

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВ ЗАУРАЛЬСКОГО ПОДНЯТИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© **В.И. Сначёв,**

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
заведующий лабораторией,
Институт геологии,
Уфимский федеральный
исследовательский центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа,
Российская Федерация,
эл. почта: SAVant@inbox.ru

В статье кратко рассмотрено геологическое строение центральной части Зауральского поднятия (лист N-41-XIV, Троицкая площадь). Отмечено, что в его пределах развиты рифейские и палеозойские метаморфические, осадочные и вулканогенные образования, среди которых в городищенской, алексеевской, увельской, бичурской свитах; саргазинской, жетыкольской, вулканогенно-терригенной толщах установлены базальты, представленные преимущественно субщелочными, толеитовыми и известково-щелочными разновидностями.

На диаграммах $al' - TiO_2, (Na_2O+K_2O) - TiO_2$ основные эффузивы бичурской свиты попадают в область траппов древних платформ, либо континентальных рифтов; низкотитанистые базальты саргазинской толщи, развитые в верхней части разреза, тяготеют к полю островных дуг, а относительно высокотитанистые (низы разреза) – к полю континентальных рифтов. Базальты увельской свиты приурочены к полю срединно-океанических хребтов и эпиплатформенных континентальных рифтов. Основные породы жетыкольской и вулканогенно-терригенной толщ попадают преимущественно в область островных дуг. Большинство анализов городищенской свиты укладываются в поле континентальных рифтов, а алексеевской свиты – островных дуг.

Установлено, что в верхнерифейско-вендское время образование вулканитов основного состава связано с режимом рассеянного спрединга в пределах древней платформы. В нижнем-среднем ордовике субщелочные базальты континентальной стадии быстро сменяются толеитами фронтальной части островной дуги. В средне-верхнеордовикское время в континентально-рифтогенных условиях происходило излияние щелочных и субщелочных базальтов. С раннего девона и вплоть до среднего карбона в пределах описываемой территории формировались структурно-вещественные комплексы активных континентальных окраин. В раннем-среднем триасе развитие завершилось мощными трещинными излияниями платобазальтов, фиксирующих собой Челябинский и Петровский грабены.

Ключевые слова: Зауральское поднятие, Троицкая площадь, базальты, петрогеохимия, геодинамика, рифт, грабен, свита, толща, островная дуга

© V.I. Snachev

PETROGEOCHEMICAL PECULIARITIES AND PALEOGEODYNAMIC CONDITIONS FOR THE BASALT GENESIS IN THE TRANS-URAL UPLIFT (SOUTH URALS)

Institute of Geology,
Federal Ufa Research Centre,
Russian Academy of Sciences,
16/2, ulitsa K. Marksa,
450077, Ufa, Russian Federation,
e-mail: SAVant@inbox.ru

This article considers briefly the geological structure of the central part of the Trans-Ural Uplift (sheet N-41-XIV, Troitsk area). It is noted that within its limits Riphean and Paleozoic metamorphic, sedimentary and volcanogenic rocks are developed, among which there are basalts found in the Gorodishche, Alekseevka, Uvelka and Bichur Formations as well as in the Sargazy and Zhetykol volcanic-terrigenous sequences. They are represented mainly by subalkaline, tholeiitic and calc-alkaline varieties.

In the diagrams $al' - TiO_2$, $(Na_2O+K_2O) - TiO_2$, the basic effusives of the Bichur Formation enter the trappean zone of either ancient platforms or continental rifts, whereas low-Ti basalts of the Sargazy Sequence developed in the upper part of the section gravitate towards the island arc field and relatively high-Ti basalts (the lower part of the section) to the continental rift field. Basalts of the Uvelka Formation are confined to the mid-ocean ridges and epiplatform continental rifts. The basic rocks of the Zhetykol and volcanic-terrigenous sequences find themselves mainly in the island arc field. Most of the analyses of the Gorodishche Formation are located in the continental rift field and the Alekseyevka Formation in the island arc field.

