

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО УРАЛА: ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НА КОЛЧЕДАННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

А.М. Косарев

Институт геологии УНЦ РАН, Уфа, e-mail: amkosarev@mail.ru

Магнитогорская мегазона или Магнитогорская палеоостроводужная система прошла путь от стадии континентального и океанического рифтогенеза (O-S₁) до островодужной (D₁-D₃) и коллизионной (C₁-P) стадий. Колчеданоносные вулканогенные формации образуют два вулканических цикла, которые проходили в девоне в позднеэмско-раннеэйфельское и эйфель-живет-раннефранское время.

В позднеэмско-раннеэйфельское время в Магнитогорской мегазоне активный островодужный и надсубдукционный вулканизм проявился в Западно-Магнитогорской зоне (ЗМЗ), тогда как в Восточно-Магнитогорской зоне (ВМЗ) произошло перерастание зоны задугового субконтинентального рифта в субокеанический спрединговый бассейн.

Островодужные вулканические формации ЗМЗ ранняя – бимодальная базальт-риодацитовая, среднего этапа – непрерывная базальт-андезит-дацит-риодацитовая и поздняя – базальт-андезибазальтовая с непрерывной гибридной базальт-андезибазальт-кварцево-андезит-дацит-риодацитовой и трахидацитовой субформациями сформировались во фронтальной части Магнитогорской энсиматической островодужной системы. Вулканические комплексы, слагающие позднеэмско-раннеэйфельский цикл вулканизма, относятся к переходной магнезиальной толеит-бонинитовой, известково-щелочной, толеитовой островодужной и переходной от известково-щелочной к шохонитовой петрогенетическим сериям [Косарев и др., 2005].

Конкретные вулканические комплексы, характеризующие базальт-риолитовую (*бурибайский комплекс*) и базальт-андезит-дацит-риодацитовую (*верхнетаналыкский комплекс*) формации, обладают гомодромной эволюцией состава вулканитов во времени. Для магнезиальных толеитовых базальтов бурибайского комплекса характерны высокие содержания MgO (7,6-18%), Cr, Ni, пониженные концентрации FeO, Al₂O₃, Zr, Nb, низкое значение La/Yb (0,7-1,98). В бонинитовых вулканитах установлены SiO₂ (53-60%), MgO (8-14%), Cr (33-940 г/т), Zr (19-23,9 г/т), Nb (0,38-0,72 г/т). Отличительной чертой бонинитов бурибайского комплекса от типовых Западно-Тихоокеанской зоны, является повышенное содержание в них Na₂O (2,6-3,3 %) и постоянное присутствие плагиоклаза в виде микровкрапленников или в ликвационных «вариолях» [Серавкин, Косарев, 1979].

Кислые вулканиты бурибайского комплекса относятся к известково-щелочной серии, обнаруживают обогащение ЛРЗЭ.

В непрерывной базальт-андезит-дацит-риодацитовой формации (верхнетаналыкский комплекс Баймакского района) во всех типах пород обнаружены повышенные, по сравнению с предыдущей формацией содержания элементов КИР, а также Zr, Ti, Nb, обогащение ЛРЗЭ и нисходящий от легких к тяжелым РЗЭ характер графиков порода/хондрит.

В Восточно-Магнитогорской зоне в Домбаровском рудном районе синхронно с базальт-риолитовой и базальт-андезит-дацит-риодацитовой формациями ЗМЗ формировался *киембаевский базальтовый* и *акжарский базальт-риодацитовый* вулканические комплексы, датированные поздним эмсом. Базальты киембаевского комплекса сопоставимы с N-MORB и средними составами базальтов COX и характеризуются низкими содержаниями K₂O (0,04-0,24%), повышенными Na₂O (1,7-4,89%), умеренными и высокими содержаниями TiO₂ (1,1-2,08 %). По соотношениям Zr и Ti, Ti и Cr, Cr и Ni, Ni и Co они близки к толеитам COX [Рыкус, 1992; Вулканизм Южного Урала, 1992]. Величина отношений Ni/Co в киембаевских базальтах колеблется от 1,48 до 5,2, что типично для океанических толеитов. Сходство с базальтами COX обнаруживается в распределении РЗЭ. На графике порода/хондрит они образуют характерное для океанических базальтов слабо выпуклые вариационные кривые, восходящие от La к Sm и полого нисходящие от Sm к Lu, что свидетельствует о дефиците легких РЗЭ и слабом дефиците тяжелых РЗЭ. На спайдер-диаграмме порода/N-MORB в базальтах обнаруживающая негативные аномалии Nb и Zr, положительные аномалии элементов КИР, Pb, Sr что

свидетельствует о наличии островодужного уклона в геохимической характеристике этих базальтов.

