифференциации для расплавов, формирующих серии первых трех этапов.

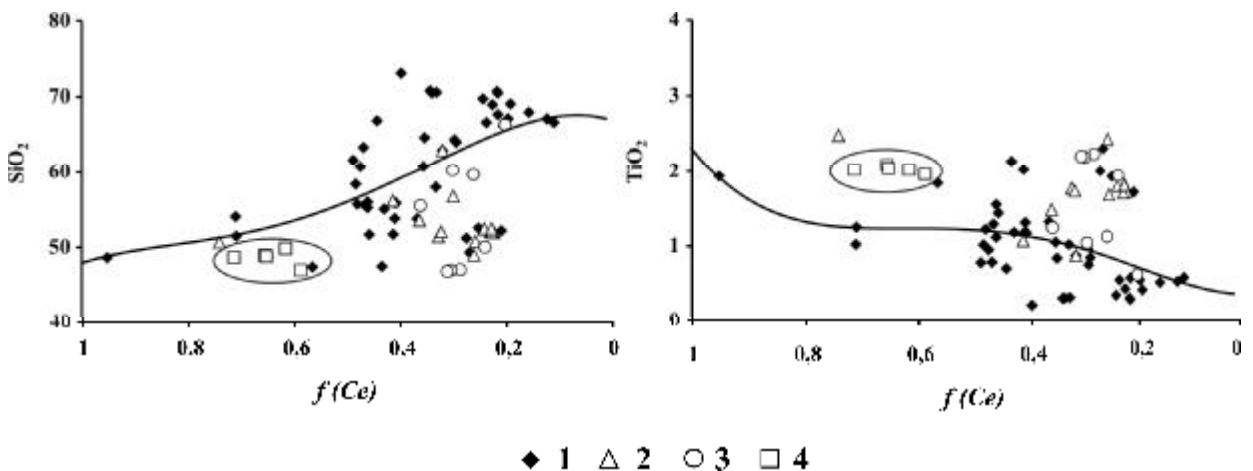


Рис. 4. График зависимостей содержаний SiO_2 и TiO_2 в породах от доли остаточного расплава $f(\text{Ce})$ в дифференцированной серии Хамбинской ВТС. Магматические породы: 1 – Хамбинского лавового поля; 2 – Шалутинского палеовулкана; 3 – Муртойской дайки; 4 – Тамчинского лавового поля.

Породы основного состава всех этапов обогащены редкими литофильными элементами, что сближает их с породными ассоциациями внутриплитных обстановок, например ОИВ (рис. 5). В то же время по сравнению с ОИВ базиты 1-го, 2-го и 3-го этапов обогащены суммой редких земель за счет LREE, Rb, Ba, K, Pb, Sr и P и обеднены Ti, Nb и Ta. С уменьшением возраста магматических ассоциаций породы обогащаются Th, U, Nb, Ta, Ti. Базальты Тамчинского лавового поля (102-100 млн. лет) имеют спектр распределения редких элементов практически точно соответствующий спектру распределения их в ОИВ, отличаясь от него пониженным отношением LREE/HREE.