It is revealed that in the Upper Riphean-Vendian time the genesis of volcanites of the basic composition is associated with the scattered spreading regime within the ancient platform. In the Lower and Middle Ordovician period, subalkaline basalts of the continental stage are rapidly replaced by tholeites of the frontal part of the island arc. In the Middle and Upper Ordovician period, the outpouring of alkaline and subalkaline basalts occur under continental rifting conditions. In the Early Devonian until the Middle Carboniferous, structural and compositional complexes of active continental margins are formed within the described region. In the Early and Middle Triassic, the development is culminated with powerful outpourings of plateau basalts from fissures that mark the Chelyabinsk and Petrovsky grabens.

Key words: Trans-Ural Uplift, Troitsk area, basalts, petrogeochemistry, geodynamics, rift, graben, formation, sequence, island arc

В центральной части Зауральского поднятия, являющегося составной частью Восточно-Уральского континентального палеорифта, в последние годы нами совместно с ОАО «Челябинскгеосъемка» проводились научно-исследовательские и геолого-съёмочные работы (Троицкая площадь, лист N-41-

XIV, М 1:200 000). Геологическое строение рассматриваемой территории достаточно сложное, что обусловлено в основном крайне плохой обнаженностью (рис. 1). В её пределах прослеживается ряд преимущественно субмеридиональных структурно-фациальных и структурно-формационных зон, в которых

