

**О КРИСТАЛЛИЧЕСКИ-ЗОНАЛЬНЫХ И КОЛЛОМОРФНЫХ
СТРУКТУРАХ В ПЕРВИЧНЫХ РУДАХ ГАЙСКОГО
МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Б. М. ЛЕВАШОВ

(Представлена научным семинаром кафедры минералогии и кристаллографии, кафедры петрографии и кафедры полезных ископаемых и разведки руд редких и радиоактивных элементов)

Как известно, физико-химические условия формирования руд отражаются в их текстурных и структурных особенностях. Поэтому в каждом определенном случае детальный анализ таких особенностей будет способствовать выяснению условий, в которых протекало накопление рудного вещества. На значение тщательного изучения текстурных и структурных деталей в рудах для расшифровки процессов минералообразования и хода дальнейших изменений в течение геологической истории месторождения неоднократно указывали в своих работах А. Г. Бетехтин [2], С. А. Вахромеев [3], Д. П. Григорьев [4], Ф. Н. Шахов [17], С. А. Юшко [18] и др.

Среди всего разнообразия структурных образований, наблюдаемых в первичных рудах сульфидных месторождений, большой интерес представляют кристаллически-зональные и колломорфные структуры. Это вызвано тем, что такие структуры считаются признаками первичного внутреннего строения в рудах месторождений [2, 12, 17]. Значительное количество работ, касающихся вопросов образования и развития кристаллически-зональных и колломорфных структур в первичных рудах, написано по материалам изучения колчеданных месторождений Урала. Из них следует упомянуть работы С. Н. Иванова [6], Т. Н. Шадлун [14, 15, 16], П. Я. Яроша [19] и др.

Содержанием настоящей статьи является описание кристаллически-зональных и колломорфных структур в первичных рудах Гайского медно-колчеданного месторождения, расположенного на Южном Урале. Нет необходимости останавливаться на вопросах геологического строения и вещественного состава руд, так как они достаточно полно освещены в соответствующей литературе [7, 8, 9]. Отметим только, что месторождение имеет метасоматический генезис и типичный в общих чертах минералогический состав, характерный для колчеданных месторождений Южного Урала.

При детальном изучении полированных шлифов под микроскопом с применением электролитического структурного травления по методу,

предложенному В. И. Баженовым [1], выявляется широкое развитие зерен пирита с кристаллически-зональным строением. Они обычны в пирит-халькопиритовых рудах массивной и полосчатой текстуры. Содержание зонального пирита в таких рудах достигает 20% от всей массы наблюдаемого пирита. В рудах, сложенных полосами преимущественно пирит-халькопиритового и пирит-сфалеритового состава, устанавливается зависимость распространения кристаллически-зонального пирита от минералогического состава полос. Зональный пирит развивается в основном в пирит-халькопиритовых полосах, где количество его колеблется в пределах 10-15% от всей массы пиритовых зерен, и совсем редко, в единичных случаях, встречается в пирит-сфалеритовых полосах. В борнитсодержащих рудах пирит с кристаллически-зональным строением наблюдается очень редко.

