

ПРИРОДА АНДЕЗИТОВЫХ ПОРФИРИТОВ БАЙГОРОВСКОЙ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА (ВКМ)

С.В. Бондаренко, Г.С. Золотарёва, В.М. Ненахов

ГОУ ВПО «Воронежский государственный университет», Воронеж,
e-mail: sw_bondarenko@hotmail.com

Образования Байгоровской вулканоплутонической структуры на основании геолого-геофизических данных выделяют в виде отдельных полей среди терригенных и вулканогенно-терригенных отложений воронежской свиты, распространенной в пределах Лосевской шовной зоны (ЛШЗ) ВКМ. ЛШЗ разделяет Воронежский кристаллический массив (ВКМ) на два мегаблока: КМА и Хоперский. Формирование шовной зоны, согласно существующей геодинамической модели [Чернышов и др., 1997], связано с закрытием океанической структуры по механизму субдукции за счет пододвигания коры океанического типа под блок КМА. Главным заполнителем шовной зоны являются: 1) породы донского типа обоянской серии (в ассоциации с павловским гранитоидным комплексом); 2) лосевская серия (в ассоциации с усманским комплексом плагиогранитов) и 3) воронежская свита (в ассоциации с шукавским мафит-ультрамафитовым, ольховским базит-плагиогранитным комплексами и байгоровской вулканоплутонической постройкой), занимающая верхнюю структурную позицию. В силу своего сложного соотношения с сопряженными структурами, последняя является одним из проблематичных СВК ВКМ - его формирование происходило либо во время субдукционного этапа, либо во внутриплитной обстановке. Уточнение положения свиты на основании изучения сопряженных магматических комплексов позволит внести коррективы в противоречивые моменты геодинамической модели развития ВКМ в палеопротерозое. С этой целью была предпринята попытка уточнения природы байгоровских вулканитов, наиболее широко представленных в пределах одноименной вулcano-структуры.

Вулканогенные образования Байгоровской вулканоплутонической структуры представлены порфировым базальтами, кластолавами и туфами базальтового состава (эффузивная фация); андезитами, андезито-дацитами, микродиоритами, лавобрекчиями андезитов и редко базальтов (жерловая фация); андезитами и андезито-дацитами с прорывающими их многочисленными дайками андезитов (субвулканическая фация); микрогаббро (субинтрузивная фация). В пределах данного комплекса на нескольких участках проявления байгоровских вулканитов в рамках минералого-петрографического анализа выделяется два (I - II) типа андезитовых порфиритов, уточнение природы которых позволит внести ясность в формирование структуры в целом.

В качестве инструмента для определения тектонических условий формирования, включая установление источников вещества и его эволюцию в рамках данной работы используются геохимические особенности магматических пород. Обычно применяются как абсолютные содержания элементов, так и их соотношения, являющиеся индикатором особенностей петрогенеза, формационной принадлежности, геохимической типизации и других модельных построений. Огромный вклад в этом направлении сделан как отечественными (Балашов, Богатиков, Спишиак, Генцафт, Грачев, Коваленко и др.), так и зарубежными (Pearce, Teylor, Condie, Hofman, Natland, Lassiter, Wood, Meschede и др.) исследователями.

Сравнительный анализ андезитовых порфиритов Байгоровской вулканоплутонической структуры опирался на состав микроэлементов (REE, Rb, Sr, Zr, Y, Nb, U, Th и др.), их отношений (Pb/Nd, La/Sm, Sm/Yb, Th/Ta, Nb/U, Ce/Pb, U/La) и изотопно-геохимические критерии. Определение возможной природы источников данных магматических пород было основано на их сопоставлении с составами базальтов разнотипных мантийных резервуаров и выплавками континентальной коры по McDonough & Sun, Hofman, Taylor & McLennan, Palme & O'Neill, Коваленко, Workman & Hart, Salters & Stracke, Рябчиков, Wedepohl, Condie, Балашов [<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de>; Коваленко и др., 2007; Рябчиков, 1997; Балашов, 1976]. Состав микроэлементов в андезитовых порфиритах определен методом ICP-MS в аналитическом центре ИГЗ СО РАН, г. Иркутск.