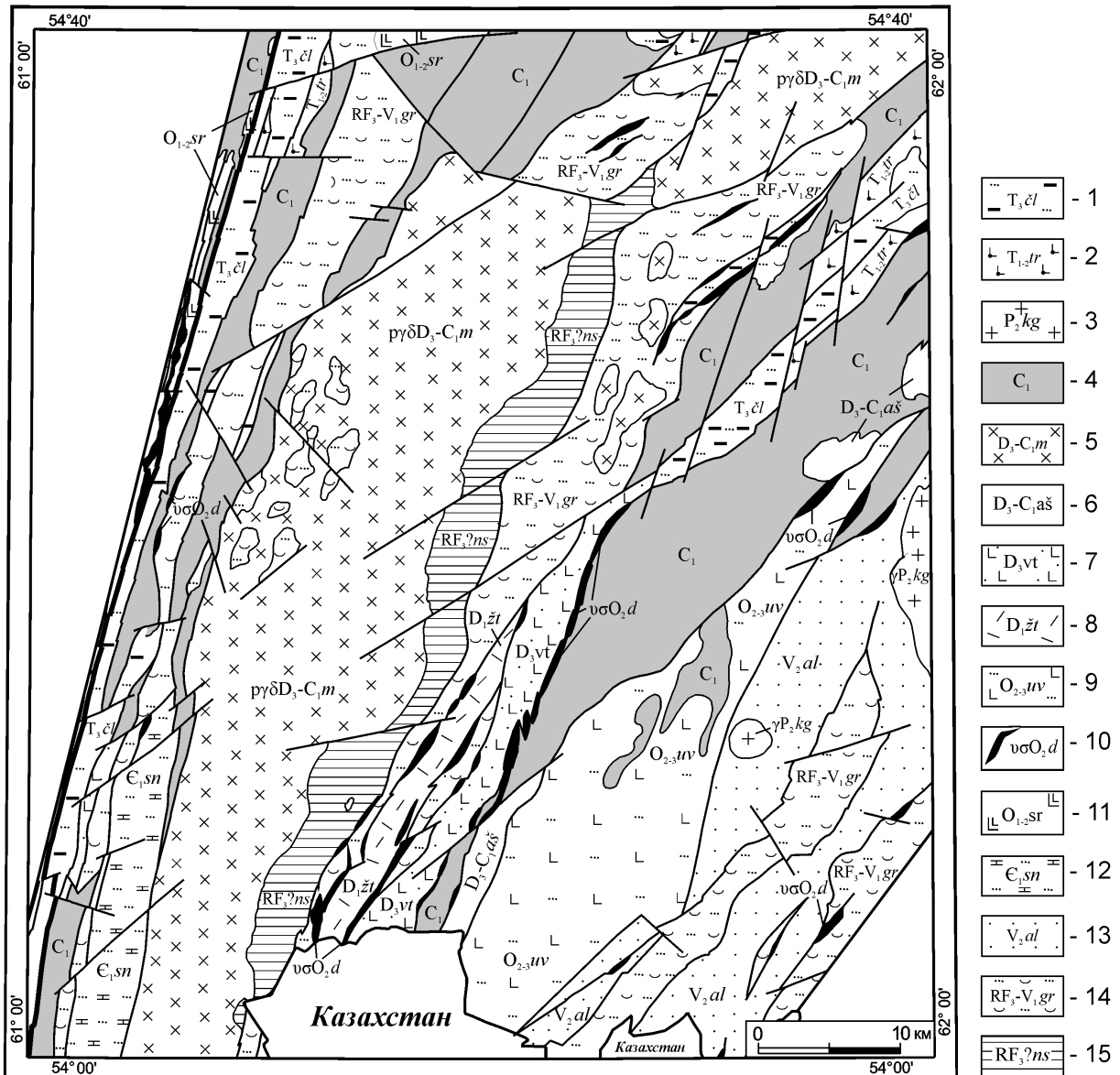


Рис. 1. Геологическое строение Троицкой площади (лист N-41-XIV) [по Пужакову и др., 2014ф, с упрощениями автора].

Условные обозначения: 1 – Челябинская серия: красноцветные и сероцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты. 2 – Туринская серия: базальты, долериты, риолиты, дациты, красноцветные брекчии, конгломераты, алевролиты. 3 – Красногвардейский комплекс: граниты, плагиограниты. 4 – Отложения нижнего карбона: известняки органогенные, углеродисто-глинистые сланцы, алевролиты, песчаники; редкие прослои андезитов и их туфов. 5 – Мариинский комплекс: диориты, плагиограниты и их дайки. 6 – Ащисуйская толща: пестроцветные песчаники, алевролиты, сланцы глинистые, углеродисто-глинистые, прослои известняков. 7 – Вулканогенно-терригенная толща: базальты, андезибазальты, андезиты, их туфы; прослои песчаников, алевролитов и углеродисто-глинистых сланцев. 8 – Жетыкольская толща: метабазальты, апо-вулканогенные зеленые сланцы. 9 – Увельская свита: базальты, андезибазальты, их туфы; туфопесчаники, песчаники, алевролиты углеродисто-глинистые. 10 – Дружнинский комплекс: серпентиниты апогартбургитовые антигоритовые, ультрамафиты нерасчлененные. 11 – Саргазинская толща: лавы, кластолавы, туфы базальтов, андезибазальтов, риолитов; прослои кремнистых туффигов. 12 – Санарская свита: известняки, реже доломиты; сланцы углеродисто-глинистые, полимиктовые песчаники. 13 – Алексеевская свита: сланцы и кристаллосланцы слюдяно-кварцевые, графит-слюдяно-кварцевые; кварциты, прослои амфиболитов. 14 – Городищенская свита: сланцы зеленые полевошпат-амфиболовые, эпидот-хлорит-амфиболовые, хлоритовые; мета-базальты, прослои графитистых кварцитов. 15 – Нижнесанарский комплекс: плагиогнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболовые.

развиты рифейские и палеозойские метаморфические, осадочные и вулканогенные образования, сформированные в разных геодинамических обстановках и имеющие различную металлогеническую специализацию [1].

Наиболее древними из них, по данным геологов ОАО «Челябинскгеосъемка» [Пужаков и др., 2014ф], являются раннепротерозойский нижнесанарский комплекс, городищенская и алексеевская свиты рифея-венда, а также чулаксайская и санарская свиты нижнего кембрия. Породы в основном представлены гнейсами, амфиболитами, кристаллосланцами, кварцитами, метавулканитами, а также терригенными и карбонатными породами (алевролитами, песчаниками, сланцами, известняками и мраморами). Образования ордовика – карбона откартированы преимущественно в центральной части Троицкой площади. Стратифицированные вулканогенные и осадочные образования триаса слагают опущенные блоки Челябинского и Петровского грабенов. Интрузивные образования занимают до 25–30% площади территории и сложены породами от ультраосновного до кислого состава. Время их образования – от среднего ордовика до ранней перми.

Вулканогенные породы основного состава, о которых пойдет речь в данной статье, установлены в городищенской (RF_3-V_1gr), алексеевской (V_2al), увельской свитах ($O_{2,3}uv$); саргазинской ($O_{1,2}sr$), жетыкольской (D_1ht), вулканогенно-терригенной толщах (D_3vt), туринской серии (бичурской свите) ($T_{1,2}tr$). Всего выполнен 71 силикатный анализ базальтов в лаборатории аналитических исследований Института геологии УНЦ РАН (г. Уфа, аналитик С.А. Ягудина), а также 25 – нейтронно-активационных на редкоземельные элементы в АСИЦ ВИМСа (г. Москва).

