

В. А. Симонов¹, Ф. Торнос², С. В. Ковязин¹

*¹ – Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск*

simonov@igm.nsc.ru

² – Институт геологии и минералогии Испании, г. Мадрид

**Особенности распределения редких, редкоземельных элементов и воды
в магматических системах, формировавших субвулканические силлы
Иберийского пиритового пояса, Испания**

В составе вулканогенно-осадочного комплекса Иберийского пиритового пояса широко распространены субвулканические массивы, отвечающие по составу дацитам и риолитам. Наиболее детально они исследованы в районе Рио Тинто-Одиель

[Boulter, 1993; Tornos et al., 2003]. Здесь кислые породы располагаются в зоне субширотного простирания длиной более 30 км и шириной 500–1000 м. Изученные нами образцы были отобраны из массивного субвулканического силла риодацитов с мелкими фенокристами кварца [Tornos et al., 2003]. В этих вкрапленниках найдены первичные расплавные включения, исследования которых позволили выяснить физико-химические параметры кислых расплавов Иберийского пиритового пояса.

Расплавные включения исследовались в высокотемпературной термокамере с инертной средой [Соболев, Слуцкий, 1984]. Эксперименты с включениями при высоких температурах проводились с учетом рекомендаций [Титов и др., 1996; Sobolev, Danuyshesky, 1994] и на основе собственного опыта [Симонов, 1993]. Составы стекол прогретых и закаленных расплавных включений установлены на рентгеновском микроанализаторе Camebax-micro в ИГМ СО РАН (г. Новосибирск). Содержания редких, редкоземельных элементов и воды в стеклах расплавных включений определены методом вторично-ионной масс-спектрометрии на ионном микроанализаторе IMS-4f в Институте микроэлектроники и информатики РАН (г. Ярославль) по методике А. В. Соболева [1996].

При нагреве в микротермокамере первичные расплавные включения размером 10–50 мкм в кварце риодацитов становятся гомогенными в диапазоне 1025–1075 °С и редко около 1100 °С. Составы стекол прогретых включений по содержанию SiO₂ изменяются от дацитов до риолитов. По соотношению суммы щелочей и SiO₂ они относятся к известково-щелочным сериям.

Изучение стекол с помощью ионного зонда свидетельствует о том, что кислые магмы Иберийского пиритового пояса обладали умеренными количествами воды (до 1.1 мас. %), сравнимыми с данными для включений в кварце порфиров колчеданного месторождения Кызыл-Таштыг, Восточная Тува (до 0.9 мас. %) [Simonov et al., 2010]. Эти значения существенно меньше содержаний H₂O в кислых расплавах колчеданных месторождений Николаевское (до 5.7 мас. %) [Симонов и др., 2013] и Юбилейное (до 4.30 мас. %) [Simonov et al., 2010] на Рудном Алтае, а также Яман-Касы на Южном Урале (до 5.2 мас. %) [Симонов и др., 2006]. Установлено накопление воды в кислых расплавах Иберийского пиритового пояса на фоне роста значений SiO₂ и снижения температуры.

Анализ на ионном зонде показал умеренные содержания меди в стеклах (до 105 г/т), что совпадает с данными по включениям в пострудных порфирах месторождения Юбилейное (до 97 г/т) [Simonov et al., 2010] и значительно меньше, чем в кислых расплавах, тесно ассоциирующих с колчеданными рудами других месторождений Рудного Алтая и Восточной Тувы (до 1000–4000 г/т) [Simonov et al., 2010]. Устанавливается прямая зависимость значений Cu от содержания H₂O в кислых расплавах Иберийского пиритового пояса.

В результате исследования стекол на ионном зонде было выяснено, что расплавы Иберийского пиритового пояса по характеру распределения РЗЭ близки к кислым вулканическим породам островных дуг. В области легких лантаноидов они совпадают с данными по включениям в кварце синрудных порфиров месторождения Юбилейное (Рудный Алтай) и по риолитам Курило-Камчатской островной дуги. Устанавливается явное отличие от кислых расплавов месторождения Яман-Касы (Урал), для которых характерны значительно меньшие содержания РЗЭ в целом. Для всех отмеченных спектров РЗЭ фиксируется отчетливый Eu минимум, свидетельствующий о дифференциации магм при фракционировании плагиоклазов.

На спайдер-диаграммах значений химических компонентов, нормированных к примитивной мантии, графики стекол включений в кварце риодацитов Иберийского пиритового пояса имеют отрицательный наклон по мере роста совместимости элементов. Эти спектры с падением от высоких содержаний мобильных крупноионных литофильных элементов (Ba, Rb, K) к немобильным (Zr, Ti, Y, Yb) хорошо согласуются с данными по островодужным дацитам и по включениям в кварце синрудных порфиров месторождения Юбилейное (Рудный Алтай). Графики включений в кварце Иберийского пояса и Рудного Алтая совпадают также и по отчетливым минимумам Nb, Sr, Ti.

В целом, исследования стекол прогретых расплавных включений в кварце из риодацитов с помощью ионного зонда показали, что кислые магматические системы Иберийского пиритового пояса содержат умеренные количества меди и воды при высоких значениях редкоземельных элементов. Сочетание этих характеристик отличает рассмотренные расплавы Испании от подобных магм на месторождениях Урала, Рудного Алтая и Тувы.

Работа выполнена при поддержке проекта совместных исследований СО РАН и УрО РАН.

Литература

Симонов В. А. Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1993. 247 с.

Симонов В. А., Ковязин С. В., Тереня Е. О. и др. Физико-химические параметры магматических и гидротермальных процессов на колчеданном месторождении Яман-Касы, Южный Урал // Геология рудных месторождений. 2006. Т. 48. № 5. С. 423–438.

Симонов В. А., Масленников В. В., Котляров А. В., Ковязин С. В. Особенности магматических систем в зонах действия палеозойских «черных курильщиков» Рудного Алтая (Северо-Восточный Казахстан) // Металлогения древних и современных океанов–2013. Рудоносность осадочных и вулканогенных комплексов. Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. С. 40–43.

Соболев А. В. Включения расплавов в минералах как источник принципиальной петрологической информации // Петрология. 1996. Т. 4. № 3. С. 228–239.

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.

Титов А. В., Владимиров А. Г., Крук Н. Н., Палесский С. В. Петрогенезис и возраст вулканитов Кызылрабатской структуры (Юго-Восточный Памир) // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 5. С. 62–72.

Boulter C. A. Comparison of Rio Tinto, Spain and Guaymas Basin, Gulf of California: an explanation of a supergiant massive sulfide deposit in an ancient sill-sediment complex // Geology. 1993. Vol. 21. P. 801–804.

Simonov V. A., Gaskov I. V., Kovyazin S. V. Physico-chemical parameters from melt inclusions for the formation of the massive sulfide deposits in the Altai–Sayan Region, Central Asia // Australian Journal of Earth Sciences. 2010. Vol. 57. P. 737–754.

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 // Journal of Petrology. 1994. Vol. 35. P. 1183–1211.

Tornos F., Simonov V., Kovyazin S. Melt inclusions in quartz from subvolcanic sills of the Iberian Pyrite Belt: Implications for magma evolution and hydrothermal alteration // Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía. 2003. Vol. 26. P. 93–105.