

III. ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

Ф. Р. Ардисламов

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВУЛКАНИТОВ МАШАКСКОЙ И БИЧУРСКОЙ СВИТ (Ю. УРАЛ)

На протяжении последних 25 лет в ходе изучения разновозрастных эпиконтинентальных рифтогенных комплексов Урала установлено, что наиболее полно они представлены на западном склоне Южного Урала [Иванов и др., 1989; Пучков, 2000; Ковалев, 2008а, б], где широким распространением грубообломочных терригенных пород, прорванных интрузиями основного состава и переслаивающихся с вулканитами контрастной базальт-риолитовой формации. В этот же этап сформированы Бердяшский массив (граниты рапакиви), кусинско-копанский интрузивный габбро-гранитный комплекс (кувашский грабен), лапыштинский комплекс дифференцированных интрузий диабаз-пикритового состава [Холоднов и др., 2006, 2008; Ковалев, 2008а, б].

Машакская свита прослеживается только на восточном крыле Башкирского мегантиклинория полосой 2–10 км от г. Златоуст на севере до пос. Верхний Авзян на юге (протяженностью около 270 км) и приурочена к крыльям Ямантауского, Иремельского и Маярдакского антиклинориев. Образования свиты представлены вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными породами, среди которых наибольшим развитием пользуются metabазальты, риолиты, их туфы и туфобрекчии, полимиктовые песчаники, алевролиты, конгломераты, глинистые и углеродисто-глинистые сланцы. Мощность свиты порядка 2000 м.

На восточном склоне Южного Урала наибольший интерес представляет эпиконтинентальный рифтогенный комплекс туринской серии (бичурская свита). Отложения бичурской свиты представлены преимущественно базальтами. В подчиненном количестве (< 5%) отмечены туфы основного состава, пестроцветные терригенные породы, туфопесчаники. В основании разреза отмечены красноцветные конгломераты, образующие базальный горизонт, который, в свою очередь, несогласно залегает на более древних отложениях. В его верхах развиты

преимущественно аргиллиты, алевролиты, песчаники. Мощность вулканогенных отложений свиты составляет порядка 1000–1200 м. Считается, что вулканогенные породы данного комплекса относятся к трапповой формации и по своим петрогеохимическим характеристикам сопоставимы с Сибирскими траппами [Иванов, 1974; Пучков, 2000; Тевелев, Кошелева, 2002; Ардисламов, Савельев, 2008; Кузнецов и др., 1998ф]. Примечательно, что базальты и риолиты бичурской свиты на поверхности не обнажаются и вскрыты только немногочисленными скважинами. По петрогеохимическим характеристикам базальты бичурской и машакской свит представлены в основном нормально-щелочными, реже субщелочными разновидностями. Подавляющая часть рассматриваемых базальтов нормальной щелочности обеих свит относится к толеитам, реже — к известково-щелочной серии.

Наш интерес к триасовым вулканогенным образованиям вполне закономерен. Во-первых, для триасового вулканизма характерен трещинный тип излияния, приуроченность к зонам глубинных разломов, в пределах которых их распространение ограничено тектоническими депрессиями (грабенами). Эффузивные образования машакской свиты также относятся к трещинным излияниям. Во-вторых, схожие проявления вулканизма известны и в других эпигерцинских структурах (Аппалачи и др.). В-третьих — это большая площадь распространения триасовых вулканитов на Урале (от Пайхоя до Мугоджар) [Иванов, 1974], по всей видимости, принадлежащих к Урало-Сибирской Крупной магматической провинции (LIP). Машакские вулканиты имеют локальное распространение, они также ограничены грабенами, в пределах которых они развиты (Шатакский, Ямантауский, Узьянский, Кухтурский, Ишлинский). Характерной особенностью Машакской рифтовой зоны, вытянутой в субмеридиональном направлении, является сегментирование грабенов

субширотными разломами. Расстояние между сегментами грабена может достигать до 3–5 км. Наиболее полно развиты Шатакский и Ямантауский грабены. Мощность отложений в них достигает 3500 м.

Челябинский грабен расположен между Восточно-Уральской и Зауральской мегазонами, непосредственно восточнее и юго-восточнее г. Челябинск (рис. 1). Он представляет собой вытянутую

