

СУЛЬФИДНАЯ СЕРА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И Pb-ZN ЖИЛЬНОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

Волкова Мария Михайловна

Геологический ф-т МГУ, Москва, borisov@geol.msu.ru

Одним из источников металлов и сульфидной серы, который может полностью обеспечить процессы гидротермального рудообразования, являются породы вмещающие месторождения. Фоновые содержания рудообразующих компонентов в реальных породах могут отличаться от кларковых для данного типа пород как в сторону некоторого увеличения, так уменьшения [1]. В настоящей работе методами термодинамического моделирования на ЭВМ исследовано влияние различных фоновых содержаний сульфидной (пиритной) серы во вмещающих породах на эффективность процессов жильного полиметаллического рудообразования (пакет программ HCh [5, 6], система H-O-K-Na-Ca-Mg-Al-Si-Fe-C-Cl-S-Zn-Pb-Cu). Свинцово-цинковые месторождения Садонского рудного района (Северная Осетия, Россия) выбраны в качестве эталонных объектов. Вероятным источником рудных компонентов для этих месторождений являлись палеозойские граниты садонского типа [2-4], которые вмещают основную часть рудных тел района, сформированных в предкелловейское время средней юры.

Структура моделей: область мобилизации – реакция гранита садонского типа, содержащего повышенные фоновые количества Zn, Pb и кларковые Cu, с 40 порциями безрудного раствора (1 m NaCl, 0.5 m H₂CO₃, 0.1 m HCl, 1 кг H₂O) при 420°C и 1 кбар; область жильного рудообразования – 31 реактор при понижении температуры от 400 до 100°C с шагом 10°C при 1 кбар. Жилу формирует рудоносный раствор из области мобилизации (40 последовательных волн). Отложение вещества в жиле описано слоевым механизмом (из каждой порции раствора образуются минералы, которые не вступают в реакцию с последующими порциями раствора, т.е. создаются как бы отдельные, нарастающие слои) [2].

Выполнены расчеты и исследованы область мобилизации и рудообразования для 6 стартовых точек, которые различаются только исходными содержаниями серы в граните: 0.02, 0.04, 0.05, 0.06, 0.08 и 0.1% для каждой модели соответственно. Сульфидная сера задается введением различных количеств пирита в неизменный гранит. Содержание S=0.05% обычно принимается нами как фоновое во всех предшествующих моделях [2, 3].

На рис. 1 представлены графики изменения валовых содержаний сульфидов по восстанию модельной жилы на определенный момент времени (15 волна) при исходном содержании серы в граните равном 0.02 и 0.08% (на графиках не показан кварц, содержания которого дополняют общую сумму минералов до 100%). Отчетливо видно, что с ростом в граните содержания

сульфидной серы в модельной жиле значительно увеличивается отложение пирита (до 64%), локализуется по восстанию жилы область отложения сфалерита (240-100°C вместо 350-100°C), область отложения пирротина смещается в высокотемпературный (нижний) интервал жилы. При содержании серы равном 0.02% сфалерит является преобладающим сульфидом на интервале от 250 до 100°C (максимальное количество достигается на 8 волне при 160°C и составляет 43%), а при 0.08% - только на интервале 140-100°C (максимум на 21 волне при 170°C составляет 27%). Аналогичная тенденция на уровне более низких количеств характерна и для галенита (от 9.7 до 8.5 %).