Степень проявления и формы развития кристаллически-зональных структур в пирите довольно разнообразны, но в целом они характеризуются следующими особенностями. Зональность развивается как в отдельных зернах (рис. 1), так и в агрегатах пирита (рис. 2), причем наблюдается наиболее четкое зональное строение в относительно крупнозернистых его образованиях. Форма зональных фигур большей частью многоугольная, в меньшем количестве встречаются ромбические и квадратные формы и очень редко неправильные треугольники. Описываемое различие рисунка зональности в пиритовых зернах, по-видимому, зависит от положения плоскости среза [19]. Контуры зональных фигур обычно не совпадают с контурами самих зерен. Следует отметить, что в ряде случаев зональные фигуры имеют незамкнутый характер и иногда зональность по своему рисунку отвечает одностороннему росту одной или двух граней кристалла (рис. 2). В относительно редко встречаемых зернах пирита с полным и четким развитием зональности по всей площади зерна наблюдается упрощение зонального рисунка от центра зерна к его периферическим частям. Многоугольная форма зональности в центре зерна по мере нарастания зон принимает, как правило, квадратные или ромбические очертания в его периферических частях. Это обусловлено, очевидно, упрощением кристаллографических форм зерен пирита в процессе их роста [19]. Обычно же в периферических частях зерен зональность исчезает или от нее остаются неясные контуры, причем зональность, сохраняющаяся в центральных частях зерен, как правило, занимает незначительную площадь по сравнению с незональной каймой. При явлениях катаклаза, имевших место на месторождении в отдельных участках, раздроблению подвергались частично и зональные пириты. Это привело к образованию в них многочисленных, неправильно пересекающихся тонких трещин. Форма зерен в большинстве случаев сохраняется, но нередки также смещения отдельных частей зерен относительно друг друга. Промежутки между обломками зерен выполняются преимущественно кварцем, а также значительно реже халькопиритом и блеклой рудой. Зональное строение зерен пирита в таких случаях сохраняется и очень редко можно наблюдать исчезновение зон роста, имеющее характер постепенного затухания зон по мере приближения к секущей трещине. В некоторых случаях механические деформации приводят не к раздроблению зонального пирита, а к нарушению сплошности зерен по границам между отдельными зонами. При этом такие нарушения проявляются главным образом в краевых частях зерен и выполняются кварцем, халькопиритом и блеклой рудой (рис. 3). Структурное травление выявляет зональное строение и внутренних частей описываемых зерен, но нарушений между зонами и развития по ним вышеупомянутых минералов не наблюдается. Рассматриваемое явление обусловлено, по-видимому, тем, что пограничные поверхности

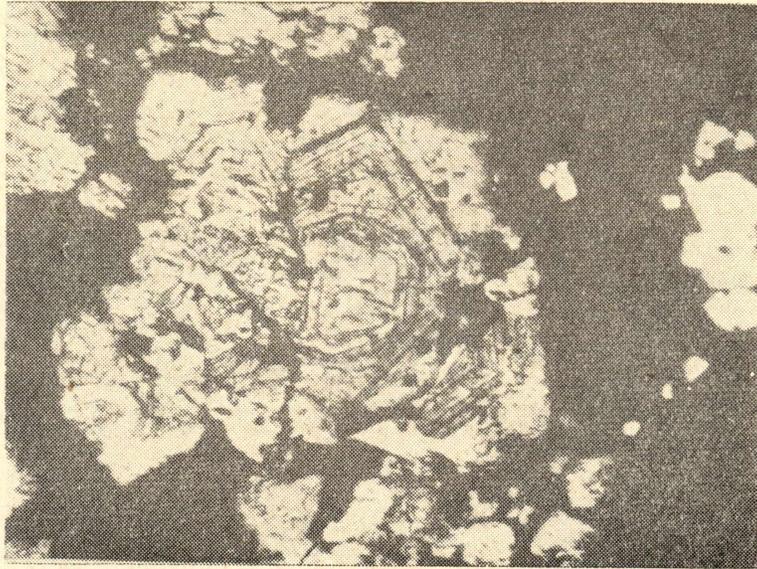


Рис. 1. Характер зонального строения зерен пирита. Полированный шлиф. Протравлено. Увел. 270.



Рис. 2. Характер зональности в агрегатах пирита. Полированный шлиф. Протравлено. Увел. 270.

отдельных зон представляют собой ослабленные направления и при внешнем давлении возникавшие в зернах напряжения находили выход в нарушении сплошности зерен по этим направлениям. Причем легче всего эти напряжения разрешались в периферических частях зерен. Образовавшиеся таким путем трещины явились благоприятными местами для отложения минерального вещества из позднее поступавших растворов.