Изученные базальты Зауральского подъятия, как это следует из рис. 2, 3, представлены преимущественно субщелочными, толеитовыми и известково-щелочными разновидностями.

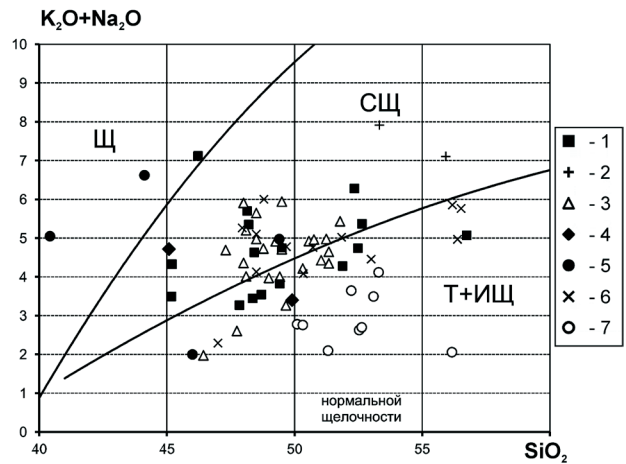


Рис. 2. Диаграмма $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$ для базальтов Троицкой площади [2].

Свиты, толщи: 1 – городищенская, 2 – алексеевская, 3 – увельская, 4 – жетыкольская, 5 – вулканогенно-терригенная, 6 – саргазинская, 7 – бичурская.

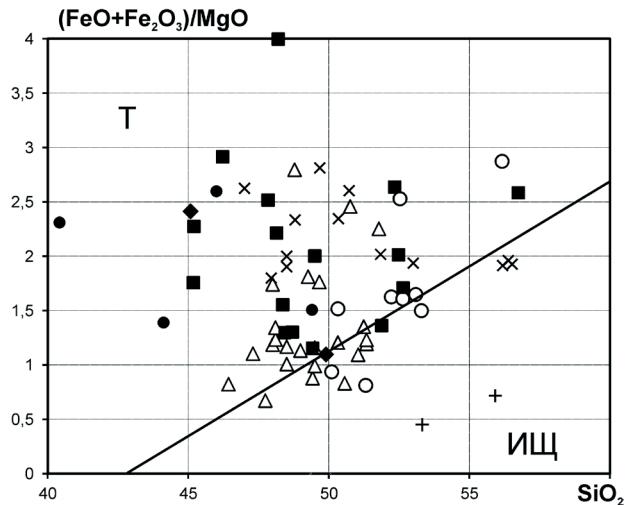


Рис. 3. Диаграмма $SiO_2-(FeO+Fe_2O_3)/MgO$ для базальтов Троицкой площади [3].

Условные обозначения см. на рис. 2.

Лишь среди вулканитов вулканогенно-терригенной толщи отмечены единичные представители щелочной серии. При этом в составе бичурской, увельской, городищенской и вулканогенно-терригенной стратиграфических подразделений в значительной степени преобладают толеиты, в алексеевской – субщелочные базальты. В увельской, бичурской, городищенской свитах, а также саргазинской толще примерно в равных количествах представлены породы субщелочной

и нормальной щелочности. Базальты известково-щелочной серии играют заметную роль в строении разрезов саргазинской толщи и увельской свиты, в составе бичурской свиты они отмечены лишь в единичных случаях и располагаются близ линии Мияширо [3].

Составы рассматриваемых основных эффузивов на диаграмме $al' - TiO_2$, где $al' = Al_2O_3 / (FeO + Fe_2O_3 + MgO)$, легли следующим образом (рис. 4). Довольно компактное поле, обособленное от других, занимают базальты бичурской свиты, которые попадают в область траппов древних платформ, либо континентальных рифтов [4].

