

УДК 553.065+553.25+553.43/470.5/

ГЕОЛОГИЯ

А. Г. ЖАБИН

## РЕАКЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РУДОНОСНЫХ (Cu + Zn) ГИДРОТЕРМ С ТЕЛАМИ ПИРИТИТОВ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 29 III 1973)

Цинково-медно-колчеданные месторождения Уральской палеозойской эвгеосинклинальной провинции отличаются большими объемами вулканогенных пирититов \*.

Контуры рудных тел совпадают с контурами ранее возникших вулканогенных пирититов (первый этап), внутри которых позже кристаллизуются промышленные генерации сульфидов меди и цинка (второй, собственно рудный, этап) (<sup>1-3</sup>, <sup>5</sup>, <sup>6</sup>, <sup>12</sup>, <sup>13</sup>). Другой характерной особенностью уральских колчеданных месторождений является отсутствие самостоятельных — вне контуров пирититовых тел и зон вкрапленности пирита — сколько-нибудь значительных проявлений халькопирита и сфалерита.

Эти и приводимые ниже данные заставляют вернуться к обсуждению представлений Д. П. Григорьева (<sup>5</sup>, <sup>6</sup>) и Е. К. Лазаренко (<sup>9</sup>) о привносе в рудный этап лишь меди и цинка в малосернистых или бессернистых растворах, разгружавшихся на пирититах. Подразумевалось, что рудное колчеданное месторождение в «законченном» виде формируется в том случае, если пирититовые тела окажутся в створе фильтрации последующих металлоносных (Cu+Zn) гидротерм, ассимилирующих протопиритовую серу.

Точка зрения Д. П. Григорьева и Е. К. Лазаренко была основательно подчеркнута Т. Лаврингом (<sup>8</sup>) и В. И. Смирновым (<sup>11-13</sup>). Отметим несколько общих дополнительных фактов и вытекающих из них следствий.

1. В местах встречи металлоносных (Cu+Zn) гидротерм с телами пирититов есть следы их интенсивного предрудного кислотного выщелачивания \*\*. Оно сопровождается растворением протопирита, его перекристаллизацией с укрупнением зерна, исчезновением микрizonaльности внутри индивидов и появлением регенерированных индивидов с новым набором примесей. В пиритовых агрегатах возникает густая объемная система сообщающихся микро- и макропустоток, обрамленных пиритовыми друзами перекристаллизации. Эти явления непосредственно предшествуют отложению халькопирита и сфалерита.

Принципиальная последовательность событий такова: пирититы (без рудный этап в отношении Cu+Zn) → их предрудное кислотное выщелачивание → отложение в однотипном порядке промышленных генераций сульфидов (халькопирит → сфалерит → галенит + барит). Явление предрудного выщелачивания демонстрирует резкую неравновесность протопирита с гидротермами рудного этапа и служит объективным основанием для выделения двух этапов сульфидоотложения. Фрагментарные признаки предрудного выщелачивания пирититов известны давно, и сведения о них есть во многих работах, но в целом это явление не названо, и ему до сих пор не было дано объяснение.

2. Направление фильтрации гидротерм с Cu и Zn может составлять разный угол  $\alpha$  с плоскостью пирититовых коллекторов. Если  $\alpha \approx 0^\circ$ , т. е. гидротермы фильтруются параллельно пиритовым телам, то зона предруд-

\* Термином «пирититы» мы называем анхипономинеральные пиритовые (с кварцем, серицитом и карбонатами) горные породы любого генезиса.

\*\* А. М. Масалович (<sup>10</sup>) экспериментально показал, что максимальной растворимостью пирит обладает в кислых растворах, а кристаллизуется при понижении кислотности.

ного выщелачивания возникает в их нижних корневых частях. Если же  $\alpha \approx 30-90^\circ$ , то зона предрудного выщелачивания будет локализована в лежащем боку крутонаклонных или пологих залежей. Именно поэтому в крутопадающих пирититовых телах направление (вектор) зонального осаждения металлов ( $\text{Cu} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Pb} + \text{Ba}$ ) ориентировано продольно по их восстанию, а в пологозалегающих телах — поперечно, от лежащего бока к висящему (см. рис. 1).