Устанавливаемые в рудах месторождения коррозионные структуры замещения зональных пиритов отлагавшимися позднее минералами, выполнение трещин в его зернах кварцем, халькопиритом и блеклой рудой и развитие этих минералов по границам между зонами в пирите говорит

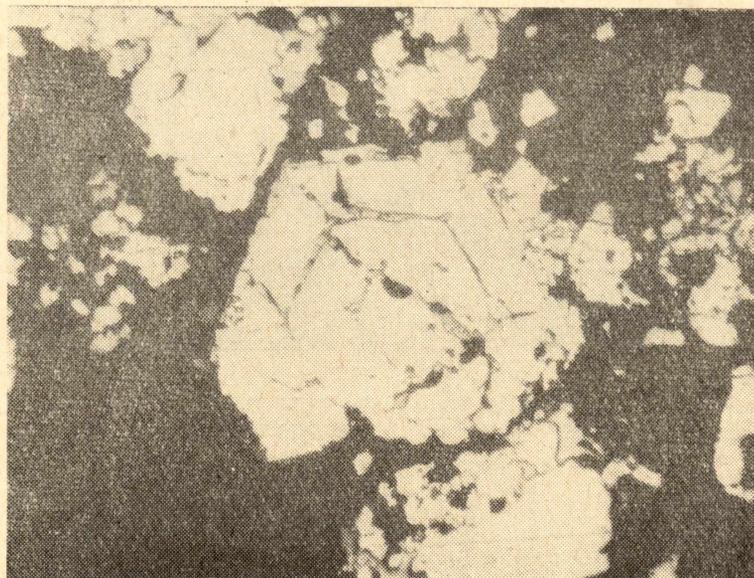


Рис. 3. Развитие халькопирита (светло-серое) и кварца (темное) по трещинам в катаклазированном зерне пирита (белое). Полированный шлиф. Увел. 270.

о кристаллизации пирита в начальные стадии образования месторождения. Зональность пиритовых зерен обусловлена, согласно мнению А. Г. Бетехтина, [2], В. К. Черепнина [12], Ф. Н. Шахова [17], кристаллизацией их из истинных растворов в условиях постепенного изменения физико-химического состояния последних. Приведенный выше фактический материал свидетельствует о сохранении зональности в зернах пирита на всем протяжении геологической истории образования руд месторождения, что свойственно, по наблюдениям С. Н. Иванова [6] и других исследователей, рудам, не подвергшимся метаморфическим воздействиям. Наблюдаемое исчезновение зон роста в периферических частях зерен связано, по мнению П. Я. Яроша [19], с действием поступающих позднее рудных растворов иного состава. Это подтверждается также работой Е. В. Францкой [10] по изучению внутреннего строения пиритов в одном из золоторудных месторождений Восточного Забайкалья.

Наряду с кристаллически-зональным пиритом в рудах месторождения встречены колломорфные образования его. Колломорфные структуры в агрегатах пирита наблюдаются в основном в пирит-халькопиритовых рудах массивной и полосчатой текстуры как в участках, где развиты зерна пирита с кристаллически-зональной структурой, так и совершенно обособленно. По сравнению с кристаллически-зональным пиритом колломорфный встречается значительно реже. В борнитсодержащих рудах

очень редко можно наблюдать реликты колломорфного строения агрегатов пирита.

При изучении полированных шлифов пирит-халькопиритовых руд без применения структурного травления в отдельных агрегатах пирита устанавливается развитие своеобразных фигур замещения, образованных в основном халькопиритом и редко кварцем (рис. 4). Они представлены весьма неравномерно распределенными в пределах пиритовых выделений пятнами халькопирита и кварца, имеющими округлые очертания и незначительно отличающимися друг от друга по размерам. В пределах этих пятен можно наблюдать реликты пирита в виде



Рис. 4. Концентрические фигуры замещения пирита (белое) халькопиритом (светло-серое) и кварцем (черное). Полированный шлиф. Увел. 160.