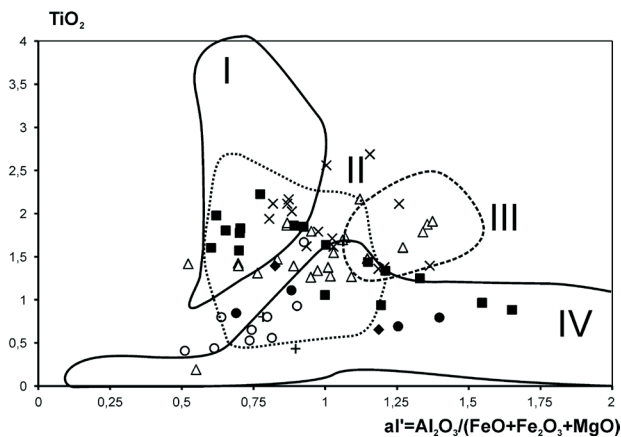


Рис. 4. Диаграмма $al' - TiO_2$ для базальтов Троицкой площади [5].

Условные обозначения см. на рис. 2.

Поля составов базальтов: I – эпиплатформенных континентальных рифтов, II – срединно-океанических хребтов, III – эпиорогенных континентальных рифтов, IV – островных дуг.

Преобладающая их часть располагается вокруг средних составов траппов. Большая часть точек, характеризующих составы вулканогенных пород увельской свиты, попадает в поле базальтов срединно-океанических хребтов и объединенное поле базальтов континентальных рифтов, океанических плит и траппов [5]. Фигуративные точки их анализов располагаются между средними составами базальтов латитовой серии и серии базальт-гавайит-муджерит рифтогенной континентальной окраины калифорнийского типа [6].

Саргазинская толща включает в себя породы двух контрастных типов: 1) низкотитанистые базальты попадают в область перекрытия полей островных дуг и срединно-океанических хребтов, тяготея к первому из них; 2) относительно высокотитанистые толеитовые базальты образуют самостоятельный ореол в пределах поля континентальных рифтов и траппов. Точки, характеризующие составы вулканогенных пород вулканогенно-терригенной и жетыкольской толщ, в большинстве своем попадают в островодужное поле. Метабазальты городищенской и алексеевской свит располагаются в области эпиплатформенных континентальных рифтов, хотя для последней из них, ввиду незначительного количества анализов, этот вывод для данной диаграммы можно считать предположительным.

Состав базальтов бичурской свиты на диаграмме $(Na_2O + K_2O) - TiO_2$, так же как и на предыдущей, близок к полю континентальных рифтов и траппов (рис. 5). Породы увельской свиты попадают в большинстве случаев в поля срединно-океанических хребтов и эпиплатформенных континентальных рифтов.

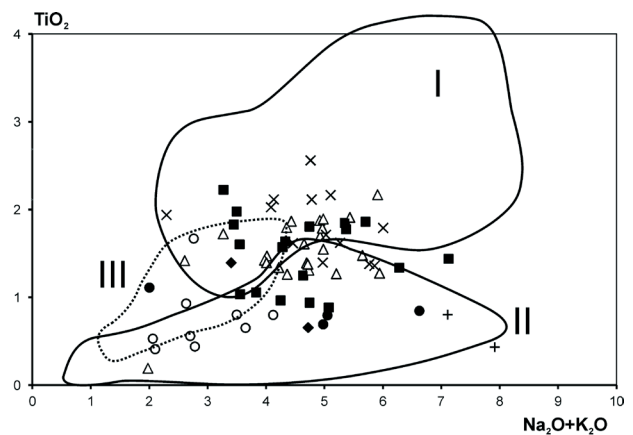


Рис. 5. Диаграмма $(Na_2O + K_2O) - TiO_2$ для базальтов Троицкой площади [5].

Условные обозначения см. на рис. 2.

Поля составов базальтов: I – эпиплатформенных и эпиорогенных континентальных рифтов, II – островных дуг, III – срединно-океанических хребтов.

Основные породы саргазинской толщи, повторяя диаграмму $al' - TiO_2$, обнаруживают контрастность составов: низкотитанистые базальты, развитые в верхней части разреза, тяготеют к полю островных дуг, а относительно высокотитанистые (низы разреза) – к полю континентальных рифтов. Подобная закономерность, связанная с повторением позиции на диаграмме $al' - TiO_2$, характерна для жетыкольской и вулканогенно-терриген-

ной толщ, точки которых попадают преимущественно в область островных дуг. Большинство анализов городищенской свиты укладываются в поле континентальных рифтов, а алексеевской свиты – островных дуг.

