

ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ РЗЭ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

И МОДЕЛИ РУДООБРАЗОВАНИЯ

М.В. Борисов, Д.А. Бычкова, Н.Ф. Пчелинцева

Цель работы - реконструкция условий и механизмов жильного гидротермального рудообразования. Эталонные объекты - жильные Pb-Zn месторождения Садонского рудного района (Северная Осетия), по которым накоплена представительная база проб и образцов.

Геохимические исследования последних лет проводились на месторождении Джими. В отличие от основных месторождений района (Згид, Садон, Архон и др.), где граниты (PZ₃) представляют главный тип вмещающих пород, на этом объекте рудовмещающей средой являются метаморфиты буронской свиты (PR₃-PZ₁). Мощный блок докембрийских пород надвинут на граниты, контактируя с ними по серии пологих тектонических нарушений. Рудообразование на месторождениях района происходило в предкелловейское время (J₂), а вероятным источником рудных компонентов являлись палеозойские граниты. Впервые такой вывод был сделан на основании данных по изотопному составу Pb в галенитах руд и в калиевых полевых шпатах вмещающих пород района [1]. Этот вывод подтвержден нашими данными о закономерностях распределения рудных элементов в первичных ореолах, а также термодинамическим моделированием процессов мобилизации и рудообразования [2, 3]. При моделировании именно граниты рассматривались как основной рудогенерирующий субстрат.

Данные по распределению РЗЭ в сульфидных рудах месторождения Джими и вмещающих породах показали, что источник рудных компонентов являлся комбинированным с различными пропорциями участия докембрийских метаморфитов и палеозойских гранитов [4]. Пропорции участия пород субстрата в формировании рудоносных растворов, из которых образовались жилы, можно установить по La/Yb и Eu/Eu* в рудах. Так в рудных пробах La/Yb изменяется от 3-5.4 до 19.2 и Eu/Eu* от 0.7-1 до 0.37, а во вмещающих породах: La/Yb= 2.7-4.8 в амфиболитах, до 21.2 в гранитах (Eu/Eu*=1 и 0.29-0.32, соответственно). В этой работе были изучены 27 рудных проб (из 164 по Джими), выбранных из 12 разрезов по жилам рудных зон Бозанг и Цагарсар на уровне горизонтов штолен 47 и 49 (абс. 1640 и 1520 м).

Были проведены новые исследования разреза по жиле Центральной рудной зоны Бозанг на горизонте шт. 3 (абс. 1680 м) и получены дополнительные данные по распределению РЗЭ в породах буронской свиты. В рудных пробах сумма РЗЭ изменяется от 5 до 79 г/т. Спектры РЗЭ рудных проб можно разделить на три группы. *Первая группа* – отчетливый европиевый минимум 0.48–0.62 и высокие значения La/Yb=14-18 и Gd/Ho=3.8. Высокие значения La/Yb и Gd/Ho характерны для палеозойских гранитов (La/Yb=21, Gd/Ho=3.5). Можно предположить, что формирование данных интервалов жилы происходит при участии гидротермальных растворов, получивших нагрузку РЗЭ при взаимодействии с палеозойскими гранитами. *Вторая группа* – «размытый» Eu-минимум (термин введен для обозначения общего минимума по Eu и

Gd). Для спектров этой группы характерны низкие $La/Yb=1.7-3.4$ и рост доли тяжелых РЗЭ ($LREE/HREE=2.7-4.3$, а в первой группе до 20). Подобные спектры для руд Джими ранее не отмечались [4]. Сопоставление спектров проб этой группы с амфиболитами показывает их корреляцию по наличию минимума по Gd, а также по низким значениям $La/Yb=2-5$. Вероятно, что вещественный состав проб этой группы образован из растворов, прошедших через взаимодействие с метаморфитами основного состава и палеозойским гранитом, а для последнего характерен яркий минимум по Eu. Доля пород основного состава, вероятно, была достаточно велика. Третья группа – спецификой этих проб является максимум по европию – $Eu/Eu^*=1.1-1.6$. Eu-максимум отмечен и в новых пробах амфиболитов ($Eu/Eu^*=1.6$). Однако по La/Yb рудные пробы значимо отличны от метаморфитов основного состава (8-13 в рудах и 2-5 в амфиболитах). Вероятно, что источником РЗЭ для этих рудных интервалов могут быть метаморфиты основного (обеспечивают максимум по Eu) и кислого состава (задают основной вид спектра, но не подавляют максимум по Eu). В околожильных породах сумма РЗЭ изменяется от 151 до 200 г/т (5 проб на удалении от жилы 20-180 см). Спектры РЗЭ этих пород идентичны спектрам метаморфитов кислого состава и отличны от рудных проб. Полученные данные показывают, что источник рудного вещества на Джими эволюционирует и является комбинированным, включая породы субстрата различного состава. Вероятно, что на ранних этапах развития гидротермальной системы основным источником РЗЭ и рудных компонентов являлись палеозойские граниты, а на последующих - большую роль играют докембрийские метаморфиты. Эти данные послужили основой построения и исследования новых термодинамических моделей жильного рудообразования.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ, грант №17-05-00244.

Литература

1. Тугаринов А.И., Бибилова Е.В. и др. Применение свинцово-изотопного метода исследования для решения вопросов о генезисе свинцовых месторождений Северо-Кавказской рудной провинции // Геохимия, 1975, № 8, 1156-1163.
2. Борисов М.В. Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. М.: Научный мир, 2000. 360 с.
3. Борисов М.В., Бычков Д.А., Шваров Ю.В. Геохимические структуры полиметаллических жил выполнения и параметры гидротермального рудообразования// Геохимия, 2006, №11, 1218-1239.
4. Борисов М.В., Волкова М.М., Бычков Д.А. Оценка источника вещества полиметаллических жил Джимидонского месторождения (Северная Осетия, Россия) на основе распределения редкоземельных элементов в рудах и вмещающих породах// Геохимия, 2016, №4, 371-388.