

О СФЕРОЛИТОПОДОБНЫХ АГРЕГАТАХ МАГНЕТИТА И ПЛАСТИНЧАТЫХ ВЫДЕЛЕНИЯХ ПИРИТА В РУДАХ КУРЖУНКУЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ю. Н. Яковлев

Куржункульское контактово-метасоматическое железорудное месторождение (Тарановский район Кустанайской области) приурочено к толще осадочно-вулканогенных пород нижнекаменноугольного возраста, представленных порфиритами, кварцевыми порфирами, вулканическими туфами, известняками и жильными породами. Подавляющая часть рудных тел приурочена к вулканогенным породам, реже — к контакту их с известняками. Наиболее распространены сплошные, богатые вкрапленные и брекчиевидные руды. Сферолитоподобные агрегаты магнетита встречаются почти исключительно в сплошных магнетитовых рудах, нередко целые рудные тела сложены рудой подобной текстуры. Такие руды тяготеют к низам разреза, располагаясь вблизи горизонтов известняков. Во вкрапленных рудах аналогичные обособления магнетита встречаются очень редко. В магнетитовых рудах постоянно наблюдается примесь гематита и сульфидов; довольно часто сульфиды, особенно пирит, представлены пластинчатыми выделениями, которые наиболее характерны для руд сферолитоподобной текстуры.

СФЕРОЛИТОПОДОБНЫЕ АГРЕГАТЫ МАГНЕТИТА

На Куржункульском месторождении сферолитоподобные агрегаты магнетита впервые были установлены Г. А. Соколовым и Д. О. Онтеевым в 1952 г. по скважинам 4, 92 и 210, 10, 11. Нами эти руды наблюдались в кернах многих скважин (4, 5, 29, 92, 97, 271, 283, 404, 414, 418 и др.) по всему месторождению, но особенно в его юго-западной части. Они представляют собой округлые почковидные, эллипсоидальные и шаровидные образования размером от 1—2 до 10—15 см в поперечнике (рис. 1). Центральная часть их (обычно $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ поперечника) сложена мелко- и среднезернистым магнетитом, а периферия (мощностью 1—3 см) — крупнокристаллическим шестоватым магнетитом, индивиды которого расположены радиально. Мелкие агрегаты (до 2—3 см в поперечнике) часто почти целиком сложены шестоватым магнетитом, а центральная часть составляет всего 2—5 мм в поперечнике. Таким образом, только мелкие обособления магнетита подобной текстуры можно назвать сферолитами, крупные же являются сферолитоподобными образованиями (для краткости будем называть их сферолитами).

Сферолиты чаще соприкасаются один с другим, а оставшиеся промежутки (обычно 3—5 см²) выполнены карбонатами с примесью мелкозернистого кварца и хлорита. При этом нередко наблюдается следующая зональность расположения: центральная часть сложена крупнокристаллическим кальцитом с кварцем, далее идет каемка сидерита, а непосредственно на контакте с магнетитом — тонкая хлорито-карбонатная каемочка. К таким нерудным обособлениям приурочена вкрапленность крупнозернистого, часто идиоморфного пирита. Когда же сферолиты разобщены, они цементируются теми же нерудными минералами, только нередко с большим количеством кварца, пирита, хлорита и иногда актинолита и гипса. И здесь, обычно на контакте

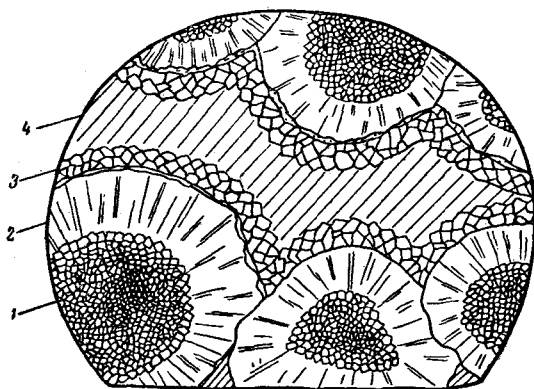


Рис. 1. Магнетитовая руда сферолитовой текстуры. Схематическая зарисовка полированного шлифа:

1 — мелкозернистый магнетит центральной части; 2 — шестоватый магнетит (зона а); 3 — изометричный магнетит (зона б); 4 — нерудный (карбонатный цемент)

сферолитов и цемента, развивается своеобразная реакционная каемка мощностью до 1,0—1,5 см, которая представляет собой чередование тонких (0,5—2,0 мм) концентрических зон кварцево-хлорито-карбонатного состава (рис. 2).