Базальты *акжарского комплекса* по большинству окислов сходных с аналогами из киембаевского комплекса. Однако они обнаруживают повышенную щелочность, которая запечатлена в распределении РЗЭ и в повышенных концентрациях элементов КИР.

Завершающая цикл непрерывная порфириновая формация ($D_1-D_2\text{ef}_1$) в ВМЗ представлена Джусинским комплексом и относится к абсарокит-шошонит-латит-трахидацит-риолитовой надсубдукционной серии [Косарев, Артюшкова, 2007]. Этот комплекс формировался в ВМЗ синхронно с ирендыкским комплексом ЗМЗ и его субщелочной высококалийный состав отражает его тыловодужную геодинамическую позицию.

В эйфель-живет-раннефранское время в результате вулканической деятельности второго цикла происходило накопление базальт-риолитовой ($D_2\text{ef}$) и базальт-андезит-дацит-риолитовой ($D_2\text{zv}-D_3\text{f}_1$) формаций. Базальт-риолитовая гомодромная формация образовалась в зоне расщепления Ирендыкской островной дуги. Эта формация в Сибайском рудном районе ЗМЗ представлена *карамалыташским комплексом* и сложена толеитовыми островодужными базальтами с характерными низкими концентрациями Al, Ti, Zr, Nb, P, Cr, Ni, K [Язева, 1985; Косарев и др., 2006; Spadea et al., 2002], свидетельствующими об участии субдукционных флюидов в их петрогенезе. Щелочные, щелочно-земельные и радиоактивные элементы (K, Rb, Ba, Sr, Th, U) на спайдерграммах породе/N-MORB дают положительные аномалии, негативные аномалии образуют Nb, P, легкие РЗЭ и Eu. Величина отношения Ni/Co устойчиво составляет менее 1,5, что характерно для островодужных базальтов.

Кремнекислые породы *карамалыташского комплекса* геохимически «родственны» базальтам и принадлежат, видимо, к толеитовой серии. Об этом свидетельствует плоский характер распределения РЗЭ, показывающий небольшой дефицит легких РЗЭ, при более высоких, чем в базальтах, концентрациях всех РЗЭ. По петрохимическим материалам, в частности, по содержаниям K_2O+Na_2O ; K_2O и соотношениям FeO' с MgO среди кислых пород выделяется разновидности принадлежащие толеитовой и известково-щелочной сериям.

В ВМЗ в **Александринском рудном районе** (*александринский комплекс* ($D_2\text{ef}$)) большая часть базальтов относится к толеитовой островодужной серии иногда с субщелочным уклоном. Среди кремнекислых пород преобладает тип принадлежащий к известково-щелочной серии со значениями La/Yb отношения от 2,0 до 6,0.

Южнее Александринского района на 175 км, в **Ащевутацкой зоне** ВМЗ располагается *большекумакский базальт-риолитовый* вулканический комплекс ($D_2\text{ef}$); базальты которого относятся к типу умеренно- и высокотитанистых субщелочных и толеитовых базальтов (TiO_2 0,94-3,0%).

Вулканы непрерывной формации ($D_2\text{zv}-D_3\text{f}_1$) в ВМЗ разнообразны и не всегда достоверно датированы. В Александринском рудном районе эту формацию представляет *урлядинский комплекс*, вулканы которого относятся к известково-щелочной, реже (на участке Фестивальном) к субщелочной сериям, что подчеркивает тыловодужное положение этого комплекса.

По опубликованным [Вулканизм..., 1992, Косарев и др., 2005, 2006] и изложенным выше материалам в Магнитогорской мегазоне выделяются следующие геодинамические обстановки: 1 – фронтальная зона энзиматической островной дуге (OD) ($D_1\text{e}_2-D_2\text{ef}_1$); 2 – задуговый спрединговый бассейн субокеанического типа ($D_2\text{e}$); 3 – тыловая зона той же OD; 4 – внутридуговой спрединговый бассейн ($D_2\text{ef}$) в зоне расщепления Ирендыкской OD: а) его западная надсубдукционная часть (Сибайский рудный район); б) его тыловая восточная надсубдукционная часть (Александринский рудный район); в) его тыловая часть, вне влияния зоны субдукции (Ащевутацкий, Шуулдакский районы).

