

ПЕТРОГЕОХИМИЯ ВНУТРИПЛИТНЫХ ВУЛКАНИТОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ДИНАМИКИ СТРУКТУР РИФТОГЕННОГО РАСТЯЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТРИАСА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ)

К.П. Иванов, К.С. Иванов, В.А. Коротеев

Институт геологии и геохимии им. ак. А.Н.Заварицкого УрО РАН,
г. Екатеринбург, e-mail: ivanovkp@uran.ru

Наиболее примечательной чертой структурно-геологической позиции триасового вулканизма Западно-Сибирской плиты является тесная пространственная и генетическая связь его проявлений с тектоникой и структурами растяжения, определяющими характер и масштабы этих проявлений, как то: линейный трещинный характер излияний базальтовых лав, дискретность распространения продуктов вулканизма, его тесная пространственная связь с грабенами и т.п. Тектоническая природа грабенов не вызывает сомнений и прежде всего синседиментационная сбросовая природа пограничных тектонических ограничений грабенов. Надвиگی также имеют место, но они сравнительно немногочисленны, а по своей природе являются постседиментационными, так что под надвигами часто оказываются все ранне-мезозойские отложения, порой вплоть до раннеюрских. Раннемезозойский этап тектономагматического развития является полностью самостоятельным.

По своему вещественному составу рассматриваемые вулканы представляют собой типичную серию континентальных толеитов, свойственных континентальным флюд-базальтовым (CFB) вообще. В минерало-петрографическом плане вулканы принадлежат контрастной липарит-базальтовой серии при резком преобладании базальтов над липаритами; в субвулканической интрузивной фации состав пород соответствует ассоциации долерит-гранофир. Для минерального состава базитов характерны широкое развитие дупироксеновых разностей (нормальной и субкальциевой серий), частое присутствие ортопироксена и нередкое появление в мезостазице анальцима и/или цеолитов, либо щелочного полевого шпата и/или кварца.

Петрохимическое лицо рассматриваемой вулканогенной формации определяют базальты и долериты, резко преобладающие в составе формации. С петрохимической точки зрения это действительно толеитовый состав, столь свойственный для континентальных плато-базальтов вообще и траппов в том числе. Следует подчеркнуть, однако, что среди других CFB-комплексов рассматриваемый вулканогенный комплекс является одним из наиболее фракционированных. По сравнению с траппами (в том числе Сибирского кратона) базиты комплекса характеризуются заметно пониженными в целом концентрациями Mg, Ca, Al₂O₃, но повышенными - SiO₂, Na₂O и особенно K₂O, а также Fe, Ti, P [Иванов и др., 2007]. По своим петрохимическим особенностям базиты комплекса близки характерному "FeTiP-типу" базальтовых лав, в известном смысле промежуточному между толеитовыми и щелочными типами. Правда, по своим основным петрохимическим и минералогическим параметрам они ближе первым, чем вторым: несмотря на повышенную щелочность (калиевого типа) базиты комплекса не содержат в своем составе фельдшпатоидов, столь характерных для щелочных комплексов.

Большая фракционированность состава базитов комплекса достаточно четко проявляется и в вариации содержаний всех химических элементов, хотя и в неодинаковой мере. Из числа главных элементов наиболее сильно и последовательно изменяется концентрация MgO (3-11%), что может служить указанием на явное фракционирование мафических фаз. С содержанием MgO коррелируется содержание других петрогенных элементов: в случае SiO₂, Na₂O, K₂O, TiO₂ и P₂O₅ наблюдается явная отрицательная корреляция, тогда как для CaO и CaO/Al₂O₃ такая же положительная, что при отсутствии корреляции между магнием и глиноземом может свидетельствовать об отсутствии заметного фракционирования плагиоклаза. Нет корреляции с магнием и у валового железа, однако по мере уменьшения концентрации магния возрастает коэффициент фракционирования $[F=Fe/(Fe+Mg)]$, обратный коэффициенту магниальности $[Mg\# = Mg/(Mg+Fe)]$, хотя в этом случае речь идет о фракционировании не только и не столько ферромагниезиальной силикатной фазы, но сколько и окиснорудной FeTi-фазы.