Рассмотрим детальнее строение сферолитовых агрегатов. Для центральной части, сложенной в основном мелкозернистым магнетитом, характерна постоянная, более или менее равномерная вкрапленность сульфидов и нерудных минералов. Среди сульфидов резко преобладает ранний пирит, который представлен мел-

кими (до 1—2 мм) изометричными и пластинчатыми включениями. Нередко встречаются также крупные, идиоморфные кристаллы более позднего пирита, приуроченные к неправильным обособлениям нерудных минералов (кальцит с примесью кварца, хлорита, сидерита и иногда актинолита).

Во многих сферолитах отчетливо наблюдается увеличение числа и размеров нерудных обособлений по направлению к центру. В том же направлении увеличивается содержание гематита, замещающего магнетит. Размер зерен магнетита обычно увеличивается в обратном направлении. В зоне шестоватого магнетита также постоянно наблюдается примесь нерудных минералов и сульфидов, но их значительно меньше и, кроме того, как сульфиды, так и нерудные минералы представлены главным образом радиально расположенными пластинчатыми агрегатами (рис. 2). В отличие от пластинок сульфидов, нерудные пластинки имеют очень неровные мелкозавушенные края. Нередко от радиальных пластинок под углом 30—50° отходят «оперяющие» более мелкие пластинки. В подавляющем большинстве случаев нерудные пластинки сложены кальцитом, реже — сидеритом. Иногда в них наблюдаются реликты пироксена и скаполита.

Иногда встречаются сферолиты, в которых зона шестоватого магнетита оказывается не внешней, а средней: снаружи она покрыта каемкой крупнозернистого, но изометричного позднего магнетита мощностью не больше 5—6 мм. В этой периферической каемке пластинчатые выделения пирита и других сульфидов встречаются крайне редко.

Характерно, что подобная каемка отмечается только там, где между отдельными сферолитами или их группами есть значительные обособления нерудных минералов. Реакционная каемка отсутствует вовсе или же представлена сидеритом с небольшой примесью крупночешуйчатого хлорита.

Будем считать зону шестоватого магнетита зоной *a*, изометричного — зоной *б*.

Большинство исследователей считают рудные и нерудные образования подобного облика метаколлоидными [1, 8, 9, 13, 14]. Д. О. Онтоев, изучавший сферолитовые агрегаты магнетита Куржункульского месторождения, также пришел к выводу, что «... рассматриваемые скрытокристаллические, мелкозернистые, радиально-лучистые и другие структуры колломорфных образований магнетита можно рассматривать как результат раскристаллизации первичного гелевого вещества в раннюю стадию их диагенеза» [11, стр. 78].

Однако Д. П. Григорьев [9], Ф. В. Чухров [15] и другие [4, 12] считают, что натечные, почковидные и им подобные агрегаты могут образоваться в результате непосредственной кристаллизации из растворов, причем для сферолитовых агрегатов Д. П. Григорьев указывает три способа образования. По мнению Ф. В. Чухрова, в некоторых случаях агрегаты, сходные с колломорфными, могут возникать непосредственно при кристаллизации вокруг тех или иных центров.

Чтобы выяснить, каким образом образовались сферолитоподобные магнетитовые обособления Куржункульского месторождения, рассмотрим особенности их строения. Сторонники первой точки зрения выдвигают следующие наиболее характерные признаки участия коллоидов в образовании минеральных агрегатов: сферическую форму агрегатов, являющуюся следствием проявления поверхностного натяжения в геле; границы соприкосновения агрегатов прямолинейные и перпендикулярны к линии, соединяющей их центры; гладкую поверхность сферических агрегатов; зональность агрегатов — чередование полос различного состава или строения; наличие концентрических и радиальных трещин усыхания; обилие и частую смену текстур на небольших расстояниях; сложность минерального состава.