По современным представлениям вулканизм перечисленных выше формаций происходил при вы熔лении островодужных магм в мантийном клине под воздействием различных объемов субдукционных флюидов. Одной из специфических черт колчеданосных комплексов по данным В.Холоднова [Медноколчеданные..., 1992] является обогащенность хлором и фтором аксессуарного апатита, содержащегося в рудовмещающих вулканиках. Для наиболее хлороносных островодужных комплексов Урала установлена корреляция хлора с содержанием натрия.

Геохимические особенности базальтов Южного Урала и геодинамическая позиция хорошо увязываются с продуктивностью на колчеданное оруденение. По экспериментальным

данным и модельным построениям [Рингвуд, 1981; Сондерс, Тарни, 1987; Пирс и др., 1987; Богатиков, Цветков, 1988; Bailey et al., 1989; Arculus, 1994; Добрецов, Кирдяшкин, 1994; Дриль, Елизарова, 2003; Авдейко и др., 2006], концентрации в исходных магмах MgO , высокозарядных, крупноионных литофильных и редкоземельных элементов, контролируются объемами флюидной фазы, P_{H_2O} и степенью плавления мантийного субстрата. Некоторые из геохимических характеристик базальтов, в частности, концентрации TiO_2 и значения отношений La/Yb , зависимые от степени плавления мантийного субстрата и P_{H_2O} , коррелируются с запасами рудного вещества ($Cu+Zn$ в тыс. тонн) в рудных районах Южного Урала (рис. 1 А, Б) [Зайков и др., 2001]. Из этих данных следует:

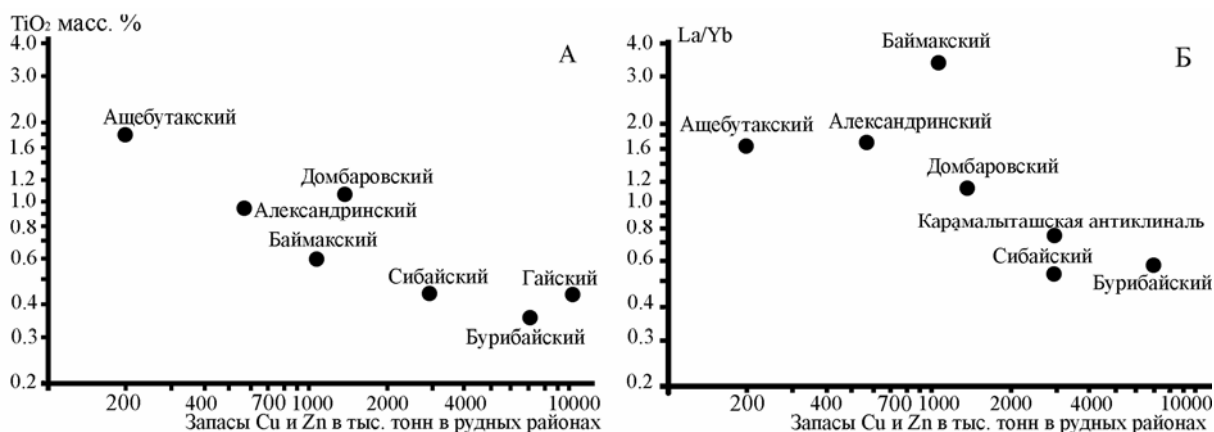


Рис. 1. Соотношения содержаний Cu и Zn в тыс. тонн в колчеданных месторождениях рудных районов Южного Урала с концентрациями TiO_2 (А) и величиной отношения La/Yb (Б) в базальтах тех же рудных районов.

1. Высокая продуктивность на колчеданное оруденение обнаруживается в комплексах, исходные магмы которых выплавились при повышенных P_{H_2O} и высоких степенях плавления мантийного субстрата (а) в надсубдукционных комплексах фронтальной зоны Магнитогорской островодужной системы (Бурибаевский, Южно-Ирендыкский комплексы) и (б) в надсубдукционных комплексах внутридугового бассейна (Карамальташский комплекс). В эту группу входят наиболее крупные месторождения Южного Урала: а) Гайское, Юбилейное, б) Учалинское, Новоучалинское, месторождения Верхнеуральского рудного района, Сибайское.

2. Меньшая колчеданосность (мелкие и средние месторождения) обнаружена в комплексах, образовавшихся над зоной субдукции при ограниченных объемах флюидов и умеренных P_{H_2O} (месторождения Баймакского района), в тыловой части островодужной системы (месторождения Барсучий Лог, Джусинское), в пределах тыловой надсубдукционной зоны внутридугового бассейна (Александринское) и в окраинном океаническом бассейне (D_1e_2) (Весеннее, Осеннее, Летнее, Акжарское).

