

А. И. КРИВЦОВ

О МЕТАМОРФИЗМЕ ЮЖНОУРАЛЬСКИХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 5 IV 1973)

Из числа факторов, определяющих современный облик колчеданных месторождений Южного Урала (по А. Н. Заварицкому⁽⁵⁾ — слабо преобразованных), до настоящего времени остается недостаточно проанализированным воздействие послерудных регионально-метаморфических процессов.

Выполненные в последние годы на Южном Урале специализированные работы позволили подойти к установлению положения колчеданообразования в истории метаморфизма и метасоматизма. Подавляющим большинством исследователей отложение колчеданных руд связывается с процессами типогенного выщелачивания, которым предшествует локальная пропицитизация, проявленная на фоне предшествующих региональных зеленокаменных преобразований^(6, 8, 9). В качестве послерудных регионально-метаморфических преобразований в колчеданосных районах Южного Урала выделяются изменения в условиях пренит-пумпеллиитовой и (более редкой) цеолитовой фаций метаморфизма, рассматриваемых как «метаморфизм погружения»^(2, 6, 8, 11, 13).

Исследованиями А. А. Маракушева⁽¹²⁾ и Л. П. Гуревич⁽⁴⁾ уточнены P — T -границы ряда минеральных парагенезисов, в том числе и отвечающих пренит-пумпеллиитовой и цеолитовой фациям, что с учетом результатов изучения метаморфизма в колчеданосных районах Южного Урала дает возможность подойти к оценке значений температур и давлений, действовавших на колчеданные руды после их отложения.

Сравнение результатов изучения метаморфических преобразований вулканогенных толщ Медногорского⁽⁶⁾, Бурибайского⁽⁸⁾ и Баймакского⁽¹³⁾ районов показывает, что в пумпеллиитсодержащих минеральных ассоциациях нередко присутствуют такие минералы зеленокаменно измененных пород, как эпидот, актинолит, альбит и реликтовый клинопироксен, а сосуществование пумпеллиита и пренита обычно для значительных площадей. Вместе с тем, на некоторых участках пренит входит в цеолитсодержащие парагенезисы, а цеолиты развиваются по зеленокаменным породам. Эти данные и анализ диаграммы (рис. 1) позволяют считать, что условия преобразования южноуральских колчеданных руд после их отложения отвечают области, определяемой значениями P_s от 0,5 до 2 (а возможно, и более) кбар и T от 200 до 450—470°. Справедливость этого заключения, естественно, зависит от достоверности определений условий развития соответствующих минеральных парагенезисов.

Максимальная из известных на Южном Урале мощность вулканогенных пород, охваченных метаморфизмом в условиях пренит-пумпеллиитовой фации, составляет около 2,5 км. С учетом реконструкции разрезов на время завершения регионально-метаморфических преобразований это значение должно быть увеличено по крайней мере до 5 км. Близкие и большие величины вертикального размаха пренит-пумпеллиитовой фации известны в других геосинклинальных зонах⁽²¹⁾. Таким образом, геологические результаты не противоречат принятию указанных выше значений P и T при по-

вышенном температурном градиенте, характерном для вулканических областей.

Подавляющее большинство из известных на Южном Урале колчеданных месторождений испытало воздействие метаморфизма в условиях пренит-пумпеллиитовой фации (^{8, 9, 13, 14}), за исключением Блявинского, в рудном поле которого сохраняются цеолиты (⁸). Низкий уровень метаморфизма руд этого месторождения, отмеченный еще А. Н. Заварицким (⁵), выражается, в частности, в широком развитии марказита. Для пос-