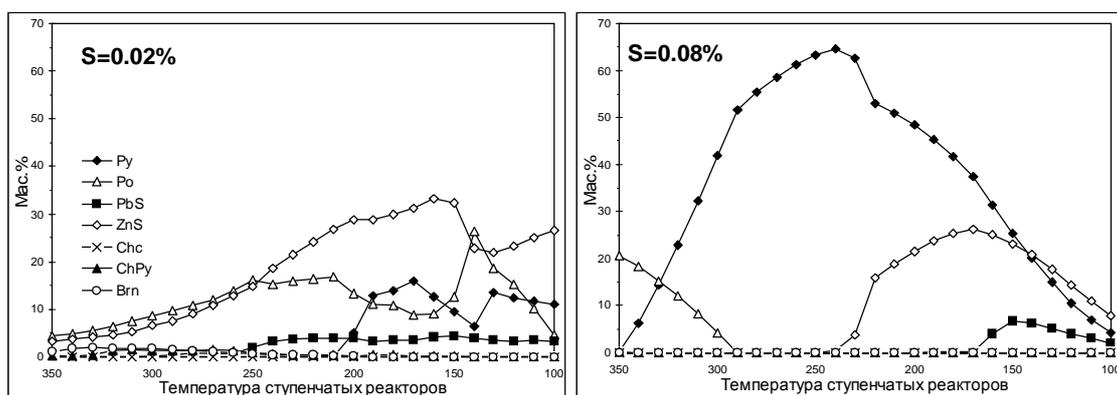


Рис. 1. Валовые содержания минералов по восстанию жилы (от высоких температур к низким) на 15 волне для моделей с начальными условиями 420°C, 1 кбар и содержаниями серы в исходной породе 0.02 и 0.08%. Обозначения минералов: Py - пирит, Po - пирротин, PbS - галенит, ZnS - сфалерит, Chc - халькозин, ChPy - халькопирит, Brn - борнит.

На рис. 2 показано изменение общих количественных соотношений между сульфидами в зависимости от содержания серы в граните. На этом графике по оси ординат отложены мольные количества сульфидов, которые образовались в модельной жиле при всех температурах (от 400 до 100°C) из 40 порций (волн) рудоносного раствора из области мобилизации. Количество рудных сульфидов при этом изменяется незначительно: ZnS от 87 до 95% (отложение оценено относительно общего количества металла выщелоченного из области мобилизации), PbS от 72 до 75%, минералы меди – почти 100%. При этом количество пирита увеличивается более чем в 20 раз, а отложение пирротина проходит через максимум (при 0.05% серы).

Для всех моделей рудообразования определена эффективность отложения металлов и сульфидной серы в модельных жилах по интервалам температур (рис. 3). При низких содержаниях серы в граните (0.02%) максимальное отложение сульфидов железа в жиле приходится на интервал 200-150°C. При высоких содержаниях (0.08%) - на интервал 300-200°C. Больше суммарное отложение сфалерита и галенита на интервале температур от 250 до 150°C

отмечается для систем с большим содержанием сульфидной серы во вмещающих породах.

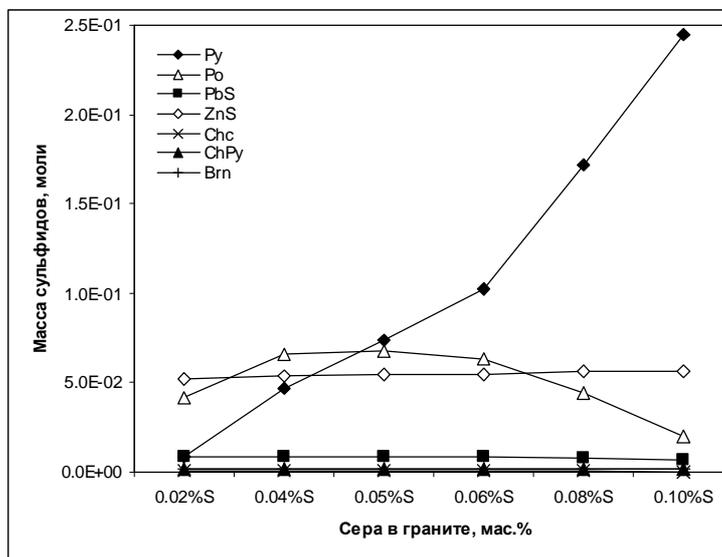


Рис. 2. Общая масса сульфидов, отложенных в модельной жиле по всем температурам (400-100°C) и волнам (0-40 волны), в зависимости от содержания S в исходном граните.