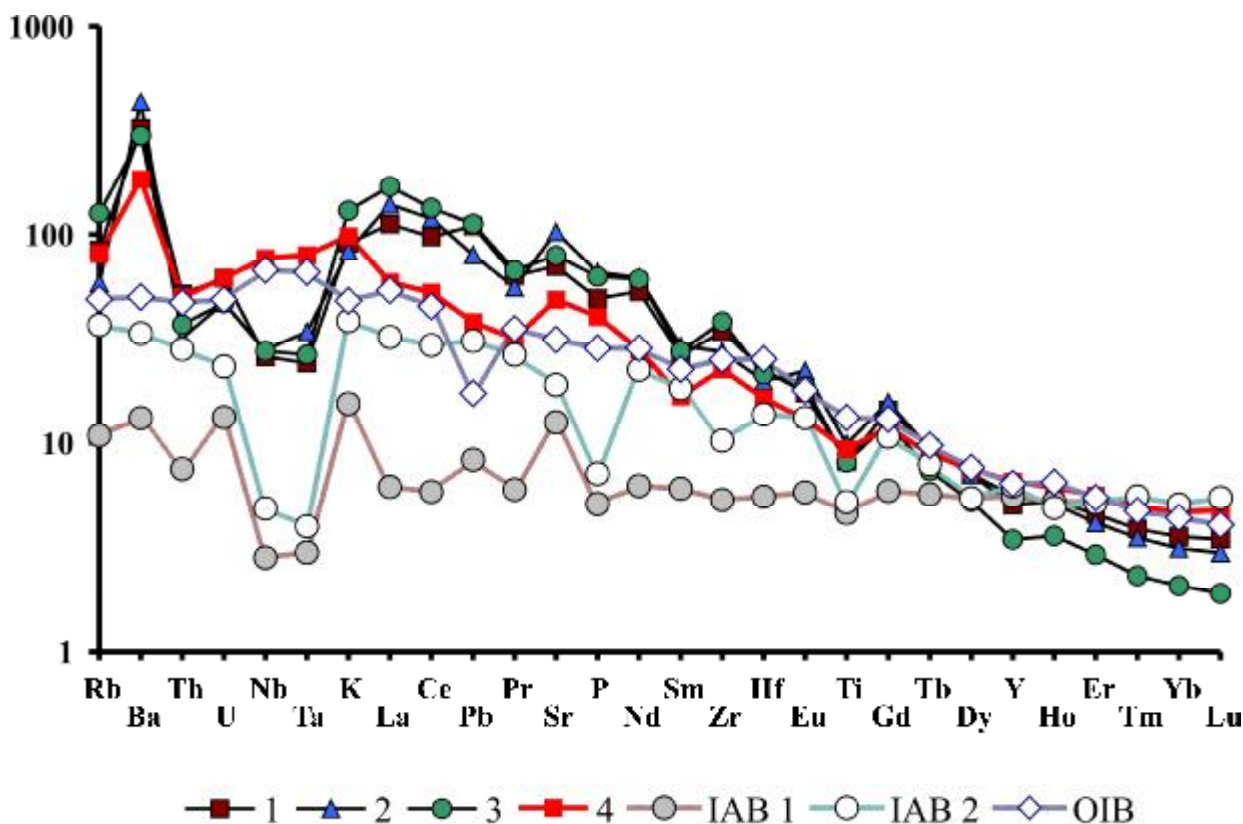


Рис. 5. Распределение нормированных к примитивной мантии [Sun, McDonough, 1989] редких и редкоземельных элементов в магматических породах Хамбинской ВТС с содержанием $\text{SiO}_2 = 47-53$ мас. %. Породы: 1 – Хамбинского лавового поля (среднее по 15 пробам), 2 – Шалутинского палеовулкана (среднее по 6 пробам), 3 – Муртойской дайки (среднее по 7 пробам), 4 – Тамчинского лавового поля (среднее по 5 пробам). OIB – средний состав щелочных базальтов океанических островов по [Sun, McDonough, 1989], IAB 1 – средний состав островодужных базальтов по [Toothill et al., 2007], IAB 2 – средний состав щелочных базальтов островных дуг по [Moore et al., 2007].

Эти важнейшие закономерности эволюции составов всех породных ассоциаций и составов базитов имеют принципиальное значение для понимания условий формирования магматических источников. Они объяснимы уменьшением степени частичного плавления в магматическом источнике в ходе формирования ассоциаций всех этапов и сменой состава магматического источника для базальтов 4-го этапа.

Изменение состава источника на рубеже 102-100 млн. лет подтверждается пониженной кремнекислотностью, узким диапазоном вариаций SiO_2 оливковых базальтов Тамчинского лавового поля при сумме щелочей 6-8 мас. %, определяющую их принадлежность к породам щелочных серий, а также, изолированностью поля их составов в координатах отношений несовместимых литофильных элементов (рис. 6).

