

РАВНОВЕСНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВА СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ ЖИЛ НА КАРБОНАТНОМ БАРЬЕРЕ

М.В. Борисов, Д.А. Бычков, Ю.В. Шваров, Т.Н. Лубкова

В Садонском горнорудном районе (Северная Осетия, Россия) при поисковых работах на поверхности Джимидонского рудного поля ОАО «Севосгеологоразведка» были выявлены новые для Горной Осетии полиметаллические рудопроявления в карбонатных породах верхней юры. Формирование всех жильных Pb-Zn месторождений района происходило в предкелловейское время J_2 [3]. Можно предположить, что в позднеюрское или меловое время произошла повторная тектоническая активизация системы, при которой рудная нагрузка низкотемпературных (100-150°C) гидротермальных растворов формировалась за счет взаимодействия с веществом ранее образованных рудных жил. Примером таких объектов является рудопроявление Урсдон, лежащее на продолжении рудоконтролирующих разломов рудной зоны Бозанг (месторождение Джими), но на удалении в несколько км. В настоящей работе исследованы равновесно-динамические модели переотложения вещества рудных тел на карбонатном барьере в постгидротермальных процессах (пакет программ HCh [4], система H-O-K-Na-Ca-Mg-Al-Si-Fe-C-Cl-S-Zn-Pb-Cu,).

Расчеты проведены для многих вариантов двух типов моделей. Менялось число проточных реакторов, составы руд и первичных растворов, отношения руда/раствор, T и P.

Модель 1 типа - двухреакторная: 0 реактор – вещество рудной жилы, с которым реагирует безрудный раствор (1 м NaCl, 0.5 м H_2CO_3 , 1 кг H_2O); 1 реактор – кальцит, с которым вступает в реакцию с рудоносным раствором из нулевого реактора. Состав руды: кварц, пирит, сфалерит, галенит, халькопирит в различных соотношениях. Через реакторы проходит до 20-50 волн раствора, а каждая следующая порция рудоносного раствора реагирует со всем веществом предшествующей волны.

Если в реакторах одинаковые T и P: например, 100°C и 1000 бар. Рудоносный раствор имеет следующие характеристики: pH=3.1, Eh до -0.1 в, концентрации Fe до $8.7 \cdot 10^{-7}$ м, Zn= $5.7 \cdot 10^{-5}$ м, Pb= $4 \cdot 10^{-6}$ м, Si= $1.1 \cdot 10^{-3}$ м, Cu= $1.8 \cdot 10^{-7}$ м, S(II)= $6.2 \cdot 10^{-5}$ м (для растворов: м – молярная концентрация; для твердых фаз: м – количество молей). При взаимодействии такого раствора с кальцитом происходит постепенное его растворение, pH повышается до 4.9-5, Eh снижается до -0.24 в, концентрации компонентов падают Fe= $3.8 \cdot 10^{-8}$ м, Zn= $9.5 \cdot 10^{-7}$ м, Pb= $6.5 \cdot 10^{-8}$ м, Cu= $2.5 \cdot 10^{-8}$ м, S(II)= $1.9 \cdot 10^{-6}$ м. Отлагаются (из 20 порций раствора): ZnS до $1 \cdot 10^{-3}$ м, PbS до $8 \cdot 10^{-5}$ м, сульфиды меди до $1 \cdot 10^{-6}$ м, кварц до $1.5 \cdot 10^{-5}$ м. Пирит не отлагается.

Положительный результат - отложение ZnS и PbS. Однако кварца отлагается значительно меньше, а пирита вообще нет. Для рудопроявления Урсдон характерна высокая степень окварцевания карбонатных пород (Si до 17 мас.%) и пиритизация (Fe до 6%), которая

проявляется на обнажении развитием зоны лимонитизации. Таким образом, рассмотренный вариант модели не соответствует данным по реальному объекту. Понижение T до 90°C в реакторе с карбонатом приводит к отложению близких количеств сульфидов и усилению окварцевания (до $4\text{e-}3 \text{ m}$), но пиритизации нет. Однако если уменьшить отношение руда/вода в нулевом реакторе, то можно получить незначительную пиритизацию (P_{py} до $4\text{e-}8 \text{ m}$) на фронте растворения кальцита.

Модель 2 типа – многореакторная: 0 реактор – вещество рудной жилы (T_0, P_0); 1-5 реакторы – пустое трещинное пространство, в котором при понижении T возможно отложение вещества (от $T_1\text{-}P_1$ до $T_5\text{-}P_5$); 6-8 реакторы – кальцит (массой 20, 50 и 100 г) с $T\text{-}P$, отвечающими аналогичным в трещинах. Отложение вещества в трещинах описано слоевым механизмом [1], т.е. из каждой порции рудоносного раствора отлагается отдельный слой минералов, а равновесный с ними раствор поступает в следующий реактор с понижением T и реагирует с кальцитом при той же температуре.

Рассмотрим результаты расчетов по модели 2 типа, когда T при реакции с рудой составляет 150°C , в пустых реакторах постепенно понижается от 140 до 100°C (шаг 10°C), кальцит реагирует с раствором из трещинного канала. Повышение температуры при реакции с рудой приводит к росту концентраций $\text{Fe}=2\text{e-}6 \text{ m}$, $\text{Zn}=1.7\text{e-}4 \text{ m}$, $\text{Pb}=1.8\text{e-}5 \text{ m}$, $\text{Si}=2.5\text{e-}3 \text{ m}$, $\text{Cu}=1.4\text{e-}6 \text{ m}$, $\text{S(II)}=1.9\text{e-}4 \text{ m}$ ($\text{pH}=3.3$, $E_h=-0.13 \text{ в}$).

Главное, что удалось получить – это отложение пирита (до $9\text{e-}6 \text{ m}$) в трещинах и при реакции с кальцитом. Эффективность отложения пирита можно усилить, если уменьшить отношение руда/вода в нулевом реакторе. Таким образом, можно считать установленным, что в модели второго типа удастся получить минерализацию сопоставимую с наблюдаемой на рудопроявлении Урсдон. Интенсивное окварцевание и пиритизация проходят по системе трещин и микротрещин, в карбонатных породах, при снижении температуры. Пиритизация происходит и при реакции с кальцитом в пористом пространстве вмещающих пород, но при условии полного растворения карбонатов.

Литература

1. Борисов М.В., Бычков Д.А., Шваров Ю.В. Геохимические структуры полиметаллических жил выполнения и параметры гидротермального рудообразования // Геохимия. 2006. №11. С. 1218-1239.
2. Некрасов Е.М. Структурные условия локализации жильных свинцово-цинковых месторождений. М.: Недра, 1980. 255 с.
3. Шваров Ю.В. HCh: новые возможности термодинамического моделирования геохимических процессов, предоставляемые Windows // Геохимия. 2008. № 8. С. 898–903.