концентрических полос различной ширины. Структурное травление выявляет чрезвычайно интересное строение агрегатов пирита с рассматриваемыми фигурами замещения. Они сложены в основном концентрически-зональными почками пирита, имеющими различный диаметр. Результаты травления, приведенные на рис. 5 и 6, свидетельствуют, что замещению подвергались центральные части почек пирита. Строение этих частей сильно затушевано процессами замещения, но в ряде случаев можно наблюдать их тонкополосчатый характер. Дальше, по мере удаления от центра почки, развиваются различной ширины зоны радиально-лучистого и скрытокристаллического строения. Эти зоны, в свою очередь, постепенно переходят в неравномерно развивающийся по окружности почти тонкополосчатый агрегат с неясно выраженной структурой. Периферические части почек во всех случаях сложены явнокристаллическим агрегатом, в котором повсеместно проявляется кристаллически-зональное строение. Зоны роста в нем образуют ломаные линии, огибающие почку пирита, и составлены из большого числа незамкнутых многоугольников. Кристаллически-зональные зоны отдельных почек сливаются между собой, и в целом ряд таких почек образует агрегат пирита. Промежутки между кристаллически-зональными зонами почек и места слияния этих зон представлены мелкозернистым агрегатом с кристаллически-зональным строением зерен. При этом зональные фигуры в таких участках имеют весьма беспорядочное расположение. Замещение центральных частей почек халькопиритом и кварцем сопровождается



Рис. 5. Концентрически-зональное строение почек пирита и обрастание их кристаллически-зональным агрегатом. Черное в центрах почек — затравленный халькопирит. Черное между почками — халькопирит и кварц. Полированный шлиф. Протравлено. Увел. 270.



Рис. 6. Строение концентрически-зональных почек пирита. Черное в верхнем правом и нижнем левом углах — затравленный халькопирит. Черное между почками — кварц. Полированный шлиф. Протравлено. Увел. 270.

ся также замещением по границам между почками в местах развития мелкозернистого агрегата. Следует заметить, что случаи обрастания почек пирита кристаллически-зональным агрегатом отмечались Г. Ф. Червяковским в рудах колчеданных месторождений Урала и принимались им как явное доказательство образования второго после первого [11].

Наряду с полностью сохранившимися и незначительно подвергшимся замещению агрегатами пирита устанавливаются реликты колломорфного строения последнего в случае интенсивного замещения халькопиритом. Они представлены концентрическими полосами различной ширины и имеют нередко кольцеобразный характер. Структурное травление обнаруживает мелкозернистое строение как концентрических полос пирита, так и агрегатов халькопирита. Когда халькопирит не участвует в замещении колломорфного пирита, наблюдается относительное увеличение размеров зерен, слагающих халькопиритовый агрегат.

Очень редко реликты колломорфного строения агрегатов пирита можно встретить в борнитсодержащих рудах. Здесь колломорфные агрегаты пирита замещаются борнитом и в целом образуют рисунок, состоящий из чередования полос пирита и борнита различной ширины. Причем полосы пирита, как правило, имеют плохую сохранность и иногда сложены цепочкой разобщенных между собой мелких выделений. На рис. 7 отображен результат замещения агрегата пирита борнитом. Структурное травление выявляет мелкозернистое строение пирита и борнита.

Кроме колломорфных образований пирита в рудах месторождения встречен единственный случай развития колломорфного борнита. Агре-