По результатам анализа, как для I, так и для II типа андезитовых порфиритов, установлены высокие, на порядок превышающие хондритовые значения содержания

редкоземельных элементов (REE), варьирующиеся от 94,69 до 134,04 и от 43,98 до 73,85 г/т соответственно. Коэффициенты фракционирования $\sum La_n / \sum Yb_n$ изменяются незначительно в пределах 3,53-4,32 и 2,45-3,63. Значимые аномалии европия, как для тех, так и других пород, не наблюдаются ($Eu/Eu^*=0,88-1,13$), что говорит о слабой фракционированности магматических расплавов.

Спектры распределения редкоземельных и редких элементов (рис. 1) андезитовых порфиритов I и II типов в целом однотипны. Они имеют относительно пологий наклон с постепенным снижением от более высоких значений лёгких REE до более низких тяжёлых REE с заметным дефицитом последних. Нормализованные к хондриту CI, N-MORB, E-MORB, андезитам и толеитам островных дуг значения обнаруживают значительное обогащение легкими REE. Сравнение андезитовых порфиритов с континентальной корой показало наибольшую сходимость значений.

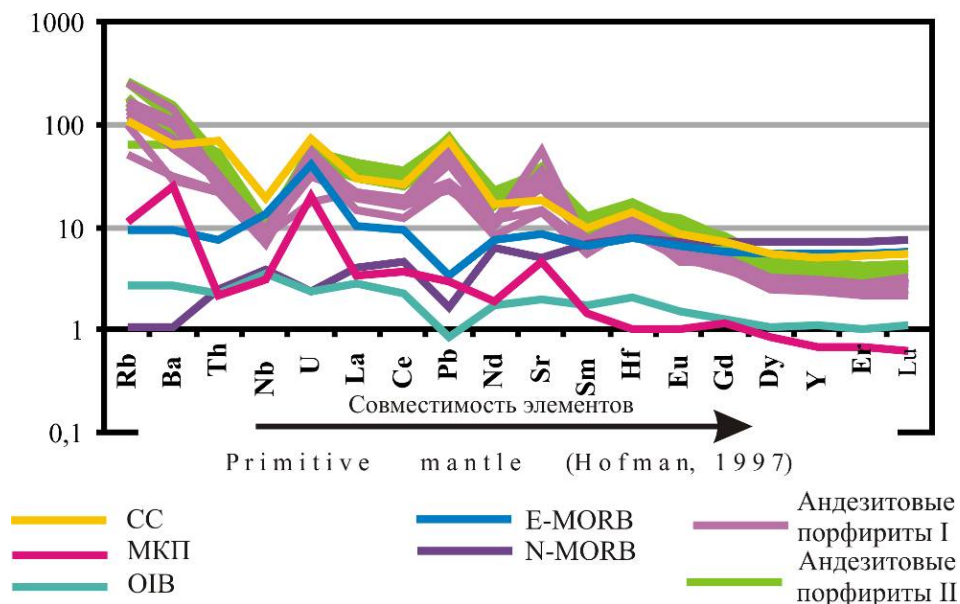


Рис. 1. Спектры некогерентных элементов пород Байгоровской вулканоплутонической структуры нормализованные по первичной мантии. CC - континентальная кора, МКП – мантийный плюм, ОИВ - океанические острова, E-MORB - обогащенные базальты, N-MORB - нормальные базальты.

Для андезитовых порфиритов Байгоровской структуры характерна следующая закономерность: коэффициент фракционирования редкоземельных элементов у андезитовых порфиритов I типа, ниже, чем у II типа, при этом, последние более обогащены легкими REE. Это свидетельствует о геохимической и генетической гетерогенности изученных пород, так как их геохимические особенности достаточно однозначно говорят, что формирование андезитовых порфиритов в Байгоровской структуре из одного очага исключается.