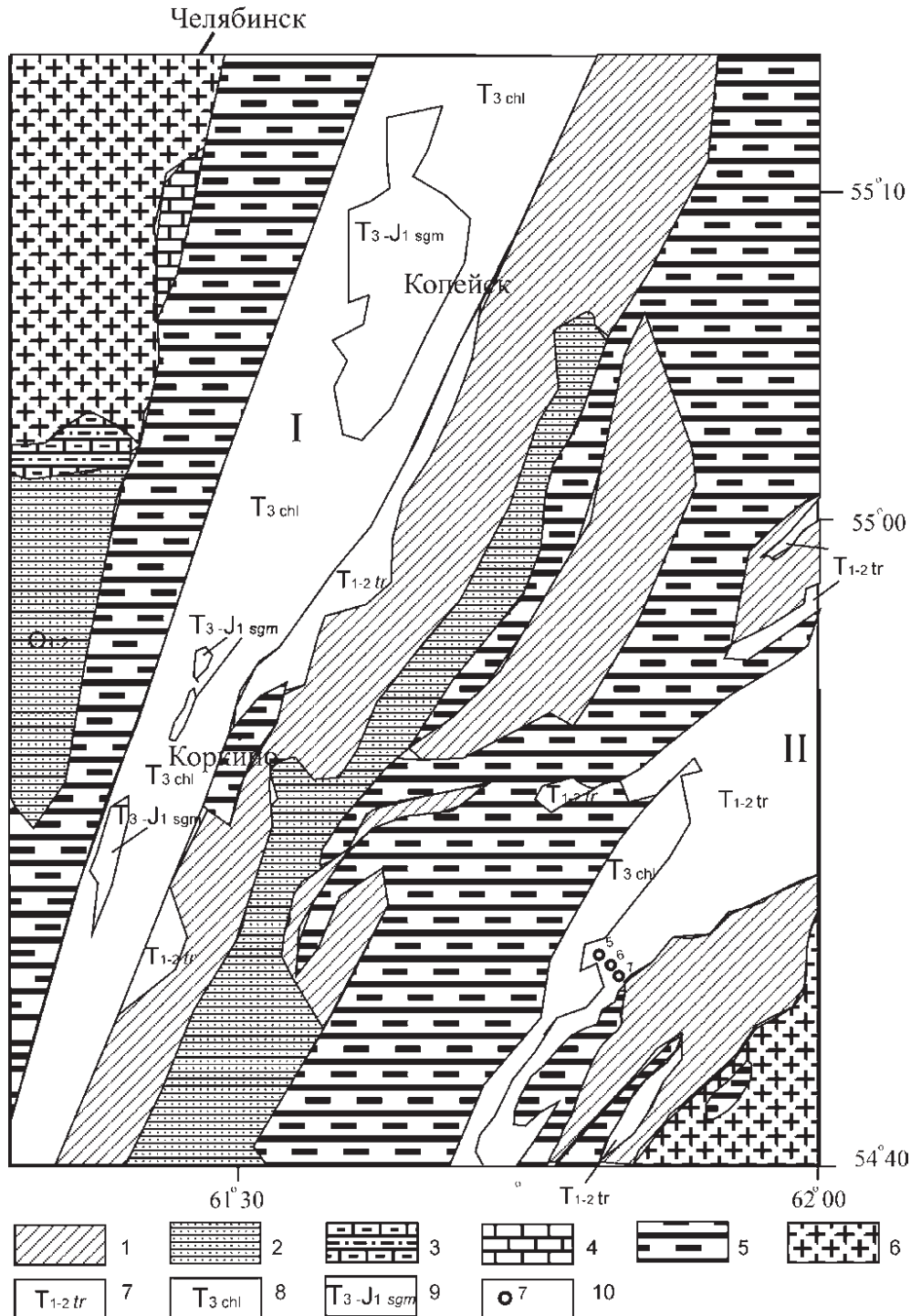


Рис. 1. Геологическая карта юго-восточной части Челябинской области (составлена и упрощена В.Н. Пучковым по геологической карте Н.С. Кузнецова и др. [1998])

Условные обозначения: 1 — докембрий; 2 — ордовик; 3 — силур; 4 — девон; 5 — ранний–средний карбон; 6 — гранитоиды Челябинского и Санарского массивов; 7 — ранний–средний триас (туринская серия); 8 — поздний триас (челябинская серия); 9 — поздний триас – ранняя юра (сугоякская свита); 10 — скважины; I — Челябинский грабен; II — Назарово-Карасевская группа грабенов.

в меридиональном направлении структуру, образование которой связано с этапом мезозойской активизации Урала. В тектоническом отношении грабен является, вероятно, составной частью осевой зоны Челябинской континентальной рифтовой системы [Сначев и др., 1990; Кузнецов, 1994]. В разрезе Челябинского грабена развиты преимущественно осадочные породы и лишь в его основании представлены вулканогенные образования, входящие в состав бичурской свиты [Кузнецов и др., 1998ф]. Возраст последней на основе находок в песчаниках филопод надежно датирован ранним – средним триасом.

Триасовая магматическая формация Челябинского грабена, как и среднерифейские вулканы Ямантауского антиклинория, характеризуется контрастностью (базальт-риолитовая серия) и резким преобладанием под род основного состава над кислыми.

Базальты бичурской свиты имеют кайнотипный облик, их структуры — порфировые, субофитовые и витрофировые; текстуры — миндалекаменные, флюидальные. Миндалины выполнены цеолитами, карбонатом, халцедоном. Среди порфировых выделений наибольшим развитием пользуется плагиоклаз, реже пироксен, в основной массе присутствуют эпидот, карбонат, биотит. Рудные минералы представлены магнетитом и гематитом, что обусловило сильную магнитность пород. Степень их измененности довольно слабая — от эпигенетических преобразований до цеолитовой фации регионального метаморфизма.

Петрогеохимические данные, использованные при отрисовке полей базальтов различных геодинамических обстановок (ГДО), заимствованы из работ [Альмухамедов и др., 1984; Вертикальная аккреция..., 2002; Петрохимия магматических..., 1991; Петрология..., 1987; Геология..., 1988; Происхождение..., 1985; Строение..., 1989; Магматические..., 1985; Фролова, Бурикова, 1997; Кузьмин, 1985 и др.]. Всего обработано более 1000 анализов.