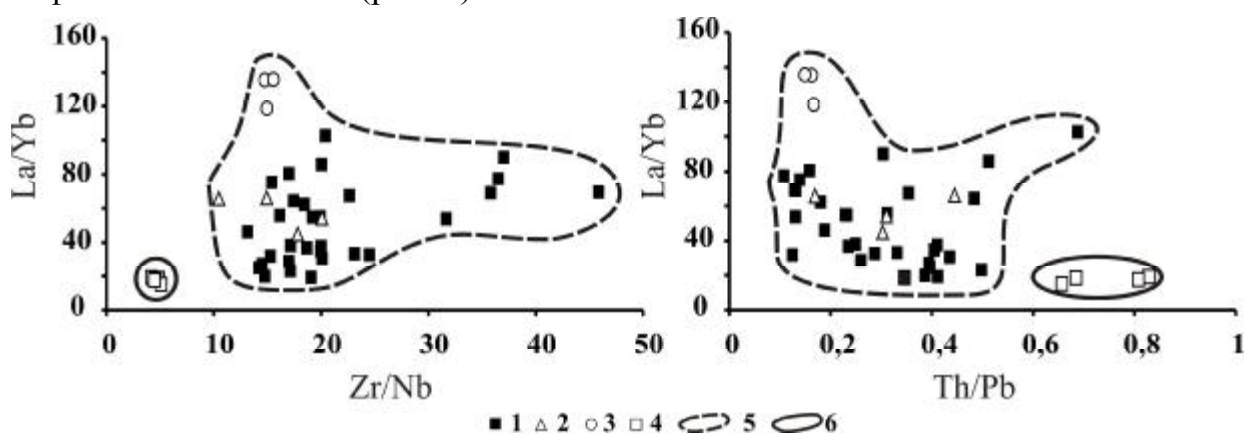


Рис. 6. Диаграммы отношений несовместимых элементов для базальтоидов Хамбинской ВТС. 1-4 – магматические породы: 1 – Хамбинского лавового поля; 2 – Шалутинского вулкана; 3 – Муртойской дайки; 4 – Тамчинского лавового поля; 5-6 – поля составов: 5 – пород 1-го, 2-го и 3-го этапов (159-117 млн. лет); 6 – пород 4-го этапа (102-100 млн. лет).

В кислых вулканитах в спектре распределения несовместимых элементов отражены эволюционные закономерности изменения состава трахибазальтов, базальтовых трахиандезитов и фонотефритов. Так, в трахидацитах и трахириолитах концентрируются Th, U, Rb, Pb, Nb, Ta, Zr и Hf и, в тоже время для комендитов отмечаются аномально низкие содержания Ba, Sr, P и Ti. В спектре распределения редкоземельных элементов в этих породах проявлены Eu минимум и обогащение HREE, что, по-видимому, обусловлено фракционированием плагиоклаза.

Глава 4. Изотопный состав базитов и источники магматизма Хамбинской вулкано-тектонической структуры

Как показали результаты геохимических исследований, в породах основного и средне-основного составов Хамбинской ВТС установлены вещественные различия, что имеет важное значение для определения механизмов их образования и состава магматических источников. В связи с этим был определен изотопный состав Sr и Nd в трахибазальте и базальтовых трахиандезитах вулканического поля, трахибазальте и фонотефрите Шалутинского палеовулкана, эссекситах Муртойской дайки и оливиновом трахибазальте Тамчинского лавового поля. Полученные результаты показывают, что состав базальтоидов различных этапов варьирует по величинам изотопных отношений $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ от 0,704349 до 0,705574 и ϵNd от -2,2 до 1,4. В координатах $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 - \epsilon\text{Nd}$ (рис. 7) расположение фигуративных точек составов вулканитов первых трех этапов не зависит от возраста формирования пород. Эти точки составов приурочены к четвертому квадранту изотопной диаграммы, в котором сосредоточены составы источников с характеристиками умеренно-обогащенной мантии [Zindler, Hurl, 1986] и отвечают комбинации двух типов источников расплавов: обогащенных радиогенным стронцием мантии типа EMII и деплетированной мантии типа DM.