Тренды некогерентных элементов, нормализованные по первичной мантии отличаются от трендов различных мантийных резервуаров и также близки по значениям к выплавкам континентальной коры (рис. 1). Спектры распределения осложнены Sr-минимумом, слабо выраженными Nb-, Pb-, Hf-максимумами. Обогащение свинцом является признаком контаминации магм материалом континентальной коры [Коваленко и др., 2007; Грачев, 2003]. Отношение Pb/Nb составляет около 0,05 как для океанических, так и для континентальных плюмов, и сильно отличается для континентальной и океанической коры 0,63 и 0,04 соответственно. Даже небольшая степень контаминации оказывает на него влияние. Положение пиков Sr, Nb и Hf для андезитовых порфиритов свидетельствует о коровой контаминации.

В ряде работ выделяются так называемые канонические отношения, значения которых относительно постоянны в большинстве мантийных резервуаров и коровых выплавках [Пузанков, 1999; Коваленко и др., 2007; Грачев, 2003; Pearce, 1979; Геншафт, 2001; Hofman, 2006 и др.]. Сравнительный анализ геохимических отношений Pb/Nd, La/Sm, Sm/Yb, Th/Ta, Nb/U, Ce/Pb, U/La для основных мантийных резервуаров, континентальной коры с породами Байгоровской вулканоплутонической структуры явно указывает на коровую составляющую.

Для более детальной геохимической и геотектонической дискриминации изученных пород использовались различные диаграммы, основанные на геохимических отношениях. На

тройной диаграмме $Zr/4-Nb*2-Y$ Meschede (1986) породы Байгоровской вулканоплутонической структуры попадают в поля внутриплитных щелочных базальтов и внутриплитных толеитов. На диаграмме $Th-Hf/3-Ta$ Wood (1980) поле изученных пород соответствует полю базальтов деструктивных окраин континентов и их дифференциатов. В тоже время на диаграмме $Th-Zr/117-Nb/16$ Wood (1980) это поле приходится на область неопределенности, где сопряжены внутриплитные базальты и базальты деструктивных окраин. На диаграмме $Zr-Zr/Y$ Pearce (1979) андезитовые порфириды образуют обособленные поля на границе с областью внутриплитных базальтов. На диаграмме $Sr-Rb$ Ферштатера (1987) породы Байгоровской структуры в своем большинстве занимают поле орогенных андезитов, толеитов, толеитов повышенной щелочности. На диаграмме $La/Yb-Th/Ta$ Condie (2002) андезитовые порфириды обособлены в полях базальтов субдукционной обстановки. Вместе с тем на это поле накладываются поля базальтов островных дуг и траппов, что на основе данной диаграммы не позволяет нам провести однозначную интерпретацию. На развитие пород Байгоровской структуры в пределах активной окраины указывают и отношения $Ta/Yb-Th/Yb$ Pearce (1983), где вулканы образуют обособленные поля внутри области распространения отложений активной окраины. На диаграмме $Ce/Pb-Ba/La$ Haase (1996) фигуративные точки андезитовых порфиритов максимально приближены к полю магматических пород субдукционной обстановки.

Распределение фигуративных точек пород Байгоровской вулканоплутонической структуры на диаграммах $Zr/Nb-Y/Nb$, $Ce/Y-La/Nb$ Hoffman (1997); $La/Nb-Nb/Ta$; $\sum REE-La/Yb$; $La/Ta-La/Sm$ Lassiter, DePaolo (1997) указывает на геохимическую гетерогенность андезитовых порфиритов I и II типов, значительное влияние корового материала на их формирование. Данные отношения приближены к значениям мантийного плюма, наложенного на континент. На влияние коровой компоненты для изученных пород указывает и параметр ΔNb , вычисленный по уравнению $\Delta Nb = 1,74 + \log(Nb/Y) - 1,92 * \log(Zr/Y)$. Положительные значения ΔNb указывают на плюмовый источник базальтов, отрицательные на отсутствие плюма [Pamela, 2000; Hofman, 2006; Natland, 2007 и др.]. Для каждого типа изученных пород значения ΔNb характеризуются отрицательными значениями.