На классификационной диаграмме $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (рис. 2), используемой для разделения базальтов на породы нормальной, субщелочной и щелочной серий, базальты бичурской и машакской свит представлены нормальными и субщелочными разновидностями, средние их значения ложатся почти на границу раздела указанных полей. По критерию Мияширо (рис. 3) базальты нормальной щелочности, в свою очередь, делятся

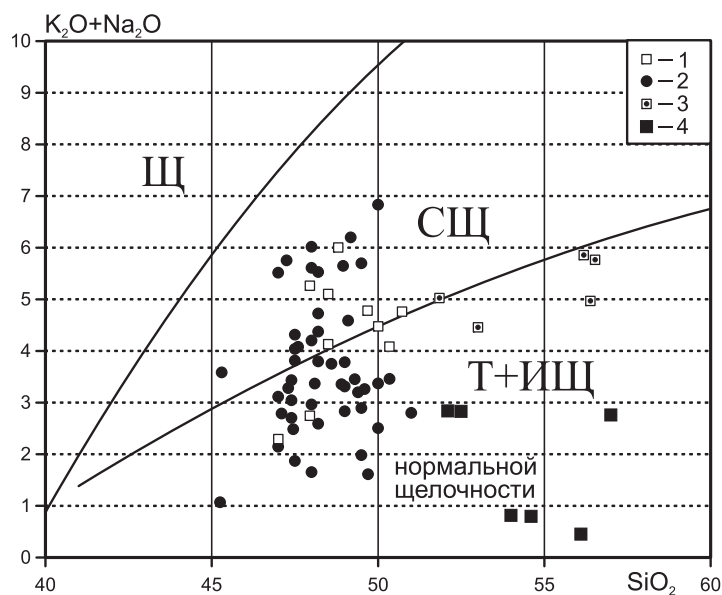


Рис. 2. Диаграмма $\text{SiO}_2 - (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ для базальтов машакской и бичурской свит

Условные обозначения: 1 — базальты бичурской свиты; 2 — базальты машакской свиты; 3 — окварцованные базальты бичурской свиты; 4 — окварцованные базальты машакской свиты.

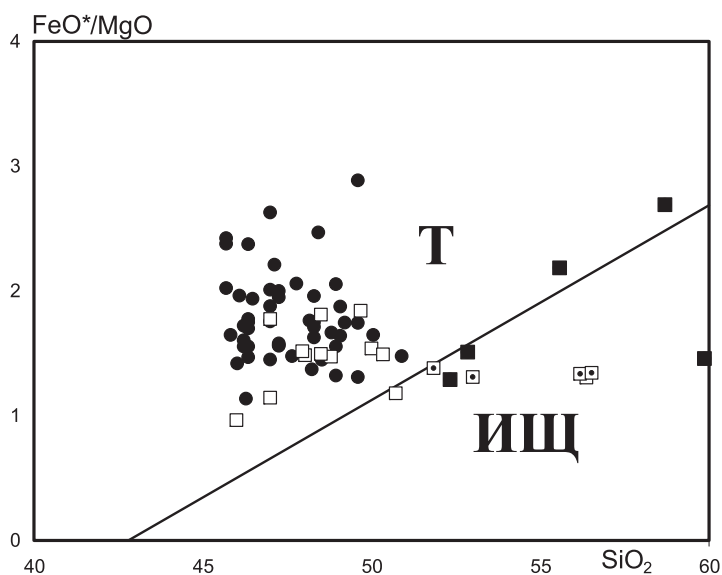


Рис. 3. Диаграмма $\text{SiO}_2 - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{MgO}$ для базальтов машакской и бичурской свит

Условные обозначения: см. рис. 2. Линией обозначен тренд Мияширо

на толеитовые и известково-щелочные. Подавляющая часть рассматриваемых базальтов обеих свит укладывается в поле толеитов, остальные — в поле известково-щелочных.

Составы базальтов бичурской и машакской свит на диаграммах $\text{TiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$, $\text{TiO}_2 - (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ и $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ (рис. 4,

5, 6) образуют довольно компактную область. При нанесении на них полей базальтов стандартных («эталонных») ГДО, контуры которых отрисовывались на основе большого банка (порядка 1000) опубликованных химических анализов, а также точек средних их составов [Кузьмин, 1985; Петрология..., 1987; Фролова, Бурикова, 1997], хорошо вид-

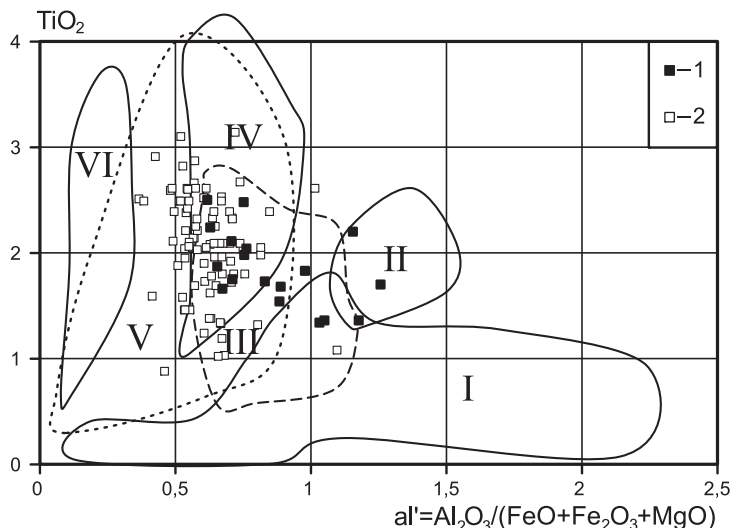


Рис. 4. Диаграмма $Al_2O_3 / (MgO + FeO + Fe_2O_3) - TiO_2$ для базальтов бичурской и машакской свит

Условные обозначения. Составы базальтов различных геодинамических обстановок: 1 — бичурской свиты; 2 — машакской свиты. Римскими цифрами обозначены поля различных геодинамических обстановок (ГДО) [Кузьмин, 1985; Петрология..., 1987; Фролова, Бурикова, 1997]: I — ГЖ (глубоководные желоба) и ОД (островные дуги), II — эпирогенных КР (континентальные рифты), III — СОХ (средино-океанические хребты), IV — КР (континентальные рифты), V — ОО (океанические острова), ОП (океанических плит), траппы, VI — пикробазальты КР (континентальные рифты), траппов.