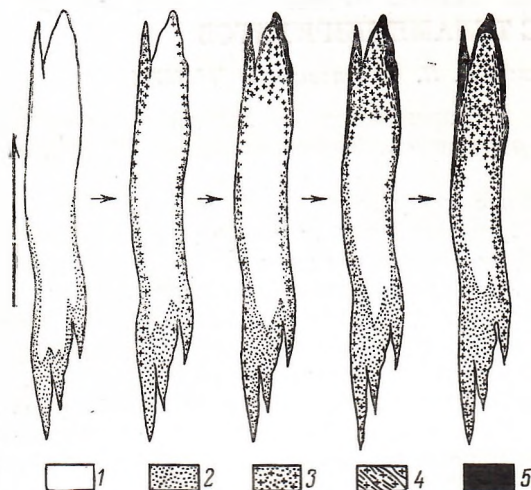


Рис. 1. Принципиальная последовательность возникновения зональности в крутопадающем протопиритовом теле при продольном обтекании его рудотранспортирующими гидротермами. 1 — пирититы, 2 — пирититы со следами предрудного выщелачивания, 3 — пирититы с порами, частично или полностью заполненными халькопиритом, 4 — пирититы с метасоматически осевшими халькопиритом и сфалеритом, 5 — пирититы с обилием сфалерита. Вертикальная стрелка соответствует направлению движения металлоносных гидротерм

3. Вдоль направления (вектора) фильтрации разрастается снизу вверх хорошо известная зональная колонка осаждения рудных минералов на пирититовом субстрате ( $\text{CuFeS}_2 \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{PbS} + \text{BaSO}_4$ ), а безрудная зона предрудного выщелачивания всегда занимает в этой колонке тыловое положение. Эта особенность объясняет локализацию серноколчеданных руд в корневых частях крутопадающих тел (например, Красногвардейское, Новолевинское, Заводское, Гай, Кабан V, Новошайтанское, Пьянка-Ломовское, Султановское и др.) или в лежащем боку пологозалегающих. За контурами пирититовых тел может в редких случаях находиться лишь экзотическая в Уральской провинции галенит-баритовая ассоциация.

4. Текстурные рисунки, характеризующие формы фиксации рудных сульфидов в объеме пирититовых тел, различны и эволюционируют при переходе от тыловых к фронтальным частям зональной колонки оруденения. В серноколчеданной зоне, соответствующей месту вхождения рудоносных гидротерм внутрь пирититового тела, пустотки растворения обычно заполнены кварцем, ангидритом и карбонатами. Далее вдоль вектора зональности в этих пустотках кристаллизуются вначале небольшие количества халькопирита, затем к халькопириту прибавляется сфалерит. В следующих зонах колонки рудоотложения халькопирит и сфалерит фиксируются не путем заполнения пустоток предрудного выщелачивания, а путем замещения протопирита, которое становится все более и более масштабным. В этих участках особенно очевидна неравновесность протопирита с халькопиритом и сфалеритом. Именно здесь появляется наибольшее количество порфиробластов регенерированного пирита, уже равновесного с находящимися здесь халькопиритом и сфалеритом. Появление регенерированного пирита обусловлено мобилизацией компонента  $\text{FeS}_2$  при любых вариантах привноса S, Fe, Cu, Zn во время замещения протопирита.

5. Помимо геофизико-химических коллекторских свойств в отношении Cu, Zn, Pb (?) пирититы обладают и текстурными коллекторскими свойствами, которые благоприятствуют проникновению рудоносных гидротерм во весь объем пирититового тела и их реакции с огромной поверхностью дисульфида железа. Такие текстуры возникают во время предрудного выще-



лачивания, когда пористость пирититов резко возрастает и появляются объемные системы сообщающихся гидротермокарстовых пустот. Их преобладающий размер 0,05–0,15 мм, но в штуфах нередко наблюдаются более крупные, 0,2–1,3 мм. На Сибее и Гае в корневой безрудной зоне пирититов наблюдались пустоты выщелачивания диаметром до 12–22 мм. Благоприят-