Геохимические особенности изученных пород Байгоровской вулканоплутонической структуры не позволяют сделать однозначный вывод о геодинамической природе названного комплекса. С одинаковой степенью вероятности можно говорить как о доминировании внутриплитной обстановки, так и субдукционной. Причиной такой неоднозначности может служить либо сложный геодинамический режим, контролирующий формирование Байгоровской вулканоплутонической структуры, либо несовершенство геохимических дискриминантов и ограниченность их применимости. Конвергенция вещественных признаков наглядно показана на примере Камчатки и Японии [Пузанков, 1999; Тарарин, 1999; Богатилов, 1988; Балашов, 1985 и др.] с учетом эволюции островных дуг от примитивных к зрелым. По мере эволюции дуги и развития зрелой островодужной системы к доминирующему на стадии примитивной островной дуги плавлению мантийного источника добавляются коровые источники магмогенерации. Специфика вулканических серий развитых островных дуг преимущественно определяется плавлением пород корового субстрата. Вследствие общей эволюции островодужной системы и последовательному смещению вулканического фронта навстречу субдуцирующей плите на зрелых островных дугах может возникать геохимическая зональность синхронного вулканизма в пределах двух различных по условиям магмогенерации зон.

Список литературы

- Балашов Ю.А.** Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 268 с.
Балашов Ю.А. Изотопно-геохимическая эволюция мантии и коры Земли. М.: Наука, 1985. 224 с.
Богатилов О.А., Цветков А.А. Магматическая эволюция островных дуг. М.: Наука, 1988. 248 с.
Геншафт Ю.С., Грачев А.Ф., Салтыковский А.Я. Геохимические особенности кайнозойских базальтов Монголии: проблемы природы мантийных источников // Геология и геофизика, 2006. Т. 47. № 3. С. 377-389.

Грачев А.Ф. Идентификация мантийных плюмов на основании изучения вещественного состава вулканитов и их изотопно-геохимических характеристик // *Петрология*, 2003. Т. 11. № 6. С. 618 - 654.

Ковалев В.И., Наумов В.Б., Гирнис А.В., Дорофеева В.А., Ярмолюк В.В. Средние составы магм и мантии срединно-океанических хребтов и внутриплитных океанических и континентальных обстановок по данным изучения расплавных включений и закалочных стекол базальтов // *Петрология*, 2007. Т. 15. № 4. С. 361-396.

Пузанков Ю.М. Геохимические особенности проявления кайнозойского базальтового магматизма над "горячими точками" // *Геохимия*, 1999. № 9. С. 941-949.

Рябчиков И.Д. Состав верхней мантии // *Геохимия*, 1997. № 5. С. 467-478.

Тарарин И.А. Геохимические особенности и геотектонические особенности формирования магматических пород в аккреционной призме о. Карагинского (Восточная Камчатка) // *Геохимия*, 1999. № 9. С. 967-675.

Чернышов Н.М., Ненахов В.М., Лебедев И.П., Стрик Ю.Н. Модель геодинамического развития Воронежского кристаллического массива // *Геотектоника*, 1997. № 3. С. 21-30.

Hofman A.W. Delta Niobium or Delta VICE? / A.W.Hofman // *American Geophysical Union, Fall Meeting 2006, Abstract № V34B-08.*

Natland J.H. ΔNb and the role of magma mixing at the East Pacific Rise and Iceland / James H. Natland // *Plates, Plumes and Planetary Processes*, 2007. P. 413–449.

Pamela D. Kempton, J. Godfrey Fitton, Donald Francis, Solveigh Lass N-MORB or a Depleted Plume Component? Evidence from Hf-Nd Isotope Systematics of Tertiary Picritic and Basaltic Lava Flows from Baffin Island // *Journal of Conference Abstracts*, 2000, V. 5(2). P. 574-575.

Pearce J.A., Norry M.J. Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks // *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1979. № 69. P. 33-47.

<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de>