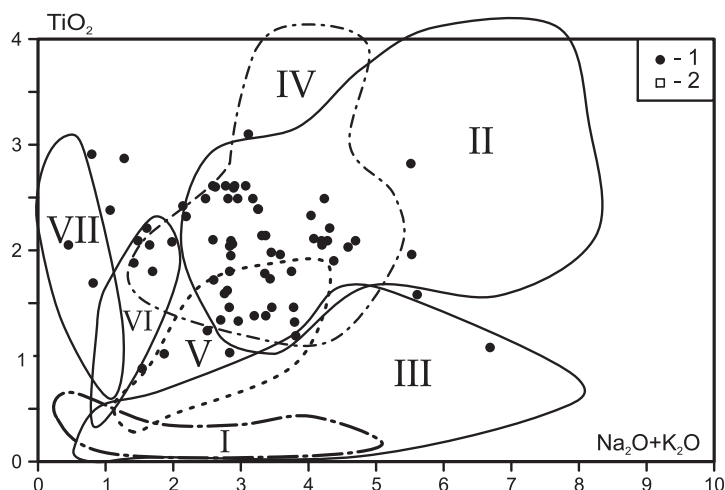


Рис. 5. Диаграмма $(K_2O + Na_2O) - TiO_2$ для вулканогенных пород машакской и бичурской свит

Условные обозначения. Составы базальтов: 1 — машакской свиты; 2 — бичурской свиты. Поля ГДО: I — ГЖ, II — КР, III — ОД, IV — ОО, ОП, V — СОХ, VI—VII — пикробазальты траппов (VI) и КР (VII).

но, что вулканы бичурской и машакской свит попадают в область траппов древних платформ, либо континентальных рифтов. Преобладающая часть анализов базальтов бичурской свиты расположена вокруг средних составов траппов.

Для кремнекислых пород машакской и бичурской свит характерно преобладание K_2O над Na_2O при умеренной сумме данных окислов (5–8%). Более того, на диаграмме $(K_2O + Na_2O) - K_2O/Na_2O$ фигуративные точки риолитов и риодацитов образуют тренд, свидетельствующий об отрицательной зависимости между рассматриваемыми показателями (рис. 7). По мнению Л.А. Карстен с соавторами [1997], данные соотношения имеют первичную природу и не являются следствием наложенных процессов.

Интересен еще тот факт, что поле кремнекислых эффузивных пород машакской свиты изолировано от поля таковых орогенных и островодужных формаций, тренды их имеют различную направленность. Риолиты и риодациты машакской свиты обнаруживают сходство с аналогичными породами внутриплитных и рифтогенных ГДО. Общим для них является некоторое увеличение отношения K_2O/Na_2O при уменьшении суммы щелочей.

Сходство риолитов машакской свиты Ямантауского антиклинория и бичурской Челябинского грабена обнаруживается также в наличии в обеих ассоциациях двух типов пород — нормальных и с повышенным содержанием тугоплавких сидерофильных элементов (Cr, Ni). Как в машакской, так и в бичурской свите присутствуют риолиты, обогащенные данными элементами (до 200–300 г/т).

Обратимся к рассмотрению редкоземельных элементов. Анализ величин содержаний элементов, а также диаграммы нормализации их к хондриту демонстрируют следующие особенности состава РЗЭ в вулканитах бичурской свиты. Во-первых, высокий уровень концентрации РЗЭ, в среднем в десятки раз превышающий уровень хондрита. Во-вторых, для всех базальтов характерна высокая степень дифференциации концентраций легких и тяжелых РЗЭ. Для всей выборки характерны довольно выдержанные содержания тяжелых РЗЭ (рис. 8).

Базальты машакской и бичурской свит имеют как общие, так и различные черты. Последние по типу распределения РЗЭ сходны с базальтами казавдинской подсвиты ма-

шакской свиты (рис. 8-1, 8-3), в том числе по содержанию РЗЭ, спектру распределения на диаграмме, отношению содержаний легких и тяжелых РЗЭ ($La_N - Sm_N - Lu_N$).

Хондрит-нормированные значения базальтов машакской свиты варьируют для Yb и Lu в пределах 5–20 ед. В 70% проб базальтов зафиксировано преобладание легких РЗЭ над тяжелыми ($La_N = 10 - 100$; $Sm_N = 10 - 60$; $Lu_N = 3 - 20$), что является характерным для внутриплитных и континентально-рифтогенных базальтов. Суммарное содержание РЗЭ в рассматриваемых базальтах варьирует от 185 до 250 г/т и составляет в среднем 225 г/т. Это значение в два раза превышает соответствующие значения для триасовых базальтов Сибирской платформы, где оно составляет не более 100 г/т [Балашов, 1976]. В 30% проб отмечаются различные типы распределения: 1) N-MORB (6%); 2) W-образный при $La_N = 2 - 40$; $Sm_N = 0,1 - 10$; $Eu_N = 5 - 50$; $Lu_N = 5 - 10$ (12%); 3) $La_N \sim Sm_N \sim Lu_N = 10$ (12%).