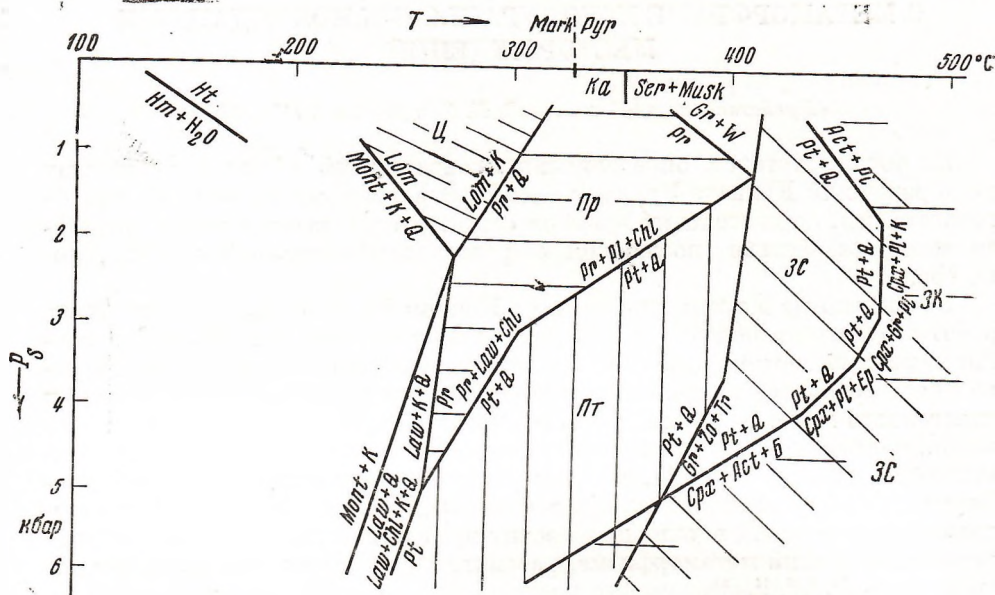


Рис. 1. P - T -диаграмма равновесий системы $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ при $P_{\text{H}_2\text{O}} = 1000$ атм. и $P_{\text{CO}_2} = 1$ атм. (по ^(4, 12)). Поля минеральных ассоциаций зеленокаменных изменений (ЗК), фации зеленых сланцев (ЗС), пренитовой субфации (Пр), пумпеллиитовой субфации (Ц), цеолитовой фации метаморфизма (Ц), Ка - каолинит, К - кальцит, Q - кварц, Hm - гематит, Ht - гетит, Law - лавсонит, Lom - ломонтит, Mont - монтмориллонит, W - вайрицит, Chl - хлорит, Pr - пренит, Pt - пумпеллиит, Zo - цоизит, Ep - эпидот, Gr - гранат, Act - актинолит, Crx - клинопироксен, Tr - тремолит, Pl - плагиоклаз

ледного В. Л. Русиновым (¹⁵) доказано, что верхний температурный предел устойчивости может быть определен в 327° , что близко к верхней температурной границе цеолитовой фации (см. рис. 1). Экспериментальные исследования С. В. Козеренко (⁷) показывают, что при температурах до 350° (что близко современным представлениям о температурах отложения колчеданных руд) сульфиды железа образуют не менее трех сосуществующих минеральных фаз.

Отсюда следует, что преобладающее развитие пирита на большинстве южноуральских месторождений и отсутствие других минеральных фаз сульфидов железа может быть объяснено воздействием более высокотемпературных (чем на Блявинском месторождении) преобразований первично отложенных руд (пренит-пумпеллиитовая фация).

Ряд экспериментальных данных позволяет допустить аналогичные трансформации и для некоторых других минералов руд и околорудных метасоматитов. Так, из работ В. А. Франк-Каменецкого (¹⁸) по определению P - T -условий преобразования глинистых минералов в гидрослюда вытекает, что переход каолинита в смесь серицита и мусковита происходит при значениях P и T , располагающихся в области пренит-пумпеллиитовой фации. Экспериментами Шмальца (³) установлено, что превращение

гётита в гематит+вода происходит при условиях, близких к метаморфизму цеолитовой фации.

Приведенные данные позволяют допустить, что широко распространенные на южноуральских колчеданных месторождениях пирит, серицит и гематит могут рассматриваться как результат преобразования под воздействием послерудного метаморфизма первично отложенных марказита (или других фаз сульфидов железа), глинистых минералов и гидроокислов Fe. Этот вывод подтверждается широкой распространенностью указанных первичных минералов в неметаморфизованных колчеданных залежах из областей молодого вулканизма (10).

Наряду с фазовыми превращениями указанные выше значения P и T послерудных преобразований могут вызывать деформацию первично отложенных минералов и их перемещения. Дж. Э. Гиллом (20) экспериментально доказано, что уже при 550 бар и 400° такие минералы, как халькопирит и галенит, способны к пластическому течению, миграции и внедрению в другие минералы. Для более высоких давлений (до 2 кбар) возможны значительные масштабы перераспределения сульфидов в зависимости от плотностей с перемещением наиболее легких минералов в сторону наименьших давлений.