Изотопная метка для заключительного этапа магматизма Хамбинской ВТС на рубеже 100 млн. лет позволяет говорить об изменении изотопного состава источника в сторону PREMA и DM. Геохимические характеристики пород этого этапа также изменялись: спектр редких элементов стал отвечать спектру OIB, но произошло обогащение тяжелыми редкоземельными элементами относительно легких. Положение фигуративных точек для пород позднего мела соответствует второму квадранту изотопной диаграммы, которая характеризует источники, имеющие более высокие отношения Sm/Nd и более низкие отношения Rb/Sr. Источники с такими характеристиками состоят из остаточных твердых фаз, образовавшихся в результате отделения частично выплавленного материала от недифференцированной мантии [Фор, 1989].

Положение фигуративных точек изотопных составов вулканитов Хамбинской ВТС полностью соответствует полям изотопных составов позднечерноземных-раннемеловых базальтоидов соседних Джидинского и Тугнуйско-Хилокского секторов, укладываясь в общую динамику изменения состава продуктов позднемезозойского-раннекайнозойского магматизма Западно-Забайкальской рифтовой области.

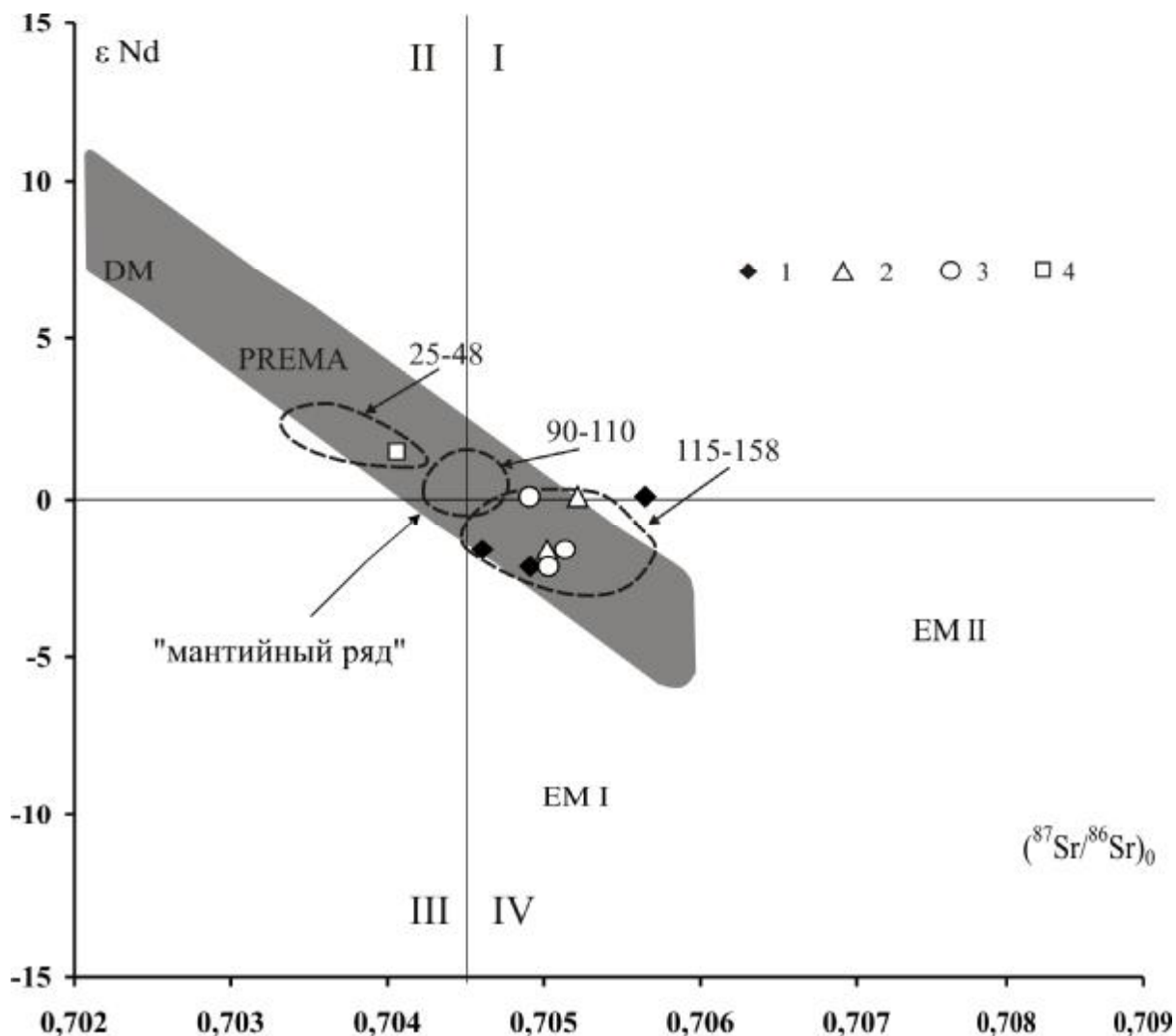
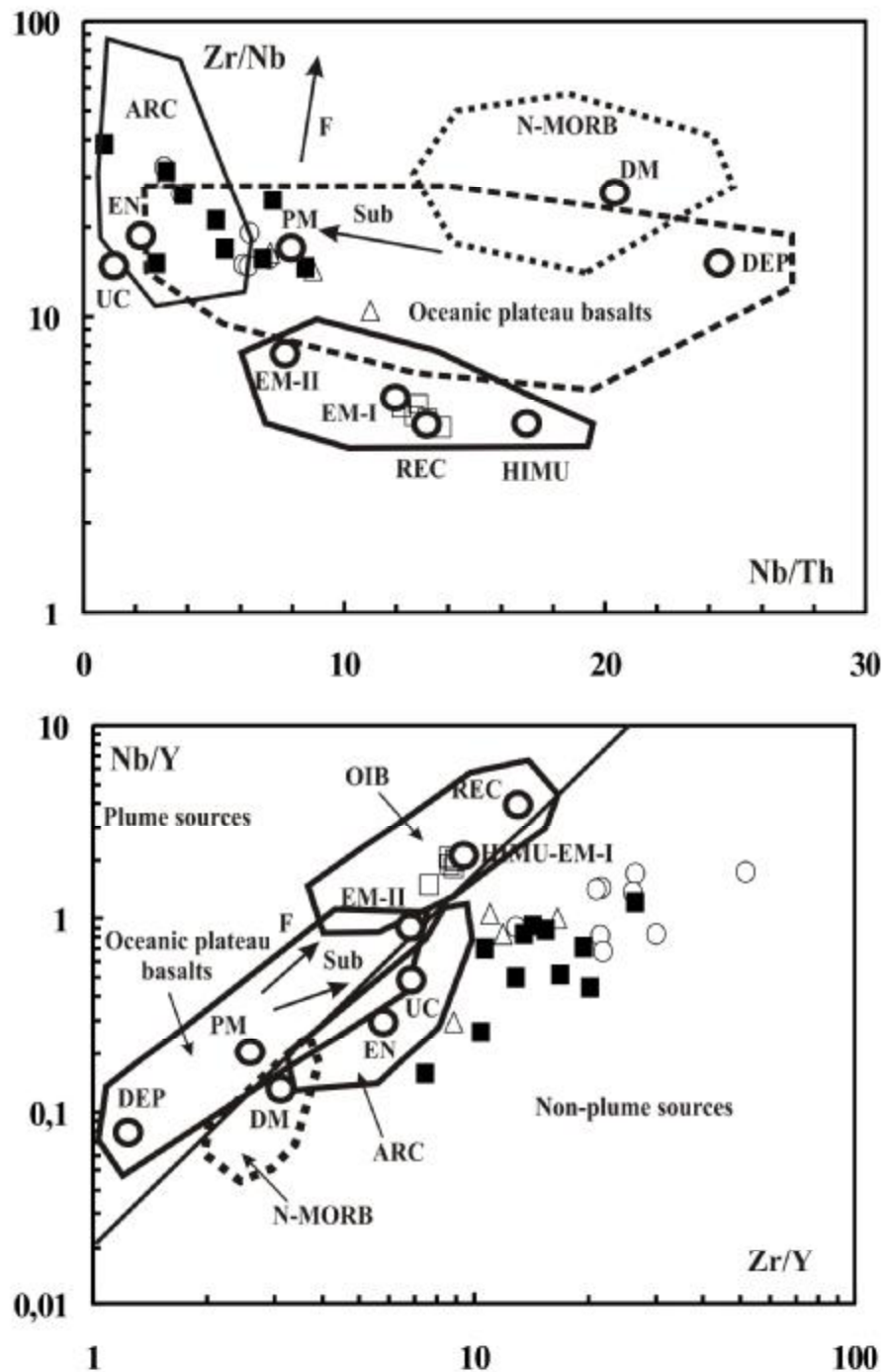