Базальты машакской свиты также характеризуются значительным преобладанием (более 65%) вулканических пород, обогащенных легкими РЗЭ по отношению к тяжелым, и высокими содержанием в них лантаноидов ($La_N = 5 - 120$ ед.). Концентрация РЗЭ варьирует в диапазоне значений: $TR = 5,5 - 168,9$ г/т, $PZЭ_N = 1 - 100$ ед. Скорее всего, это связано как с различием во флюидном режиме различных частей потоков, так и с процессами кристаллизационной дифференциации.

В риолитах бичурской свиты около 60% проб также показали преобладание легких РЗЭ над тяжелыми, при этом в 45% образцов зафиксированы высокие содержания лантаноидов ($La_N = 200 - 900$; $Sm_N = 60 - 90$; $Lu_N = 10 - 70$), а в 15% — низкие ($La_N = 10 - 80$; $Sm_N = 10 - 50$; $Lu_N = 2 - 20$). В небольшом количестве встречены породы с равномерным распределением всех РЗЭ ($La_N \sim Sm_N \sim Lu_N$) и W-образной формой его кривой ($La_N = 5 - 10$; $Sm_N = 0,5 - 1$; $Eu_N = 0,2 - 50$; $Lu_N = 52 - 9$).

Риолиты машакской свиты также характеризуются преобладанием легких РЗЭ над тяжелыми ($La_N = 100 - 650$; $Sm_N = 30 - 100$; $Lu_N = 10 - 50$). Хорошо видно, что графики, представленные на рис. 8-2 и 8-4, очень близки друг другу.

На диаграмме $La^*(Ce)/Lu^*(Yb) - La^*(Ce)$ (рис. 9) базальты бичурской свиты образуют довольно компактное поле, близкое к континентальным рифтам. В тоже время отличительной особенностью рассматриваемых вулканитов, по сравнению с базальтами

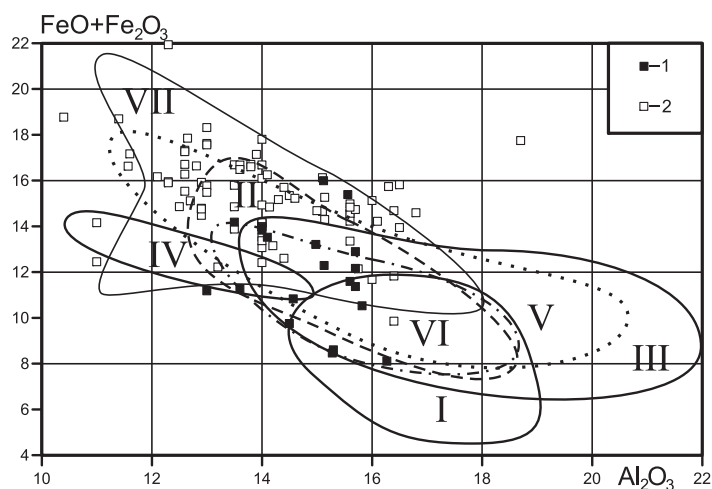


Рис. 6. Диаграмма $Al_2O_3 - (FeO + Fe_2O_3)$ для вулканических пород машакской и бичурской свит

Условные обозначения. Составы базальтов: 1 — машакской свиты; 2 — бичурской свиты. Поля ГДО: I — ГЖ, II — КР, III — ОД, IV — ОО, V — ОП, VI — СОХ, VII — траппы.

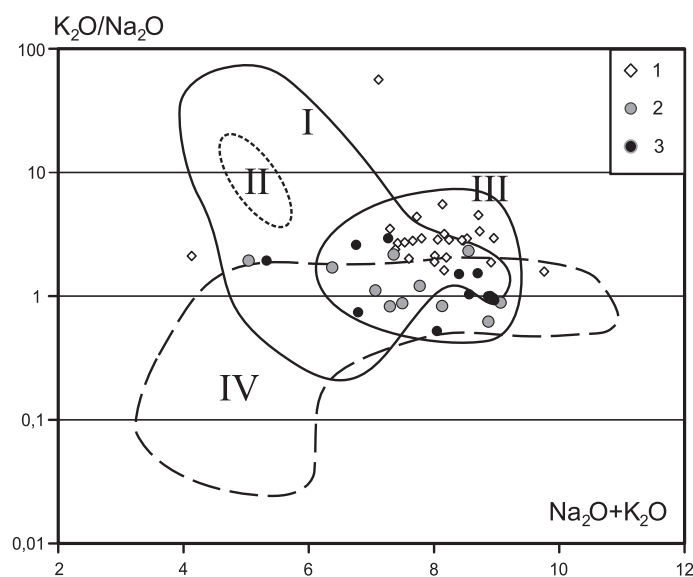


Рис. 7. Диаграмма $(Na_2O + K_2O) - K_2O/Na_2O$ для кремнекислых пород бичурской свиты

Условные обозначения: 1–3 — риолиты бичурской свиты (1 — наши данные, 2 — по М. Reichow et al. [2005], 3 — по К.П. Иванову [1974]). Поля: I — машакская свита по Ф.Р. Ардисламову, Д.Е. Савельеву [2008], Д.Е. Савельеву и др. [2008, 2009], В.П. Парначеву и др. [1986], II — гранитоиды массива Крака [Сначев и др., 2001], III — риолиты трапповой формации Челябинского грабена, IV — кремнекислые породы различных формационных типов складчатых областей [Петрохимия..., 1991 и др].