Обратимся к рассмотрению редкоземельных элементов (рис. 6). В изученных базальтах наблюдаются довольно широкие вариации редкоземельных элементов и спектров их распределения.

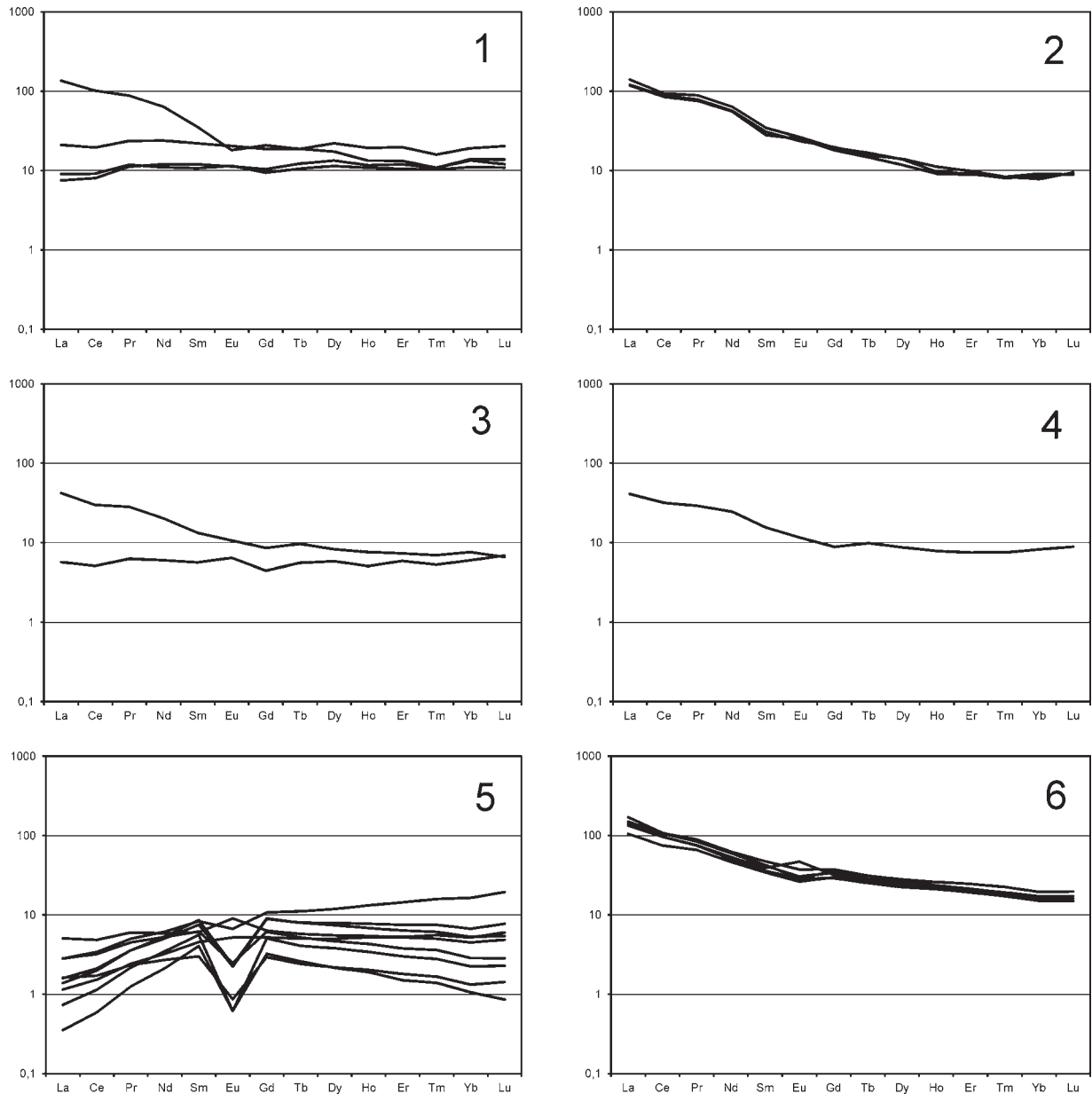


Рис. 6. Распределение редкоземельных элементов в базальтах Троицкой площади, нормированных к хондриту [7].