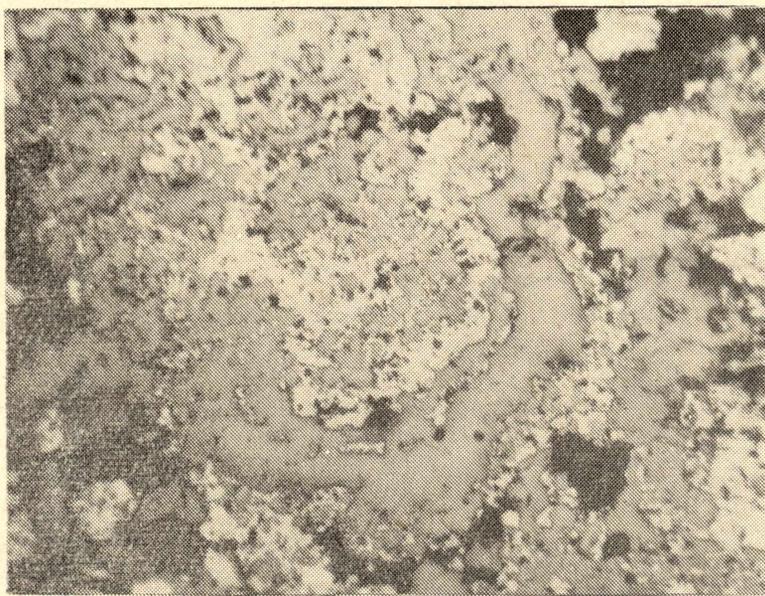


Рис. 7. Реликты колломорфного строения пирита (светло-серое), замещаемого борнитом (серое). Полированный шлиф. Увел. 270.

гат представлен двумя концентриками относительно небольшого диаметра. Концентры имеют строго округлые очертания и концентрически-зональное внутреннее строение, подчеркиваемое развитием по концентрическим зонам замещающего халькопирита. О том, что халькопирит замещает в данном случае борнит, можно судить по радиальным прожилкам халь-

копирита, секущим борнит (рис. 8). Наиболее интенсивно замещающий халькопирит развивается в центральных частях борнитовых агрегатов. Нетрудно заметить, что замещение происходит не со всех сторон, а приурочивается к определенным направлениям в концентрах. Указанная особенность может иметь две причины. Либо замещение использовало ослабленные участки в концентрах, либо замещающий материал поступал в основном с одной стороны. Второе предположение кажется более верным, так как такое строго одинаковое расположение благоприятных для замещения участков является маловероятным. Таким образом, изложенные факты свидетельствуют о самостоятельном образовании колломорфных агрегатов, борнита, которые позднее замещались халькопиритом.

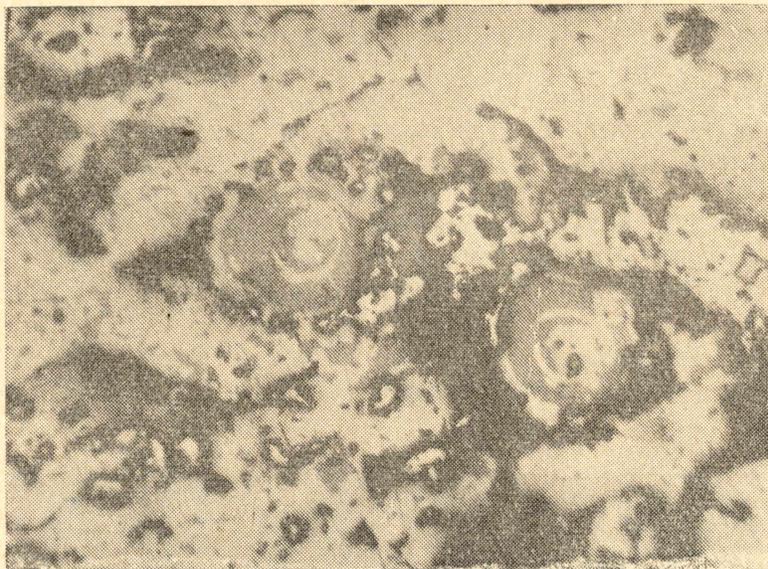


Рис. 8. Колломорфный борнит — округлые образования в центре рисунка. Полированный шлиф. Увел. 270.

О причинах образования колломорфных агрегатов минералов в эндогенных месторождениях и, в частности, рассматриваемых здесь колломорфных образований пирита и борнита не существует в настоящее время единого мнения. Большинство занимающихся этими вопросами геологов считает их признаком участия в рудообразовании коллоидных растворов, образующихся в условиях резкого пересыщения и характеризующихся высокой концентрацией дисперсных частиц [2, 14]. В то же время ряд исследователей, в частности Д. П. Григорьев [4], рассматривает их как сростки отдельных, более простых индивидов и высказываются против участия коллоидов при рудообразовании. Метаколлоидные образования, по мнению этих исследователей, не могут служить доказательством присутствия рудного вещества в растворе в коллоидной форме, так как такие образования могут быть созданы при непосредственной кристаллизации из истинного насыщенного раствора. Более вероятным кажется предположение о возможности выпадения минерального вещества в виде геля из истинных насыщенных растворов при определенных физико-химических условиях. Например, при смещении гидротермальных растворов с кислыми поверхностными водами [3, 17]. Известно, что такие условия имеют место в случае образования месторождения на сравнительно небольшой глубине.