Рис. 7. Положение точек изотопных составов Nd и Sr в базальтоидах Хамбинской ВТС. Базальтоиды: 1 - Хамбинского лавового поля, 2 - Шалутинского палеовулкана, 3- Муртойской дайки, 4 - Тамчинского лавового поля. DM –деплетированный мантийный источник, EM I – мантийный источник, обогащенный неодимом, EM II – мантийный источник обогащенный радиогенным стронцием. Контур ограничивают поля изотопных составов для разновозрастных вулканитов Малохамардабанского и Хилокско-Тугнуйского секторов по [Ярмолук и др., 1998; Воронцов и др., 2002; Воронцов, Ярмолук, 2007]. Цифры у полей – возраст пород в млн. лет. Римские цифры – номера квадрантов изотопной диаграммы по [Фор, 1989].

На диаграммах отношений несовместимых элементов Zr/Nb-Nb/Th, Nb/Y-Zr/Y (рис. 8) точки составов базитов разбиваются на две дискретные группы – в первую входят базиты первых трех этапов становления Хамбинской ВТС в интервале 159-117 млн. лет, а во вторую – точки составов базальтов заключительного этапа. И если точки первой группы располагаются в широком диапазоне значений, отвечая источникам как внутриплитного, так и островодужного магматизма, то точки второй группы локализируются в непосредственной близости к внутриплитовым источникам типа NIMU, EM I и EM II.



■ 159-155 млн. лет △ 127-124 млн. лет ○ 121-117 млн. лет □ 102-100 млн. лет

Рис. 8. Составы базитов Хамбинской ВТС на диаграммах отношений несовместимых элементов. Границы полей приведены по [Condie, 2005].

Поля составов разных типов базальтов: OIB – океанических островов, N-MORB – срединно-океанических хребтов, ARC – островодужных. Типовые магматические источники: PM – примитивная мантия, DEP – глубинная деплетированная мантия, DM – мало-глубинная деплетированная мантия, REC – рециклированный компонент, EN – обогащенный компонент, UC – верхняя кора, EM I и EM II – обогащенные мантийные источники, HIMU – обогащенная мантия с высоким μ (U/Pb). Стрелки отражают эффекты объемного плавления (F) и субдукционного обогащения (SUB).

