

## ОСТРОВОДУЖНЫЙ ВУЛКАНИЗМ ЧАРСКОЙ ОФИОЛИТОВОЙ ЗОНЫ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

В.А. Симонов, И.Ю. Сафонова, С.В. Ковязин

Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru

Чарская офиолитовая зона протягивается на сотни километров с северо-запада на юго-восток через весь Восточный Казахстан. Этот регион привлекает к себе пристальное внимание исследователей в связи с тем, что здесь офиолиты находятся в тесной ассоциации с комплексами высокобарических пород (глаукофановые сланцы, эклогиты) и с палеозойскими базальтовыми сериями [Ковалев, Карякин, 1975; Полянский и др., 1979; Беляев, 1985; Добрецов, 2004; Buslov et al., 2001; и другие]. Совместно с базальтами наблюдаются кремнистые алевролиты, яшмоиды с радиоляриями и конодонтами и массивные известняки. Среди вулканогенных эффузивных комплексов Чарской зоны выделяются базальты, сформировавшиеся в палеогеодинамических обстановках срединно-океанических хребтов (N-MORB), внутриплитных океанических островов (OIB) и островных дуг [Добрецов, 2004; Buslov et al., 2001].

Во время полевых работ в 2008 году была собрана представительная коллекция базальтовых пород Чарской зоны. При обработке образцов основное внимание уделялось исследованиям условий формирования базальтовых комплексов. Учитывая то, что практически все образцы интенсивно изменены, единственным путем получения прямых данных о параметрах генетических процессов был анализ сохранившихся первичных магматогенных минералов (клинопироксен) и изучение находящихся в них расплавных включений. Включения исследовались в высокотемпературной микротермокамере с инертной средой [Соболев, Слуцкий, 1984]. Эксперименты с включениями при высоких температурах проводились согласно методическим разработкам, опубликованным ранее [Симонов, 1993; Sobolev, Danyushevsky, 1994]. Составы пироксенов и стекол гомогенизированных расплавных включений установлены на рентгеновском микроанализаторе «Camebax-micro» в Институте геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск.

Наиболее представительные данные были получены в результате исследования сложного комплекса, состоящего из микрозернистых базальтов, базальтовых порфиритов, диабазов, габбро-диабазов и мелкозернистых габброидов. Такая ассоциация наиболее вероятно формировалась в условиях небольших (первые десятки метров) близповерхностных камер, располагавшихся в базальтовых толщах под вулканическими постройками. Присутствие магматических брекчий с обломками базальтоидов подтверждает это предположение. Из всего набора пород только в случае базальтовых порфиритов удалось найти неизмененные клинопироксены с расплавными включениями.

Анализ составов клинопироксенов показал, что они соответствуют авгитам. По соотношению  $Ti - Ca+Na$  клинопироксены свидетельствуют о нормальной щелочности расплавов, из которых они кристаллизовались. На диаграмме  $Ti+Cr - Ca$  точки составов пироксенов располагаются в поле минералов из пород островных дуг, а по значениям  $Ti - Al$  они соответствуют преимущественно толеитовым сериям. Согласно соотношению  $TiO_2 - FeO$  в клинопироксенах магматические системы действовали в условиях развитой островной дуги.

Физико-химические параметры магматических процессов образования базальтовых комплексов Чарской зоны были определены с помощью анализа расплавных включений в клинопироксенах из базальтовых порфиритов. Первичные расплавные включения (размерами 5-20 и до 35 мкм) располагаются равномерно, заполняя полностью отдельные участки вкрапленников. Формы включений близки к прямоугольным, таблитчатым, часто с неровными краями. Включения многофазовые: основной объем занимают светлые кристаллические фазы + светлое стекло по краям + газовый пузырек + темная ограненная рудная фаза. Эксперименты в микротермокамере показали, что содержимое включений становится гомогенным при температурах 1150-1170°C. В большинстве случаев наблюдается снижение температур гомогенизации с ростом железистости стекол прогретых включений.

Закаленные стекла гомогенизированных включений по соотношениям  $SiO_2 - Na_2O+K_2O$  и  $SiO_2 - FeO/MgO$  соответствуют расплавам нормальной щелочности с переходными от толеитов к известково-щелочным характеристикам. Большая часть включений по содержанию

SiO<sub>2</sub> (50 - 55 мас.%) и MgO (9.5 - 6.5 мас.%) варьируют от составов оливиновых базальтов до магнезиальных андезибазальтов и бонинитов. На диаграмме TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O большинство включений располагается в области островодужных толеитов, но часть из них находится в полях известково-щелочных и бонинитовых серий. По соотношению TiO<sub>2</sub> – FeO/MgO расплавные включения находятся на тренде развитых островных дуг, но отдельные точки ассоциируют с бонинитовым трендом. Широкие вариации содержания алюминия (6.7 – 12.5 мас.%) при значениях железистости (FeO/MgO) преимущественно 1 – 1.5 определяют место включений рядом с трендом оливиновых кумулятов.