Подобный процесс с еще большей вероятностью может быть допущен для диагенетической стадии преобразования субмаринных гидротермально-осадочных колчеданных руд. Исследованиями современных процессов субмаринного рудоотложения установлено, что содержание воды в первичных «рудах» колеблется от 55 до 96% (19). Для таких водонасыщенных сред процессы расслоения осадков, своеобразная «гравитационная дифференциация» содержащихся в них сульфидных фаз различной плотности, представляются вполне естественными.

Следовательно, как пострудный региональный метаморфизм гидротермально-метасоматических колчеданных руд, так и процессы, происходящие при диагенезе руд гидротермально-осадочного генезиса, могут рассматриваться в качестве факторов, вызывающих перераспределение первичного рудного вещества в пространстве.

Рассмотренные процессы преобразования первичных руд южноуральских колчеданных месторождений обусловлены воздействием в достаточной степени очевидных факторов и не объясняют всех особенностей состава руд и околорудных метасоматитов. Вероятно, для возникновения современного облика колчеданных месторождений Южного Урала существенное значение имеют и другие процессы, в частности воздействие воды, высвобожденной при метаморфизме водосодержащих фаз, многократная активизация вод в палеовулканических областях субвулканическими интрузиями, сопровождающими и завершающими становление колчеданоносных вулканогенных формаций (4), и др.

В целом роль послерудных регионально-метаморфических изменений в преобразовании первичного состава руд и околорудных метасоматитов на колчеданных месторождениях Южного Урала представляется весьма значительной, что подтверждает выводы А. Н. Заварицкого (5) и В. И. Смирнова (16) о зависимости между уровнями метаморфизма вулканогенных толщ и залегающих в них колчеданных руд. Эти изменения принадлежат к числу процессов, определяющих полигенность колчеданных месторождений, обоснованную В. И. Смирновым (17), и требуют учета при генетических построениях и интерпретациях ныне наблюдаемых составом руд и метасоматитов.

Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов
Москва

Поступило
2 IV 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Б. Бородаевская, А. И. Кривцов и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 10 (1969).
² Г. Винклер, Генезис метаморфических пород, М., 1969. ³ Р. М. Гаррелс, Ч. Л. Крайст, Растворы, минералы, равновесия, М., 1968. ⁴ Л. П. Гуревич, Анализ парагенезисов минералов зеленокаменных пород Южного Урала, М., 1972. ⁵ А. Н. Заварицкий, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1943). ⁶ Г. П. Зарайский, В. М. Нечеухин, В. И. Старостин, Сборн. Магм. формации, метаморфизм, металлогения Урала, Свердловск, 1969. ⁷ С. В. Козеренко, Сборн. Геохимия гидротермального рудообразования, М., 1971. ⁸ А. И. Кривцов, Сборн. Критерии рудоносности метасоматитов, Алма-Ата, 1969. ⁹ А. И. Кривцов, Сборн. Метаморфизм и рудообразование, Л., 1972. ¹⁰ В. П. Логинов, В. Л. Русинов, Сборн. Метасоматоз и другие вопросы физ.-хим. петрологии, М., 1968. ¹¹ В. П. Логинов, Сборн. Магм. формации, метаморфизм, металлогения Урала, Свердловск, 1969. ¹² А. А. Маракушев, Сборн. Магматизм, формации крист. пород и глубина Земли, ч. 2, М., 1972. ¹³ В. М. Нечеухин, Сборн. Вулканогенные формации, Свердловск, 1963. ¹⁴ Г. Н. Пшеничный, В. Г. Шигарев, М. А. Кулагина, Сборн. Петрология горных пород, вмещающих сульфидные месторождения Южн. Урала, Уфа, 1971. ¹⁵ В. Л. Русинов, Геологические и физ.-хим. закономерности пропилитизации, М., 1972. ¹⁶ В. И. Смирнов, Сборн. Генезис эндогенных рудных месторождений, М., 1968. ¹⁷ В. И. Смирнов, Геол. рудн. месторожд., № 6 (1970). ¹⁸ В. А. Франк-Каменецкий и др., Сборн. Проблемы петрологии и генетической минералогии, «Наука», 1969. ¹⁹ J. L. Bishoff, R. T. Manheim, Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea, N. Y., 1969. ²⁰ J. E. Gill, Economic Geol., v. 64, № 5 (1969). ²¹ B. Levi, Contr. Mineral. and Petrol., v. 24, № 1 (1969).