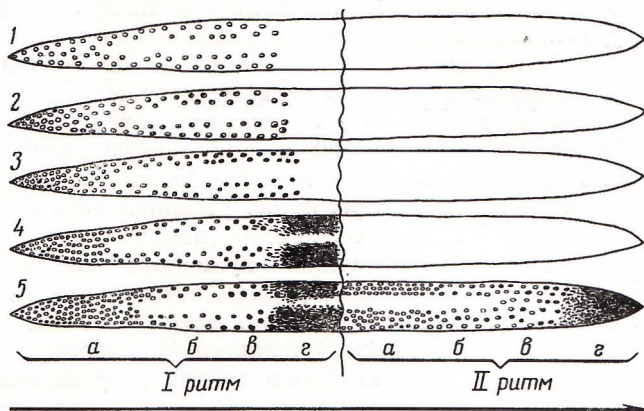


Рис. 2. Принципиальная схема возникновения ритмичной зональности в пирититовом рудном теле при продольной фильтрации рудотransпортирующего потока. 1–5 – последовательность событий во времени; а – тыловая зона выщелачивания пирититов; б – зона осаждения халькопирита в пустотках выщелачивания; в – зона осаждения халькопирита и сфалерита в пустотках выщелачивания; г – метасоматические – по протопириту халькопирито-сфалеритовые руды. Стрелка показывает направление фильтрации рудотransпортирующего (Cu+Zn) потока

ные коллекторские текстуры пирититов возникают также при предрудном динамометаморфизме, сопровождающемся их катаклазом, дроблением, брекчированием. В подобных гидротермокарстовых и брекчиевых коллекторах появляется возможность объемной реакции металлоносного раствора с пирититовым телом. Сам период брекчирования обуславливает резкие перепады давления в гидротермальном потоке, что также благоприятствует объемной разгрузке гидротерм. Этим можно объяснить увеличение количества сульфидов цветных металлов и их средних содержаний относительно некоторого условного объема протопирититов. Подобным брекчированием мы склонны объяснить высокие средние содержания меди, цинка и пропитывание рудными минералами всего объема пирититового тела, как это имеет место в Учалах, месторождении им. XIX Партсъезда и в Межозерном.

6. В Уральской провинции известны примеры «незаконченных» колчеданных объектов, в которых пирититовые тела не сопровождаются халькопирито-сфалеритовым промышленным оруденением: Калатинское, Северный рудник, Андреевское, Айвинское, Зюзельское, Куль-Юрт-тау и др.

7. В рудных полях уральских колчеданных месторождений описаны дорудные, внутрирудные и послерудные разрывные структуры, т. е. здесь были в избытке условия, позволявшие гидротермам рудного этапа покидать контуры пирититовых тел. Это безусловно имело место, но тем не менее самостоятельных – вне пирититовой основы – халькопирито-сфалеритовых рудных тел нет. Этот факт может иметь лишь одно логически выдержанное толкование: металлоносные гидротермы способны разгружаться от Cu и Zn лишь при взаимодействии с телами пирититов. Это принципиальный аргумент в пользу несульфидного транспорта меди и цинка в рудный этап. Аналогичный вывод сделан и для Алтая <sup>(4)</sup>.

8. Ритмичная зональность рудоотложения на пирититовом субстрате возникает в случае его большого размера в направлении вектора фильтрации рудоносного раствора. Проявление ритмичности в этом случае обуслов-

лено чередованием в направлении фильтрации двух или более циклов, каждый из которых характеризуется следующей последовательностью событий: предрудное выщелачивание пиритов → ассимиляция серы → осаждение сульфидов меди, цинка и свинца в известном порядке (см. рис. 2).

9. Рудоносные бессернистые гидротермы ассимилируют протопиритовую серу, и после этого ход рудоотложения принципиально ничем не отличается от рудоотложения из первично-сульфидоносного потока. Именно это обстоятельство и обуславливает большое сходство многих сульфидных месторождений в отношении порядка сульфидоотложения и состава руд.