Свиты, толщи: 1 – городищенская, 2 – увельская, 3 – жетыкольская [Пужаков и др., 2014ф], 4 – вулканогенно-терригенная, 5 – саргазинская [5], 6 – бичурская [4].

Из всей выборки резко выделяются базальты увельской и бичурской свит: для них характерна высокая степень дифференциации концентраций легких и тяжелых РЗЭ. Нормированные к хондриту [8] содержания лантана (La_N) составляют соответственно 117–140 и 105–170 ед., а значения Lu_N почти во всех пробах около 10 и 18 ед. (тип E-MORB). Базальты саргазинской свиты отличаются минимальными содержаниями РЗЭ из всех изученных. Для них характерен тип N-MORB при $La_N=0,3-5,0$ ед., $Lu_N=1-20$ ед. Исключение составляют субщелочные и щелочные базальты низов разреза, в которых распределение РЗЭ в точности повторяют таковые увельской свиты [5] (на графике не представлены). Основные породы городищенской свиты охарактеризованы всего 4 анализами. В трех пробах спектр РЗЭ, нормированных по хондриту, образует поле, параллельное горизонтальной оси на уровне 10–20 ед. (промежуточный тип распределения между N-MORB и E-MORB, где $La/La_N \approx Sm/Sm_N \approx Lu/Lu_N$). И лишь в одной пробе (зелёные сланцы, предположительно развитые по базальтам) имеют спектр рассматриваемых элементов, похожий на выше описанный для увельской и бичурской свит (тип E-MORB). Сходный с типом E-MORB имеют спектр распределения РЗЭ и базальты вулканогенно-терригенной, а также часть проб жетыкольской толщ.

Таким образом, анализ результатов петрогеохимических исследований базальтов Зауральского поднятия позволил с определённой долей вероятности предположить следующую историю его формирования в рифей-триасовое время, которая в дальнейшем несомненно будет уточнена и дополнена на основе привлечения данных по осадочным и интрузивным породам.

Вулканиды основного состава городищенской и алексеевской свит по большинству петрохимических параметров относятся к континентально-рифтогенным и их образование в верхнерифейско-вендское время, по видимому, связано с режимом рассеянного

спрединга в пределах древней платформы.

Как было показано, в 80-е гг. прошедшего столетия на востоке Урала отмечались и грабенные ордовикские фации [9], тяготеющие преимущественно к Восточно-Уральской мегазоне и Зауральскому поднятию, что связано с развитием здесь реликтов протерозойской коры, хотя и более молодой, судя по изотопным данным [10; 11]. Тем не менее, в последнее время появились утверждения об отсутствии ордовикских рифтовых комплексов на востоке Урала [12; 13].

Проведенное нами изучение петрогеохимических особенностей базальтов восточных зон Урала позволило, с одной стороны, показать ошибочность этого утверждения, а с другой – уточнить уже высказанные ранее предположения.

Вулканиды, развитые в пределах Восточно-Уральского поднятия, подтверждают представление о наличии под ними континентального основания и могут рассматриваться как элементы ордовикских грабеновых комплексов [5]. На Зауральском поднятии [14], расположенном восточнее Восточно-Уральского, показательна эволюция состава вулканитов саргазинской толщ. В нижнем-среднем ордовике инициальные субщелочные базальты континентальной стадии здесь последовательно и довольно быстро сменяются вначале относительно высокотитанистыми толеитами, а затем мощной толщей низкотитанистых толеитов фронтальной части островной дуги, что знаменует смену режима растяжения – сжатием на рубеже среднего и верхнего ордовика. В средне-верхнеордовикское время происходило излияние щелочных и субщелочных базальтов (увельская свита). Как видим, присутствие в пределах Зауральского микроконтинента именно ордовикских рифтовых комплексов достаточно красноречиво.