КР, является повышенное содержание кремнезема. Базальты машакской свиты ложатся между полями континентальных рифтов и эффузивными траппами.

По петрогеохимическим параметрам вулканиты Челябинского грабена наиболее близки к колум-

бийским платобазальтам Американской платформы [Лутц, 1980]. Для них характерны: насыщенность кремнеземом, преобладание железа над магнием, натрия над калием. Однако по сравнению с траппа-

ми древних платформ базальты бичурской свиты имеют свои особенности химизма. Так, например, от траппов тунгусской и путоранской провинций Сибирской платформы их отличает повышенное

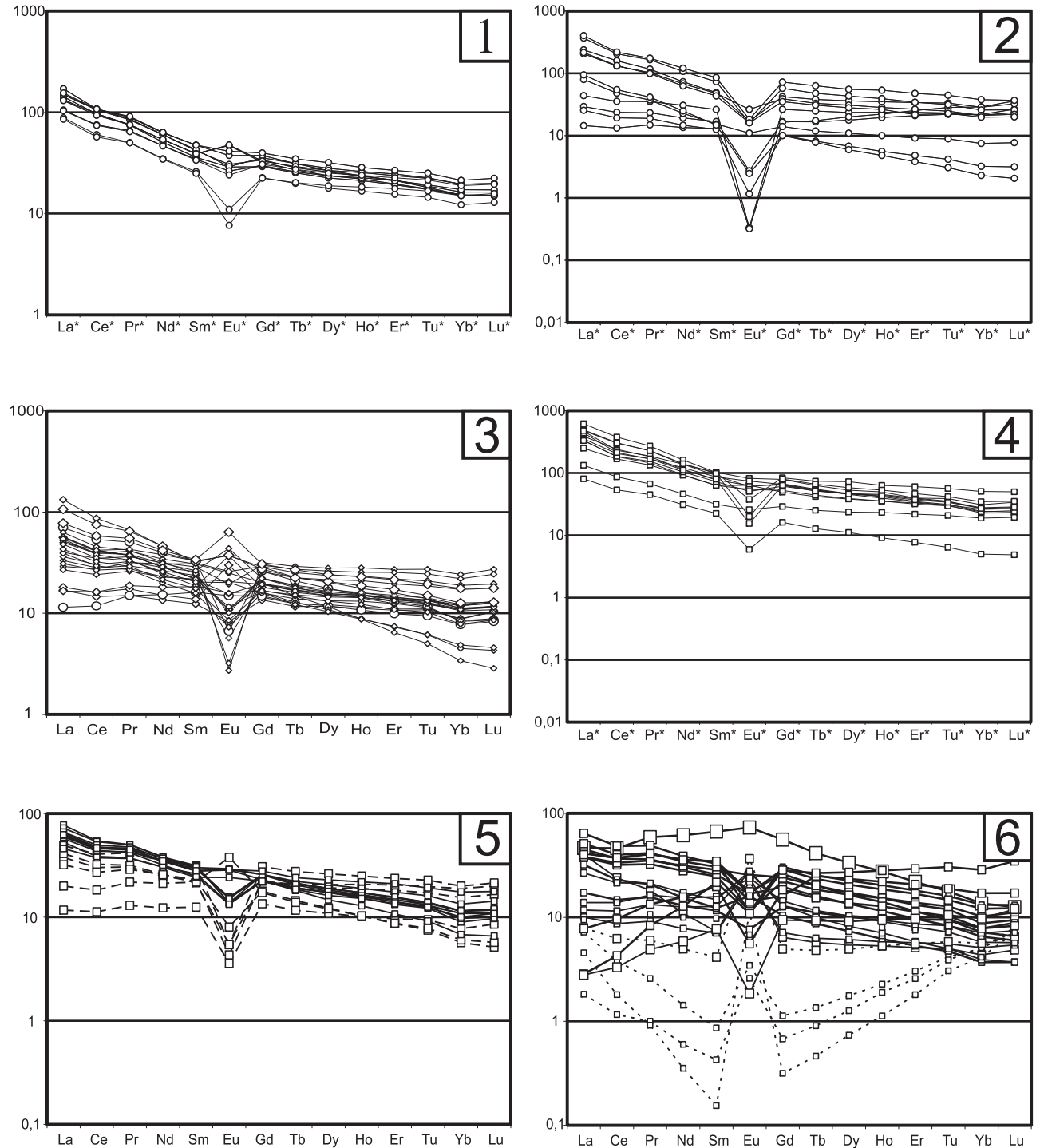


Рис. 8. Распределение редкоземельных элементов в вулканитах бичурской и машакской свит Южного Урала, нормированных по хондриту

Условные обозначения: 1–2 — вулканиты бичурской свиты (1 — базальты, 2 — риолиты); 3–6 — вулканиты машакской свиты (3, 5, 6 — базальты; 4 — риолиты). Подсвиты: 3 — казавдинская, 4 — кузельгинская, 5 — калпакская, 6 — объединенная калпакская и каранская.