При этом только сочетание всех указанных признаков или по крайней мере большей их части может решить вопрос о метаколлоидной природе агрегата.

На первый взгляд, строение округлых магнетитовых агрегатов Куржункуля удовлетворяет всем этим признакам. Однако тщательный учет всех особенностей их строения убеждает в обратном.

1. Сферическая форма — главнейший признак колломорфных агрегатов, свойственна и многим агрегатам, образовавшимся в результате непосредственной кристаллизации из растворов. Магнетитовые обособления, кроме того, часто имеют не сферическую, а довольно неправильную форму. При соприкосновении агрегатов границы раздела чаще оказываются ломаными или неправильными волнистыми линиями, расположенными произвольно по отношению к линии, соединяющей центры соседних агрегатов (см. рис. 1, 2).

2. Поверхность округлых обособлений магнетита никогда не бывает гладкой, блестящей. Когда реакционная каемка отсутствует, поверхность оказывается покрытой мелкими полигональными бугорками (размером 1—5 мм), которые являются идиоморфными окончаниями магнетитовых индивидов. Характерно, что идиоморфными головками заканчиваются как шестоватые индивиды магнетита (зона *a*), на что в свое время обратил внимание Г. А. Соколов, так и изометричные (зона *б*). Но чаще магнетитовые сферолиты окружены реакционной

хлорито-карбонатной каемкой, и поверхность их не видна. Однако в изломе или срезе (в полированных штуфах и шлифах) идиоморфные окончания индивидов и в этом случае устанавливаются достаточно отчетливо, несмотря на то, что многие из них сильно разрезаны.

3. Концентрическая зональность в магнетитовых сферолитах проявлена слабо. Большая часть их представляет собой более или менее округлые обособления обычной мелкозернистой или среднезернистой магнетитовой руды с каемкой шестоватого магнетита, так как зона б не всегда наблюдается. Нередко концентрические зоны колломорфных метаколлоидных агрегатов обособлены одна от другой, благодаря чему такие агрегаты обладают скорлуповатой текстурой. В магнетитовых же обособлениях Куржункульского месторождения граница между центральной частью и зоной а почти незаметна, так как в центральной части нередко зерна магнетита постепенно укрупняются по направлению к зоне а. Граница между зонами а и б гораздо отчетливее, причем между отложением шестоватого и изометричного магнетита отмечен перерыв, так как между зонами а и б развит мелкий шестоватый актинолит, который образуется позднее шестоватого магнетита, но раньше изометричного. Кроме того, о более позднем образовании зоны б свидетельствует следующее: там, где сферолиты примыкают друг к другу, соприкасаются чаще всего их зоны а, реже — центральные части или центральная часть одного и зона а другого, а зона б равномерно облекает сложный сросшийся агрегат (см. рис. 1). При этом мощность зоны а в местах соприкосновения сферолитов уменьшается в 1,5—2 раза, а мощность зоны б практически не изменяется.

Большое значение имеет также степень кристалличности отдельных зон. Как известно, для округлых метаколлоидных агрегатов характерно чередование скрытокристаллических и явнокристаллических (иногда радиально-лучистых) концентрических зон одного и того же или различного минералогического состава [9, 14]. Как уже указывалось, центральная часть сферолитов Куржункуля сложена мелко- или среднезернистым магнетитом (0,2—1,0 мм в поперечнике), реже — тонкозернистым (0,05—0,2 мм), скрытокристаллических разностей не встречено. Зоны же а и б — крупнозернистые, причем размеры индивидов в них зависят в основном от мощности зон. В среднем длина индивидов шестоватого магнетита 5—7 мм, иногда 12—15 мм при поперечнике 1—4 мм. Размер зерен магнетита в зоне б изменяется от 1,5—2 до 8—10 мм в поперечнике. Таким образом, во всех участках сферолитов магнетит оказывается явно кристаллическим, хотя различия в размере индивидов отдельных зон значительны. Этот факт имеет особое значение в свете следующего указания Ф. В. Чухрова: «В отличие от минералов кристаллизационных, т. е. образующихся путем непосредственной кристаллизации, а не в результате собирательной кристаллизации в коллоидных минералах, типичные метаколлоидные минералы обычно не образуют кристаллических многогранников, видимых невооруженным глазом, и не дают грубозернистых агрегатов» [14, стр. 188].