Таким образом, приведенный выше фактический материал позволяет сделать следующие выводы:

1. На месторождении существовали условия, при которых в рудах возникали кристаллически-зональные и колломорфные структуры.

2. Колломорфный и кристаллически-зональный пирит образовывались почти одновременно, но первый, очевидно, несколько раньше, так как кристаллически-зональный, как правило, обрастает колломорфный.

3. Физико-химические условия образования руд месторождения характеризуются сильной изменчивостью. Доказательством этого служат тесные пространственные взаимоотношения колломорфных и кристаллически-зональных структур в агрегатах пирита. Такие условия характерны для месторождений, возникающих на небольшой глубине.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Баженов. К методике электролитического структурного травления железосодержащих сульфидов. Рукопись, г. Томск, 1959.
2. А. Г. Бетехтин и др. Текстуры и структуры руд. Госгеолтехиздат, 1958.
3. С. А. Вахромеев. Руководство по минераграфии. Изд-во Иркутского горного ин-та, 1956.
4. Д. П. Григорьев. Онтогенез минералов. Изд-во Львовск. ун-та, 1961.
5. А. Н. Заварицкий. Метаморфизм и метасоматизм в Уральских колчеданных месторождениях. В сб. «Колчеданные месторождения Урала», изд-во геол. ин-та АН СССР, 1950.
6. С. Н. Иванов. Изучение зон роста пирита в колчеданных месторождениях Урала. Зап. мин. об-ва, ч. 79, вып. 2, 1950.
7. В. И. Скрипиль. Некоторые вопросы генезиса Гайского медно-колчеданного месторождения. Материалы по геол. и пол. ископ. Южного Урала, вып. 2, 1960.
8. В. И. Скрипиль, М. С. Недождогин, Н. А. Сибирская. Основные черты геологического строения Гайского медно-колчеданного месторождения на Южном Урале. Материалы по геол. и пол. ископ. Южного Урала, вып. 2, 1960.
9. В. И. Скрипиль. О строении вулканогенных толщ Гайского рудного поля и размещение в них колчеданного оруденения Геол. руд. месторожд., № 1, 1961.
10. Е. В. Францкая. К вопросу о внутреннем строении пиритов золоторудного месторождения в Восточном Забайкалье. Зап. Всес. мин-об-ва, ч. 85, № 2, 1956.
11. Г. Ф. Червяковский. О колломорфных текстурах в рудах некоторых среднеуральских колчеданных месторождений. Зап. Всес. мин. об-ва, ч. 81, вып. 4, 1952.
12. В. К. Черепнин. О зональности роста зерен пирита в Урских месторождениях Салаира. Зап. Всес. мин. об-ва, ч. 86, вып. 2, 1957.
13. Ф. В. Чухров. Коллоиды в земной коре. Из-во АН СССР, 1955.
14. Т. Н. Шадлун. Некоторые признаки метаморфизма в колчеданных рудах месторождения им. III Интернационала. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1947.
15. Т. Н. Шадлун. Особенности минералогического состава, структур и текстур руд некоторых колчеданных месторождений Урала. В сб. «Колчеданные месторождения Урала», изд-во АН СССР, 1950.
16. Т. Н. Шадлун. Об особенностях строения колчеданных руд некоторых месторождений Алтая. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1951.
17. Ф. Н. Шахов. Текстуры руд. Из-во АН СССР, 1961.
18. С. А. Юшко. Новая генетическая классификация текстур и структур руд. Советская геология, № 2, 1961.
19. П. Я. Ярош. Некоторые детали внутреннего строения зерен пирита из колчеданных месторождений Урала. Зап. Всес. мин. об-ва, ч. 82, вып. 4, 1953.