содержание TiO_2 (1,7–1,9% против 1,1–1,5%) и K_2O (1,0–1,7% против 0,6–0,7%), что говорит о более глубоких условиях их выплавления, но меньшее — MgO (4,6–4,7% против 6,5–7,5%), CaO (6,7–7,5% против 10–11%). Но в тоже время они схожи с оливиновыми толеитами Байкальского рифта, которые, по Б.Г. Лутц [1980], являются переходными к известково-щелочным базальтам и характеризуются повышенными содержаниями K_2O (1–1,5%).

При сопоставлении базальтов бичурской свиты с типичными океаническими толеитами [Лутц, 1980] отчетливо просматривается иной тренд по целому ряду пар элементов: $K-Ti$, $Ti-Zr$, $P-K$, $Ti-V$, $Co-Ni$ и т.д., что указывает на индивидуальность режима развития континентальной коры в платформенную стадию. От океанических толеитов траппы отличаются повышенными содержаниями K , P , элементов группы железа; вместе с тем, по ряду элементов (Ti , V , Co , Ni , Cr) они сопоставимы с океаническими базальтами, но резко отличаются от последних по РЗЭ, особенно легкой их группе (в 10–50 раз больше), а также Rb , Sr (в 3–8 раз больше).

Рассмотренные в данной статье геологические, петрогеохимические особенности машакской и бичурской свит позволили сделать ряд следующих выводов:

1. Бросается в глаза сходство данных свит — основная масса вулканических пород представлена базальтами, меньшим распространением пользуются риолиты, переходных разностей между этими породами практически нет. Петрохимическое изучение показало, что большинство вулканогенных пород основного состава относится к толеитовой серии, менее развиты субщелочные разновидности (трахибазальты). Кислые эффузивы постоянно фиксируются высоким содержанием K_2O (до 1,8–5,3%) при низких концентрациях Na_2O (0,1–1,8%). Большая часть образцов базальтов характеризуется высокими содержаниями редкоземельных элементов при ведущей роли легких лантаноидов ($La_N > Sm_N > Lu_N$). Риолиты заметно обогащены легкими лантаноидами по отношению к тяжелым. Есть и различия. Самое главное различие — это их разница в возрасте (средний рифей машакской свиты и ранний — средний триас бичурской). Различна степень метаморфизма — палеотипные породы машакской свиты и кайнотипные бичурской.

2. Характер и последовательность залегания вулканогенно-осадочных пород рассматриваемых

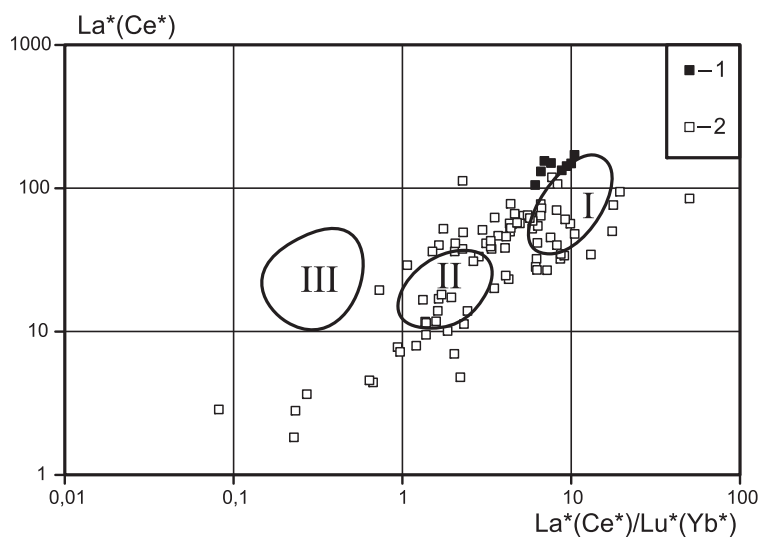


Рис. 9. Диаграмма $La^*(Ce)/Lu^*(Yb) - La^*(Ce)$ для базальтов бичурской и машакской свит

Условные обозначения. Составы базальтов: 1 — базальты бичурской свиты; континентальных рифтов; 2 — базальты машакской свиты. Полями обозначены составы базальтов: I — континентальных рифтов; II — траппов эффузивных; III — траппов интрузивных.

комплексов и петрогеохимические особенности вулканитов, приведенные выше, позволяют сделать вывод, что данные свиты образовались в обстановке континентального рифтогенеза.

3. Базальты бичурской свиты по типу распределения РЗЭ, их содержанию, отношению содержания легких и тяжелых РЗЭ ($La_N - Sm_N - Lu_N$) сходны с базальтами казавдинской подсвиты машакской свиты.

4. Обе свиты по минералого-петрографическим особенностям и химическому составу характеризуются как контрастные базальт-риолитовые серии с резким преобладанием пород основного (базальтового) состава над кислыми.

Литература:

Альмухамедов А.И., Жюто Т., Матвеев В.В. и др. Толеитовые базальты Красного моря // Геохимия магматических пород океана и зон сочленения океан-континент. — Новосибирск: Наука, 1984. — С. 41–59.

Ардисламов Ф.Р., Савельев Д.Е. Петрогеохимические и геодинамические особенности формирования базальтов машакской свиты (Ю. Урал) // Матер. IV Сибирской междунаро. конф. молодых ученых по наукам о Земле. — Новосибирск: ИГМ и ИНГГ СО РАН, 2008. — С. 23–24.

Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. — М.: Наука, 1976. — 266 с.