4. «Поскольку диагенезис в минеральных агрегатах, образовавшихся из гидротел, приводит в основном к уменьшению объема, то образование пористости, трещин усыхания, микробрекчирование, иногда появление своеобразных звездчатых полостей в центральных частях шаровидных скоплений являются наиболее характерными признаками этого процесса» [2, стр. 137].

Руды сферолитовой текстуры в той или иной степени раздроблены и очень сильно изменены позднейшими гидротермальными процессами. В результате все пустоты, трещины и полости в них выполнены различными минералами: сульфидами, гематитом и нерудными.

В статье рассматриваются некоторые особенности формы и расположения только нерудных включений, так как подобные детали развития сульфидов и гематита в основном унаследованы.

Как уже отмечалось, в центральной части сферолитов нерудные обособления имеют главным образом неправильную и таблитчатую форму, причем количество неправильных включений и их размеры увеличиваются к центру, а количество таблитчатых — к зоне шестоватого магнетита. Подавляющая часть включений представлена карбонатами с незначительной примесью кварца и хлорита, т. е. теми же минералами, что и цемент, с примерно такими же соотношениями между ними; только в таблитчатых выделениях иногда наблюдаются мелкие обрывки пироксена или скаполита.

Таким образом, таблитчатые выделения поздних нерудных минералов образовались в результате замещения ранних нерудных минералов, а неправильные обособления карбонатов (с примесью хлорита и кварца) развивались, вероятно, путем замещения наиболее мелких зерен магнетита, о чем свидетельствуют отчетливые коррозионные формы магнетита и увеличение размеров нерудных включений к центру, т. е. в сторону уменьшения зерна магнетита. В зонах *a* и *b* резко преобладают пластинчатые выделения нерудных минералов, расположенные более или менее радиально. Они также сложены карбонатами с незначительной примесью кварца и хлорита, лишь иногда в них наблюдаются реликты скаполита и пироксена. Структурное травление показывает, что многие пластиночки располагаются по стыкам зерен магнетита, а некоторые пересекают их, переходя из одного индивида в другой. Следовательно, пустотки или трещины, в которых развиваются нерудные минералы, появились после кристаллизации магнетита.

5. Текстурный рисунок руд однообразен, особенно в местах образования мощных рудных тел (юго-западная часть). Там, где сферолитовые руды слагают небольшие (до 0,5—1 м) участки среди руд других типов, строение их усложняется за счет сочетания сферолитовой текстуры с вкрапленной, массивной, полосчатой и др. Кроме того, здесь очень часто отдельные сферолиты как бы не оформлены окончательно: плохо развита зона *a*, многие мелкие сферолиты соединены в более крупные агрегаты гроздевидной, почковидной и т. п. формы с бугорчатой поверхностью.

Наиболее же крупные тела сферолитовых руд сохраняют примерно одинаковое строение на всех участках (скважины 4, 29, 92, 418 и др.). Разнообразие вносит лишь появление реакционных каемок значительно более позднего происхождения.

6. Минеральный состав руд прост. Это мономинеральные обособления, так как присутствующие в них нерудные минералы, гематит и сульфиды являются более поздними. Исключение составляют ранние скарновые минералы и актинолит, но они играют совершенно ничтожную роль.