3. Слабая колчеданосность обнаружена в переходных и субокеанических субщелочных и толеитовых базальтовых комплексах, в характеристиках которых слабо проявлены островодужные черты и преобладают субокеанические признаки (Большекумакский, Ащевутацкий, Калиновский, Шуулдакский комплексы). Формирование этих комплексов происходило вне влияния зоны субдукции, либо в области с ограниченным влиянием субдукционной флюидной фазы обогащенной водой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы «Поволжье», рег. № 40/43-П, договор №08-05-97005 и программы №2 ОНЗ РАН.

Список литературы

Авдейко Г.П., Палуева А.А., Хлебородова О.А. Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы // Петрология, 2006. Т. 14. № 3. С. 248-265.

Богатиков О.А., Цветков А.А. Магматическая эволюция островных дуг. М.: Наука, 1988. 248 с.

Вулканизм Южного Урала / И.Б. Серавкин, А.М. Косарев, Д.Н. Салихов и др. М.:

Наука, 1992. 197 с.

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Глубинная геодинамика. Новосибирск. СО РАН, 1994. 229 с.

Дриль С.И., Елизарова М.В. Геохимическая типизация и источники вещества метабазитов офиолитов западного сектора Монголо-Охотского складчатого пояса // Вулканизм и геодинамика: Материалы II Всероссийского симпозиума вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург. Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2003. С. 367-370.

Зайков В.В., Масленников В.В., Зайкова Е.В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс. ИМин УрО РАН, 2001. 315 с.

Косарев А.М., Пучков В.Н., Серавкин И.Б. Петролого-геохимические особенности раннедевонско-эйфельских островодужных вулканитов Магнитогорской зоны в геодинамическом контексте // Литосфера, 2005. № 4. С. 22-42.

Косарев А.М., Пучков В.Н., Серавкин И.Б. Петролого-геохимические особенности среднедевонско-раннекаменноугольных островодужных и коллизионных вулканитов Магнитогорской зоны в геодинамическом контексте // Литосфера, 2006. № 1, С. 3-21.

Косарев А.М., Артющкова О.В. Джусинский палеовулканический комплекс: стратиграфическое положение, геохимические особенности, геодинамические реконструкции // Геологический сборник № 6. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. Уфа: ООО ДизайнПолиграфСервис, 2007. С. 174-180.

Медноколчеданные месторождения Урала: Условия формирования / В.А. Прокин, И.Б. Серавкин, Ф.П. Буслаев и др. Екатеринбург. УрО РАН, 1992. 307 с.

Пирс Дж.А., Липпард С.Дж., Робертс С. Особенности состава и тектоническое значение офиолитов над зоной субдукции // Геология окраинных бассейнов. М.: Мир, 1987. С. 134-165.

Рингвуд А.Е. Состав и петрология мантии Земли. М.: Недра, 1981. 584 с.

Рыкус М.В. Вулканизм и металлогения Джусинско-Домбаровского палеовулканического пояса Южного Урала. Уфа. БНЦ УрО РАН, 1992. 172 с.

Сондерс А.Д., Тарни Дж. Геохимические характеристики базальтового вулканизма в задуговых бассейнах // Геология окраинных бассейнов. М.: Мир, 1987. С. 102-133.

Серавкин И.Б., Косарев А.М. О происхождении контрастных и непрерывных серий базальт-липаритовой формации Южного Урала // Докл. АН СССР. 1979. Т. 245. № 5. С. 1210-1214.

Язева Р.Г. Геохимические критерии для формационного анализа меденосных комплексов Уральской эвгеосинклинали: Препр. Свердловск. УНЦ АН СССР, 1985. 64 с.

Arculus R.J. Aspects of magma genesis in arcs // Lithos, 1994. 33. 189-208.

Bailey J.C., Frolova T.I., Burikova I.A. Mineralogy, geochemistry and petrogenesis of Kurile island-arc basalts // Contrib. Mineral. Petrol, 1989. V. 102. P. 265-280.

Spadea P., D'Antonio M., Kosarev A., Gorozhanina Y., Brown D. Arc-continent collision in the Southern Urals: Petrogenetic aspects of the Forearc-arc Complex // Mountain Building in the Uralides: Pangea to the Present. Geophysical Monograph. 2002. 132. P. 101-134.