10. Двухэтапность оруденения в Уральских колчеданных месторождениях может быть отражением нормальной последовательности событий в эвгеосинклинали. Здесь мы имеем парагенезис базальтоидного вулканизма, его контрастно расщепленных продуктов, регионального вулканогенного метасоматоза (пропилитизации), сольфатар (пиритовый этап) и последующих щелочно-хлоридно-карбонатных вулканогенных металлоносных (Cu+Zn+Pb) гидротерм (собственно рудный этап образования колчеданных месторождений). Эволюция вулканогенных эксгалиций (сернистые → щелочно-галоидные → углекислые) является универсальной <sup>(8)</sup>: она проявляется в деятельности одиночного вулкана, вулканического поля, провинции и эвгеосинклинали в целом. Это значит, что двухэтапность сульфидоотложения также является универсальной особенностью, и мы способны наблюдать ее во всех объектах, но интервалы времени между этими этапами могут сильно отличаться в ряду вулкан → вулканическое поле → эвгеосинклиналь. Например, оба этапа сульфидоотложения, формирующие «завершенное» цинково-медноколчеданное месторождение, на Сибасе имели место в верхнем эйфеле (D<sub>2e</sub>), т. е. в интервале не более 5–8 млн лет, тогда как медноколчеданные месторождения Ащевутакского <sup>(1)</sup> и Теренсайского <sup>(3)</sup> районов на Южном Урале образовались в среднем девоне, а их полиметаллические руды — в верхнем девоне или нижнем карбоне, т. е. в интервале 20–30 млн лет.

11. Сольфатарная вулканическая деятельность (пиритовые тела) проявлена в эвгеосинклинальных вулканитах локально. Потоки же щелочно-хлоридно-карбонатных рудоносных гидротерм имели несоизмеримо больший ореол миграции. Именно поэтому ранее возникшие пиритовые тела лишь в редких случаях оставались безрудными (см. пункт 6).

Среди всей совокупности сульфидных полиметаллических месторождений <sup>(12, 13)</sup>, часто объединяемых синтетическим термином «колчеданные», предлагается различать две группы: а) гомогенные колчеданные месторождения, формировавшиеся из единого изначально серо-металлоносного гидротермального потока в виде непрерывной колонки продуктов вдоль вектора его движения, и б) гетерогенные колчеданные месторождения, представляющие собой сочетание пиритовых тел разного генезиса с аккумулярованными на них цветными металлами из гидротермальных несульфидных потоков также любого генезиса.

Институт минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов  
Москва

Поступило  
26 III 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. В. Авдонин, Изв. высш. учебн. завед., геол. и разведка, № 2 (1970). <sup>2</sup> А. А. Амирасланов, Пробл. сов. геол., т. 3, № 7 (1934). <sup>3</sup> В. И. Воробьев, Г. К. Воробьева, В сборн. Геология и полезн. ископ. Урала, ч. 2, Свердловск, 1969. <sup>4</sup> Д. И. Горжеевский, Минералогич. сборн. Львовск. геол. общ., № 14 (1960). <sup>5</sup> Д. П. Григорьев, Зап. Всесоюз. минералогич. общ., в. 1 (1948). <sup>6</sup> Д. П. Григорьев, Там же, в. 1 (1949). <sup>7</sup> Г. И. Князев, В. И. Красников, Р. С. Сейфуллин, В сборн. Вопросы рудоносн. Вост. Забайкалья, 1967. <sup>8</sup> Т. С. Лавринг, В сборн. Физ.-хим. проблемы формирования горных пород и руд, т. 1, Изд. АН СССР, 1961. <sup>9</sup> Е. К. Лазаренко, Минералогия медно-цинковых месторождений Среднего Урала, Львов, 1947. <sup>10</sup> А. М. Масалович. В сборн. Минералогия и минералогическая кристаллография, Свердловск, 1971. <sup>11</sup> В. И. Смирнов, В сборн. Проблемы металлогении и магматизма Кавказа, «Наука», 1970. <sup>12</sup> В. И. Смирнов, Геол. рудн. месторожд., № 6 (1970). <sup>13</sup> В. И. Смирнов, В кн. Генезис эндогенных рудных месторожд., М., 1968.