В соответствии с палеогеодинамическими реконструкциями территория Западно-Забайкальской рифтовой области формировалась в обстановке внутриконтинентального рифтогенеза, поэтому возникает вопрос о причинах появления «островодужных» геохимических меток в базальтах. Совмещение внутриплитных и островодужных геохимических характеристик базальтоидов объясняется сочетанием разных магматических источников в области плавления. Эти источники можно сопоставить, с одной стороны, с обогащенной мантии ОІВ типа и, с другой, с мантией, метасоматизированной в предшествующие этапы геологической истории региона в обстановках субдукционных границ. Появление подобного типа источников под территорией центральной Азии обусловлено геодинамикой формирования литосферы в предшествующие эпохи, существованием многочисленных зон субдукции в среднем и позднем палеозое. Учитывая [Зорин и др., 1997, Иванов, 2004], что часть субдуцированной океанической литосферы может еще долгое время существовать в погребенном состоянии и даже продолжать свое движение вглубь континента под континентальной корой, можно предположить, что фрагменты океанической литосферы сохранялись в верхней мантии и, постепенно переплавляясь, влияли на состав образующихся магматических пород. Только к рубежу 100 млн. лет «островодужные» метки исчезают и с этого рубежа не только базальтоиды Хамбинской вулкано-тектонической структуры, но и базальты на всей территории Западного Забайкалья имеют типичные внутриплитовые характеристики.

Заключение

В эволюции Хамбинской ВТС отражен фрагмент истории позднемезозойских тектонических и магматических событий на территории Западного Забайкалья. Тектоническое развитие этой структуры было обусловлено рифтогенным режимом и этапным характером магматизма высокой щелочности. Она начала формироваться в поздней юре в обстановке внутриконтинентального рифта. Последующее развитие рифта, сопровождавшееся образованием Гусиноозерской впадины, обусловило ее горстовое положение в современном рельефе. Формирование магматических ассоциаций происходило в течение четырех этапов, в ходе которых были образованы разные магматические ассоциации. Базальтоиды Хамбинской ВТС обнаруживают закономерно меняющиеся во времени геохимические параметры, что является следствием уменьшения степени частичного плавления в долгоживущем мантийном источнике, обогащенном редкими литофильными элементами (за исключением Nb и Ta) и близком по составу к источникам типа ОІВ. Во времени его изотопный состав изменя-

ется в последовательности EM II – DM, что согласуется с тенденциями изменения геохимических характеристик базальтоидов.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Андрущенко С.В. Строение и состав позднеюрской магматической ассоциации Хамбинского грабена (Западное Забайкалье) // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXI Всероссийской молодежной конференции. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2005. С. 105-106.
2. Андрущенко С.В., Воронцов А.А. Этапы развития и состав магматических ассоциаций Хамбинского грабена (Западное Забайкалье) // Вестник Иркутского Университета. Материалы научно-теоретической конференции молодых ученых. Иркутск: ИГУ. 2006. С. 33-34.
3. Воронцов А.А., Ярмолук В.В., Андрущенко С.В., Дутов Е.Н., Дриль С.И., Сандмирова Г.П., Кузьмин М.И. Ранние этапы и геодинамика формирования позднемезозойской рифтовой области Западного Забайкалья // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 4. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2006. С. 62-65.
4. Андрущенко С.В. Эволюция магматизма Хамбинского грабена на основании данных геологических и геохронологических Rb-Sr и K-Ar исследований // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых ученых. Иркутск: ИГХ СО РАН. 2006. С. 14-19
5. Воронцов А.А., Ярмолук В.В., Андрущенко С.В., Дриль С.И., Кузьмин М.И. Магматизм Хамбинского грабена и ранняя история формирования позднемезозойской рифтовой системы Западного Забайкалья // Доклады Академии Наук. 2006. Т. 411. № 1. С. 100-106.
6. Воронцов А.А., Дриль С.И., Дутов Е.Н., Андрущенко С.В. Rb-Sr изотопная систематика рифтогенных трахибазальт-трахит-щелочнориолитовых ассоциаций южного обрамления Сибирской платформы: геохронологические данные по Кропоткинскому (Хойто-Окинское междуречье, Восточный Саян) и Хамбинскому (Западное Забайкалье) палеограбенам // Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма. Материалы III Российской конференции по изотопной геохронологии. Москва: ИГЕМ РАН. Т 1. 2006. С. 164-168.
7. Андрущенко С.В., Воронцов А.А. Позднемезозойские этапы формирования и типы магматических ассоциаций Хамбинского грабена Западно-Забайкальской рифтовой области // Тезисы докладов третьей сибирской международной конференции по наукам о Земле. Новосибирск: ОИГГМ. 2006. С. 11-13.
8. Андрущенко С. В. Петрографическая характеристика вулканитов Хамбинского хребта // Современные проблемы геохимии: Материалы конференции молодых ученых. Иркутск: ИГХ СО РАН. 2007. С. 4-6.