В соответствии с указанными особенностями химизма ведут себя величина концентрации микроэлементов и характер их распределения. Показательно пониженное до

низкого содержание всех когерентных редких элементов, причем концентрации Cu, Zn, Ni и Sr ниже такового в хондрите или в мантии, тогда как у остальных либо приближается к мантийному, либо несколько выше (Ti, V, Sc); при этом у Ni и Sr наблюдается прямая корреляция с содержанием магния, в то время как у остальных она обратная. И совершенно иная картина наблюдается в содержании всех некогерентных, или несовместимых, элементов — оно всегда выше мантийного, сильно возрастая по мере перехода от наименее несовместимых из числа высокозарядных элементов (Y, Yb, Hf) к наиболее несовместимым крупноионным (Rb, Ba, Cs); на диаграмме нормирования содержаний по NMORB практически все образцы базитов четко демонстрируют один и тот же тренд обогащения, степень которого увеличивается в направлении от наименее несовместимых HFSE к наиболее несовместимым LILE, от 2-3 раз в первых до десятков раз во вторых. Степень этого обогащения возрастает по мере увеличения степени щелочности, что по-видимому связано с повышенной же щелочностью исходных магматических расплавов. Столь же очевидны и отклонения от этого тренда, в виде “дефицита” Nb, Ta (менее четкого у Ti, Zr, Hf) и заметного обогащения Cs и Ba. Повышенная щелочность триасовых базитов комплекса далеко не феномен, она свойственна многим ранним постколлизийным магматическим образованиям мира и является одним из наиболее существенных отличий эпиорогенного рифтогенеза от эпиплатформенного.

Химизм пород комплекса, вместе с тем, не остается постоянным на всей площади Западно-Сибирской плиты, но заметно варьирует от района к району. В частности в западной, приуральной зоне плиты (в туринской серии) по мере продвижения с севера на юг повышаются кремнекислотность, щелочность и железистость базитов, что в микроэлементном составе сопровождается существенным увеличением несовместимых элементов, особенно щелочных и радиоактивных. Подобная же в принципе картина повторяется и в более восточных районах плиты, о чем свидетельствует сравнение химизма базитов двух районов, по которым имеется достаточное количество аналитических данных, Сургутско-Уренгойского на севере и Кузбасса на юге [Медведев и др., 2003; Крук и др., 1999]. По характеру распределения элементов южный повторяет северный, но заметно обогащен по уровню их концентрации, особенно щелочными и радиоактивными элементами, в целом отражая более эволюционированный состав вулканитов; в то же время кузбасский район по содержанию и распределению элементов весьма близок туринской серии (особенно в ее южном районе), отличаясь разве лишь еще более высокими концентрациями щелочных и радиоактивных металлов. В рассматриваемом плане весьма показательны также сравнение с химизмом траппового комплекса Ньюарк (Аппалачи); он почти подобен туринскому по своей структурно-тектонической и хроностратиграфической позиции и основным особенностям минерало-петрографического состава, но заметно отличается от него более низкими концентрациями всех микроэлементов и менее фракционированным их составом (отношение LILE/HFSE около 20 против 50-60); характерно также отсутствие Nb-Ta дефицита и обогащения Ba.

Наблюдаемые вариации уровня концентрации элементов и характера их распределения обусловлены, как представляется, прежде всего неоднородностью сублитосферной мантии в очагах плавления, глубиной расположения последних, степенью парциального плавления, по характеру декомпрессионного, и проявлениями сопутствующего глубинного фракционирования магматического расплава. Неоднородность мантии связана с ее относительной молодостью и неодновременностью формирования на столь огромных пространствах региона. Мантия была рециклирована в процессе субдукции, дополнившись ее и вне мантийными компонентами, на гомогенизацию которых необходимо время. Предпринятые в этом отношении решения по методу Д. Пирса [Pearce et al., 1995] в нашем случае показали, что наиболее сильным было дополнение щелочных (особенно Ba) и радиоактивных металлов (95-75%), тогда как у наименее несовместимых HFSE оно нередко приближается к нулю. Можно думать, что возрастание LILE с увеличением щелочности, при одновременном возрастании LILE/HFSE, Ba/Nb и т.п., отражает все более высокую роль флюидов и летучих компонентов, роль скоро к ним LILE имеют высокое сродство и ими переносятся, тогда как HFSE переносятся самим расплавом. С другой стороны, если верно предположение об одновременности формирования континентальной коры и ее сублитосферной мантии, появляется возможность получения объективной информации о геологическом возрасте (отчасти, и о составе) нижних горизонтов земной коры, не доступных для прямого наблюдения; в частности, в первую очередь — о времени консолидации отдельных структурно-вещественных комплексов и систем, образующих фундамент Западно-Сибирской плиты. И это

возможно при систематическом изучении особенностей элементного и особенно изотопного состава Sr, Nd, Pb триасовых вулканитов и в достаточных для этого масштабах.