На вариационных диаграммах Харкера от всего объема включений отделяются две группы – с минимумом (50 – 51.3 мас.%) и максимумом (56.9 – 58.7 мас.%) содержания SiO<sub>2</sub>. Для первой характерны минимальные значения TiO<sub>2</sub>, FeO и повышенные Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O по сравнению с основной группой включений с SiO<sub>2</sub> 51.5 – 55.8 мас.%. Для второй устанавливаются относительно пониженные значения TiO<sub>2</sub>, FeO, MgO, CaO и повышенные Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O. В целом, для большинства расплавных включений наблюдается падение содержания TiO<sub>2</sub>, FeO, MgO, CaO и увеличение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O с ростом SiO<sub>2</sub>.

Моделирование по программе PETROLOG [Danyushevsky, 2001] на основе данных по составу расплавных включений в клинопироксенах показало, что расчетные температуры выше температур гомогенизации, что свидетельствует о присутствии воды, содержание которой может быть около 1 мас.%. При этом в ходе эволюции расплавов с ростом SiO<sub>2</sub> (51.5 – 55.6 мас.%) происходило накопление H<sub>2</sub>O от 0.2 до 1 мас.%.

На основе данных по составам расплавных включений в клинопироксенах проведены расчеты по методике [Schilling et al., 1995] параметров образования из мантийного субстрата первичных расплавов для изученных базальтовых комплексов Чарской зоны, показавшие значения температур (1350 - 1500°C) и глубин (50 - 90 км) характерные для генерации толеитовых и бонинитовых островодужных магм.

В общем, проведенные исследования расплавных включений и клинопироксенов свидетельствуют о том, что базальтовые порфириды Чарской зоны формировались при участии преимущественно толеитовых вулканогенных систем базальтового, андезибазальтового и возможно бонинитового составов в палеогеодинамических условиях древней островной дуги. Эволюция расплавов при формировании рассмотренного базальтового комплекса происходила в целом в диапазоне температур 1150-1170°C с падением титана, железа, магния, кальция и с накоплением алюминия, калия и воды.

Работа выполнена при поддержке Проекта № 1 ОНЗ-10.

### Список литературы

- Беляев С.Ю.** Тектоника Чарской зоны. Новосибирск: Изд. ИГиГ СО АН СССР. 117 с.
- Добрецов Н.Л.** Эволюция структур Урала, Казахстан, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе // Геология и геофизика, 2003. Т. 44. № 1-2. С. 5-27.
- Ковалев А.А., Карякин Ю.В.** Зайсанская складчатая система (новый взгляд на историю развития) // Современные проблемы Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1975. С. 75-85.
- Полянский Н.В., Добрецов Н.Л., Ермолов П.В.** и др. Структура и история развития Чарского офиолитового пояса // Геология и геофизика, 1979. № 5. С. 66-78.
- Симонов В.А.** Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1993. 247 с.
- Соболев А.В., Слуцкий А.Б.** Состав и условия кристаллизации исходного расплава сибирских меймечитов в связи с общей проблемой ультраосновных магм // Геология и геофизика, 1984. № 12. С. 97-110.
- Buslov M.M., Saphonova I.Yu., Watanabe T.** et al., Evolution of the Paleo-Asian ocean (Altay-Sayan region, Central Asia) and collision of possible Gondwana-derived terranes // J. Geosci., 2001. V. 5. P. 203-224.
- Danyushevsky L.V.** The effect of small amounts of H<sub>2</sub>O on crystallisation of mid-ocean ridge and backarc basin magmas // J. Volcan. Geoth. Res. 2001. V. 110. № 3-4. P. 265-280.
- Schilling J.-G., Ruppel C., Davis A.N., McCully B., Tighe S.A., Kingsley R.H., Lin J.** Thermal structure of the mantle beneath the equatorial Mid-Atlantic Ridge: Influences from the spatial

variation of dredged basalt glass compositions // J. Geophys. Res., 1995. V. 100. N B7. P. 10057-10076.

**Sobolev A.V., Danyushevsky L.V.** Petrology and Geochemistry of Boninites from the North Termination of the Tonga Trench: Constraints on the Generation Conditions of Primary High-Ca Boninite Magmas // J. Petrol. 1994. V. 35. P. 1183-1211.