9. Андрющенко С.В. Петрографическая характеристика вулканитов Хамбинского хребта // Вестник Иркутского Университета. Материалы научно-теоретической конференции молодых ученых. Иркутск: ИГУ. 2007. С. 58-60.
10. Хубанов В.Б., Татарников С.А., Андрющенко С.В., Дутов Е.Н., Ванчи П.Н., Васильев В.И. Этапы формирования и источники щелочно-бимодального магматизма (D_{1-2} , $C_2 - P_1$, J_3-K_1) полихронной Северо-Монгольской-Забайкальской рифтовой системы // Материалы V конференции молодых ученых СО РАН посвященной М.А. Лаврентьеву. Новосибир. Гос. Ун-т. Новосибирск. 2007. Часть 2. С. 174-177.
11. Алексеева О.В., Андрющенко С.В. Петрографическая характеристика нефелиновых сиенитов в обрамлении Боргойской впадины // Вестник Иркутского Университета Материалы научно-теоретической конференции молодых ученых. Иркутск: ИГУ. 2008. С. 61-62.
12. Андрющенко С.В., Алексеева О.В. Раннемеловые ассоциации фонотэфритов и нефелиновых сиенитов Джидинского сектора Западно-Забайкальской рифтовой области // Труды XII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр». Томск: ТПУ. 2008. С. 86-88.
13. Андрющенко С.В. Корреляция магматизма Хамбинского сектора и Джидинским и Тугнуйско-Хилокским секторами Западно-Забайкальской рифтовой области в позднем мезозое // Тезисы докладов Четвертой Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск: ОИГГМ. 2008. С. 16-17.
14. Андрющенко С.В., Воронцов А.А. Геохимическая эволюция юрско-мелового магматизма Хамбинской вулcano-тектонической структуры (Западное Забайкалье) // Тезисы докладов Четвертой Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск: ОИГГМ. 2008. С. 18-20.
15. Алексеева О.В., Андрющенко С.В. Геологическая и петрохимическая характеристика массивов нефелиновых сиенитов в обрамлении Боргойской впадины (Западное Забайкалье) // Тезисы докладов Четвертой Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск: ОИГГМ. 2008. С. 7-8.
16. Воронцов А.А., Андрющенко С.В. Источники раннедевонского и юрско-мелового внутриплитового магматизма в юго-западном обрамлении Сибирской платформы (на примере вулканических ареалов Хамбинского и Кропоткина) // Материалы совещания по Программе фундаментальных исследований ОНЗ СО РАН "Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)". Иркутск: Институт земной коры СО РАН. Выпуск 7. Т. 1. С. 68-70.
17. Андрющенко С.В., Воронцов А.А., Ярмолюк В.В., Сандимиров И.В. Эволюция юрско-мелового магматизма Хамбинской вулcano-тектонической структуры (Западное Забайкалье) // Геология и Геофизика. 2010. № 7 (в печати).