Предлагаемый путь перспективен, поскольку, как показывает анализ литературы, весьма успешные попытки в этом направлении уже предпринимаются. В частности, наиболее близким нашему примером является обширный кайнозойский базальтовый вулканизм на западе Северной и Южной Америки. Этот вулканизм на Западе США перекрывает различные по возрасту и характеру структурно-тектонические элементы, от мезозойских ларамид на западе до блоков докембрийского кратона на востоке. Анализ особенностей изотопного и элементного состава базальтов позволил сделать вывод [Greenough, Kyser, 2003], что возраст сублитосферной мантии на каждой отдельно взятой площади тот же самый, что и у вышележащей континентальной коры: под блоком Вайоминг он более 2,5 млрд. лет, тогда как под плато Колорадо он меньше, 2,0- 2,3 млрд.лет, и омолаживается до 1,7- 1,8 млрд.лет к югу и к западу от него. С этим трендом хорошо согласуется закономерно направленное изменение изотопного и элементного состава в кайнозойских базальтах Андской окраинно-континентальной дуги по мере изменения возраста и мощности континентальной коры [Hickey et al.,1986]. Интригующим, но весьма показательным в этом плане является и то, что под Аппалачами возраст сублитосферной мантии оценивается не палеозоем, что следовало бы ожидать, а скорее позднекембрийским, гренвиллским [Pegram, 1990]. С этим выводом хорошо согласуются более низкие в аппалачских траппах концентрации всех несовместимых элементов, меньшая фракционированность их состава при отсутствии дефицита Nb и Ta и т.п. (см. выше); по-видимому, длительный отрезок времени, с гренвиллского события (~ 1,1 млрд. лет) до раннемезозойского вулканизма (~ 190 млн. лет) оказалось вполне достаточным, чтобы мантия под Аппалачами смогла гомогенизироваться, в отличие от Западно-Сибирской плиты, где подобного времени было, в среднем, на порядок меньше. По триасовым базальтам Западной Сибири пока имеются лишь разрозненные определения изотопного состава по отдельным элементам и то лишь по отдельным и немногочисленным площадям [Иванов и др., 2003; Медведев и др., 2003]; сделать по ним достаточно однозначное заключение о возрасте мантии пока не представилось возможным, но это дело недалекого будущего.

Исследования проводятся в рамках программы ОНЗ РАН “Строение и формирование основных типов геологических структур подвижных поясов и платформ” при частичной поддержке интеграционной программы УрО - СО РАН.

Список литературы

Иванов К.П., Иванов К.С., Федоров Ю.Н. Геохимия триасовых вулканитов Западно-Сибирской плиты (на примере туринской серии)// Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Сборник научных трудов. Екатеринбург. ИГГ УрО РАН, 2007. С.767-790.

Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Коротеев В.А. и др. Строение и природа области сочленения Урала и Западной Сибири // Доклады РАН, Т. 393. № 5. С. 647-651.

Крук Н.Н., Плотников А.В., Владимиров А.Г., Кутюлин В.А. Геохимия и геодинамические условия формирования траппов Кузбасса // Доклады РАН, 1999. Т. 369. № 6. С. 812-815.

Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Кирда Н.П. Геохимия пермо-триасовых вулканитов Западной Сибири // Геология и геофизика, 2003. Т. 44. № 1-2. С. 86-100.

Greenough J.D., Kyser T.K. Contrasting Archean and Proterozoic lithospheric mantle: isotopic evidence from the Shonkin Sug sill (Montana) // Contrib. Mineral. Petrol., 2003. 145. P. 169-181.

Hickey R.L., Frey F.A. and Gerlach D.C. Multipl sources for basaltic arc rocks from the southern volcanic zone of the Andes (34° - 41° S): trace element and isotopic evidence for contributions from subducted oceanic crust, mantle, and continental crust // Journ. Geophys. Research, 1986. V. 91. № B6. P. 5963-5983.

Pearce J.A., Baker P.E., Harvey P.K. and Luff I.W. Geochemical Evidence for Subduction Fluxes, Mantle Melting and Fractional Crystallization Beneath the South Sandwich Island Arc // Journ. Petrol., 1995. V. 36. № 4. P. 1073-1109.

Pegram W.J. Development of continental lithospheric mantle as reflected in the chemistry of the Mesozoic Appalachian Tholeiites, USA // Earth Planet. Sci. Letters, 1990. 97. № 3 - 4. P. 316-331.