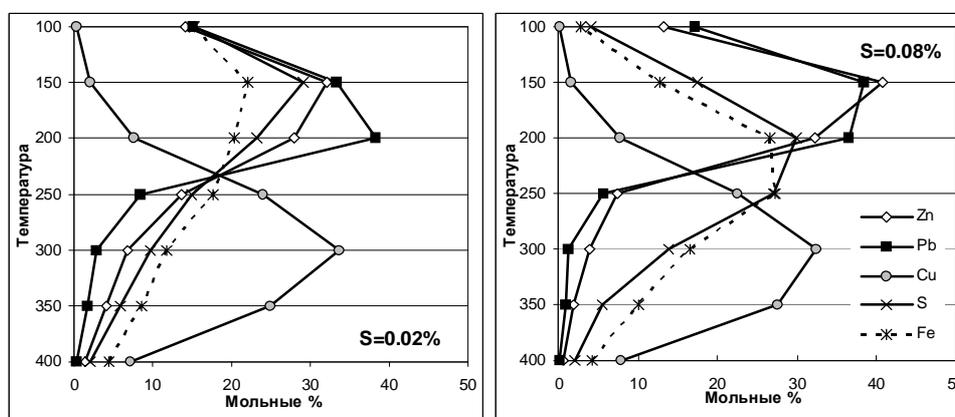


Рис. 3. Отложение Zn, Pb, Cu, S, Fe (мол.% от общего количества отложенного элемента) по интервалам температур по восстанию модельных жил.

Выводы.

1) Уменьшение содержания сульфидной серы в гранитах ниже кларковых (ниже 0.4-0.5%) значений приводит к формированию за счет мобилизации из гранитов более богатых сфалеритовых руд, в которых количество сфалерита преобладает или сопоставимо с суммой пирита и пирротина.

2) Рост содержания сульфидной серы в граните приводит к резкому увеличению количества пирита в полиметаллических жилах и смещению

области преимущественного отложения пирротина в область более высоких температур (нижние интервалы жил).

Работа выполняется при финансовой поддержке гранта РФФИ 08-05-00306 (руководитель - профессор М.В.Борисов).

Литература:

1. Барсуков Викт.Л., Соколова Н.Т., Иваницкий О.М. Металлы, мышьяк и сера в гранитах Ауэ и Айбенштока (Рудные горы) // Геохимия. 2006. № 9. С. 967-982.
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. С. 1218-1239.
4. Тугаринов А.И., Бибикова Е.В., Грачева Т.В. и др. Применение свинцово-изотопного метода исследования для решения вопросов о генезисе свинцовых месторождений Северо-Кавказской рудной провинции // Геохимия. 1975. № 8. С. 1156-1163.
5. Шваров Ю.В. Алгоритмизация численного равновесного моделирования динамических геохимических процессов // Геохимия. 1999. № 6. С. 646-652.
6. Шваров Ю.В. NCh: новые возможности термодинамического моделирования геохимических систем, предоставляемые Windows// Геохимия, 2008, № 8, 898-903.

ПРИМЕНЕНИЕ ЯКР-СПЕКТРОСКОПИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИДОВ: ФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Гайнов Рамиль Рашитович

Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина,

ramil.gainov@ksu.ru

Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР) – один из радиоспектроскопических методов исследования локальной электронной структуры и внутренней динамики в твердых телах, в частности, минералах [10]. Этот метод нашел достаточно широкое применение в различных отраслях науки и промышленности, поскольку спектроскопические и релаксационные параметры, получаемые с его помощью, чувствительны даже к самым небольшим изменениям в строении сложных кристаллических соединений и позволяют получать уникальную информацию о локальных свойствах материалов в микро и наноскопических масштабах. В частности, ЯКР-спектроскопия лежит в основе современных датчиков взрывчатых веществ [11] и