Вертикальная аккреция земной коры: факторы и механизмы // Отв. ред. М.Г. Леонов. — М.: Наука, 2002. — 461 с. — (Тр. ГИН РАН; Вып. 542).

- Геология и перспективы** нефтегазоносности Урала / М.А. Камалетдинов, Ю.В. Казанцев, Т.Т. Казанцева, В.И. Козлов, Д.В. Постников. — М.: Наука, 1988. — 240 с.
- Иванов К.П.** Триасовая трапповая формация Урала. — М.: Наука, 1974. — 154 с.
- Иванов С.Н., Коротеев В.А., Пучков В.Н., Иванов К.С.** Эволюция рифтовых систем Урала // Тектонические процессы: Докл. сов. геол. / XXVIII сес. междунар. конгр. (Вашингтон, июль 1989 г.). — М.: Наука, 1989. — С. 154–163.
- Карстен Л.А., Иванов К.С., Банквич П., Дульски П.** Природа машакской вулканогенно-осадочной ассоциации Башкирского мегантиклинория: новые геохимические данные // Рифей Северной Евразии. Геология. Общие проблемы стратиграфии. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. — С. 155–156.
- Ковалев С.Г.** Позднедокембрийский рифтогенез в истории развития западного склона Южного Урала // Геотектоника. — 2008а. — № 2. — С. 68–79.
- Ковалев С.Г.** Рифтогенез и металлогения (на примере западного склона Южного Урала). // Геологический сборник № 7 / ИГ УНЦ РАН. — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008б. — С. 68–87.
- Кузнецов Н.С.** Прогнозирование рудных полей месторождений на основе тектонического анализа гравитационного поля: Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. — Екатеринбург, 1994. — 23 с.
- Кузнецов Н.С.** Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации. Сер. Южно-Уральская лист N-41-VIII. — 1:200000. — Челябинск: ФГУГП «ЧелТФГИ», 1998. — 207 с.
- Кузьмин М.И.** Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов. — Новосибирск, 1985. — 198 с.
- Луцк Б.Г.** Геохимия океанического и континентального магматизма. — М.: Недра, 1980. — 247 с.
- Магматические** горные породы: В 6 т. / Под ред. О.А. Богатикова. Т. 3: Основные породы — М.: Наука, 1985. — 488 с.
- Парначев В.П., Ротарь А.Ф., Ротарь З.М.** Среднерифейская вулканогенно-осадочная ассоциация Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. — 105 с.
- Петрология и геохимия** островных дуг и окраинных морей / Отв. ред. О.А. Богатиков. — М.: Наука, 1987. — 336 с.
- Петрохимия** магматических формаций: Справочное пособие / Д.М. Орлов, Г.Н. Липнер, М.П. Орлова, Л.В. Смелова. — Л.: Недра, 1991. — 299 с.
- Происхождение** вулканических серий островных дуг / Т.И. Фролова, И.А. Бурикова, А.В. Гуцин и др. — М.: Недра, 1985. — 275 с.
- Пучков В.Н.** Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. — Уфа: Даурия, 2000. — 146 с.
- Савельев Д.Е., Пучков В.Н., Ардисламов Ф.Р., Сначев В.И.** Вулканогенные породы машакской свиты среднего рифея: геология и петрогеохимия // Литосфера. — 2009. — № 4. — С. 3–26.
- Савельев Д.Е., Сначев В.И., Мосейчук В.М. и др.** Геологическое строение и петрогеохимические особенности вулканогенных пород хребтов Машак и Юша // Тр. Южно-Уральского Государственного природного заповедника. Уфа: Принт, 2008. — Вып. 1. — С. 210–242.
- Сначев В.И., Савельев Д.Е., Рыкус М.В.** Петрогеохимические особенности пород и руд габбро-гипербазитовых массивов Крака. — Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2001. — 212 с.
- Сначев В.И., Щулькин Е.П., Муркин В.П., Кузнецов Н.С.** Магматизм Восточно-Уральского пояса Южного Урала. — Уфа, ИГ БНЦ УрО АН СССР, 1990. — 179 с.
- Строение** зоны разлома Зеленого мыса: Центральная Атлантика / Ю.М. Пушаровский, А.А. Пейве, Ю.Н. Разницын и др. — М.: Наука, 1989. — 199 с.
- Тевелев Ал.В., Кошелева И.А.** Геологическое строение и история развития Южного Урала (Восточно-Уральское поднятие и Зауралье) — М.: Изд-во МГУ, 2002. — 124 с. — (Тр. Лабор. складчатых поясов).
- Фролова Т.И., Бурикова И.А.** Магматические формации современных геотектонических обстановок. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 320 с.
- Холоднов В.В., Прибавкин С.В., Бочарникова Т.Д.** Кусинско-Копанский интрузивный комплекс (Южный Урал): минералогия и условия образования магнетит-ильменитовых месторождений / Мат-лы Годичного собрания РМО. — Екатеринбург, 2008. — С. 144–147.
- Холоднов В.В., Ронкин Ю.Л., Ферштатер Г.Б. и др.** Новые Sm—Nd изотопные данные о возрасте Кусинского габбрового массива (Южный Урал) // Ежегодник 2005 / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2006. — С. 331–334.
- Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V. et al.** Geochemistry and petrogenesis of basalt from the West Siberian: an extension of the Permo-Triassic Siberian traps, Russian // *Litos.* — 2005. — V. 79, Is. 3–4. — P. 425–452.