С раннего силура до раннего девона в пределах описываемой территории устанавливается перерыв в осадконакоплении, а магматическая активность не проявлена. Накопление осадочных образований, вероятно, впоследствии размытых, в этот период могло

R E F E R E N C E S

1. Snachev A.V., Puzhakov B.A., Snachev V.I., Rykus M.V. Perspektivy uglerodistykh otlozheniy tsentralnoy chasti Zauralskogo podnyatiya na blagorodnye i redkie metally [Prospects of carbon deposits in the central part of the Trans-Ural Uplift for noble and rare metals]. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Neftegazovoe delo – Online Scientific Journal Oil and Gas Business, 2015, no. 2. pp. 123–142. (In Russian).
2. Kuno H. Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. Bulletin Volcanology, 1959, vol. 20, pp. 37–76.
3. Miyashiro A. The Troodos ophiolitic complex was probably formed in an island arc. Earth Planet. Sci. Lett., 1973, vol. 19, pp. 218–224.
4. Ardislamov F.R. Petrogeokhimicheskie i geodinamicheskie osobennosti formirovaniya bazaltov bichurskoy svity [Geochemical and geodynamic features of basalt genesis of the Bichur Formation]. Geologicheskii sbornik – Collected Papers in Geology, 2007, no. 6. pp. 135–143. (In Russian).
5. Savelyev D.E., Snachev A.V., Puchkov V.N., Snachev V.I. Petrogeokhimicheskie i geodinamicheskie osobennosti formirovaniya ordovikskorannesiluriyskikh bazaltov vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala [Petrogeochemical and geodynamic features of the formation of the Ordovician-Early Silurian basalts on the eastern slope of the South Urals]. Geologicheskii sbornik – Collected Papers in Geology, 2006, no. 5, pp. 85–104. (In Russian).
6. Kuzmin M.I. Geokhimiya magmaticheskikh porod fanerozoyskikh podvizhnykh pojasov [Geochemistry of magmatic rocks of Phanerozoic mobile belts]. Novosibirsk, Nauka, 1985. 198 p. (In Russian).
7. Wakita H., Rey P., Schmitt R.A. Abundances of the 14 rare-earth elements and 12 other trace elements in Apollo 12 samples: Five igneous and one breccia rocks and four soils. Pros. 2nd Lunar Sci. Conf. Oxford, Pergamon Press, 1971, pp. 1319–1329.
8. Balashov Yu.A. Geokimiya redkozemelnykh elementov [Geochemistry of rare earth elements]. Moscow, Nauka, 1976. 267 p. (In Russian).
9. Klyuzhina M.L. Paleogeografiya Urala v ordovikskom periode [Paleogeography of the Urals in the Ordovician period]. Moscow, Nauka, 1985. 189 p. (In Russian).
10. Gorozhanin V.M. Pervichnyy izotopnyy sostav strontsiya v magmaticheskikh kompleksakh Yuzhnogo Urala [The primary isotopic composition of strontium in magmatic complexes of the South Urals]. Magmatizm i geodinamika [Magmatism and geodynamics]. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 1998, pp. 98–108. (In Russian).
11. Shatagin K.N., Astrakantsev O.V., Degtyarev K.E. Sr-Nd izotopnaya sistematika pozdnepalaeozoyskikh granitoidov Yuzhnogo Urala: predvaritelnye dannye [Sr-Nd isotopic systematics of Late Paleozoic granitoids of the South Urals: Preliminary data]. XV Simpozium po geokhimiizotopov im. ak. A.P. Vinogradova – 15th Symposium on Isotope Geochemistry Dedicated to Academician A.R. Vinogradov. Moscow, GEOKhI, 1998. 328 p. (In Russian).
12. Samygin S.G., Ruzhentsev V.S. Uralskiy paleookean: model nasledovannogo razvitiya. [Ural paleocean: The model of inherited development]. Doklady Earth Sciences, 2003, vol. 392, no. 2, pp. 226–229. (In Russian).
13. Ruzhencev S.V., Samygin S.G. Struktura i tektonicheskoe razvitie oblasti sochleneniya Vostochno-Evropeyskoy platformy i Yuzhnogo Urala. [Structure and tectonic development of the area between the East European Platform and the South Urals]. Geotektonika – Geotectonics, 2004, no. 4, pp. 20–44. (In Russian).
14. Snachev V.I., Murkin V.P. Novye dannye po magmatizmu, metamorfizmu i metallogenii Kochkarskoy ploshchadi (Yuzhnyy Ural). [New data on magmatism, metamorphism and metallogeny of the Kochkar area (South Urals)]. Preprint, Ufa, Print, 1989. 23 p. (In Russian).