Таким образом, совокупность указанных выше особенностей строения свидетельствует о том, что магнетитовые обособления не являются метаколлоидными образованиями. Более всего они напоминают образования типа «турмалиновых солнц», для которых также характерно наличие мелко- или тонкозернистого центра и грубозернистой радиально-лучистой периферии. В этом отношении особенно интересно поразительное сходство на месторождении таких агрегатов магнетита и пироксена, особенно мелких. Правда, в пироксеновых сферолитах немного другое соотношение мелкозернистой центральной части и грубозернистой периферии: в них на долю центра приходится не более $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ поперечника

агрегата, а на долю радиально-лучистой каемки — $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$. Абсолютные размеры их примерно те же, что и магнетитовых.

«Пироксеновые солнца» в пироксеновых и гранато-пироксеновых скарпах наиболее часто встречаются на северо-восточном участке (скважины 415, 417, 419 и др.), где нередко удается наблюдать замещение их магнетитом. При этом в самом начале замещается мелко- и тонкозернистый пироксен центральной части, в результате чего появляются комплексные агрегаты, в которых центр сложен мелкозернистым магнетитом с незначительной примесью пироксена, а периферия — крупнокристаллическим радиально-лучистым пироксеном. Крупнокристаллический пироксен замещается лишь в случае, если он в какой-то степени предварительно изменен, причем шестоватый магнетит развивается только при сильном изменении пироксена.

Таким образом, форма сферолитовых агрегатов магнетита может быть унаследована от подобных обособлений пироксена. Однако такое образование сферолитов магнетита скорее является исключением, чем общим правилом, так как в сохранившихся участках скарпов пироксеновые сферолиты представляют собой все-таки редкое явление, и подавляющая часть пироксеновых скарпов является мелкозернистой. Метасоматическое же развитие магнетитовых руд месторождения вообще и сферолитовых в частности не вызывает сомнения, что подтверждается наличием в них участков незамещенных скарпов (скважины 283, 404, 415, 418 и др.) и реликтов ранних скарповых минералов в самом магнетите.

Для понимания подобных процессов рудообразования важно указание Д. С. Коржинского о неизбежности появления пересыщенных поровых растворов в процессе метасоматоза [6]. А. Г. Бетехтин, рассматривая образование минеральных агрегатов типа «турмалиновых солнц», считает, что в начальные моменты их образования происходило, по-видимому, из пересыщенных растворов: «Весьма вероятно, что в подобных случаях метасоматических образований в первый момент химической реакции породы с проникающим в нее концентрированным раствором могли происходить резкие пересыщения соединениями, образующимися при химических превращениях. В результате этого в местах реакции должны были возникнуть тонкодисперсные массы новообразований, а в дальнейшем кристаллизация вещества приводила постепенно, по мере снижения концентрации реагирующих компонентов в растворе, к более крупнокристаллическим агрегатам» [1, стр. 302].

Для сферолитовых руд месторождения Куржункуль именно такое объяснение образования магнетитовых агрегатов наиболее удовлетворительно. Становится понятной их приуроченность к нижним горизонтам месторождения, к приконтактовым участкам эффузивной толщи с известняками. Именно здесь создавались наиболее благоприятные условия для резкого пересыщения рудоносных растворов вследствие резкого изменения химизма вмещающей среды и наибольшей трещиноватости эффузивных пород вблизи контакта, вызывавшей падение внутреннего давления растворов. Неравномерность состава и строения замещаемых пород привела к образованию неправильной, но близкой к изометричной форме скопления зародышей и различным их размерам. Последующее снижение концентрации растворов повлекло за собой более равномерную и медленную кристаллизацию магнетита на мелкозернистых его обособлениях.

При рассмотрении способа отложения магнетита сферолитовых руд нами не рассматривалась природа рудоносных растворов — истинные

они или коллоидные. По современным, наиболее обоснованным представлениям, противопоставление одних растворов другим не имеет основания, так как в процессе рудообразования истинные растворы могут переходить в коллоидные и наоборот [1, 2]. К тому же процесс кристаллизации вещества как из тех, так и из других растворов, принципиально не отличается [1, 7; 15 и др.]. Коренное различие между ними заключается в том, что дисперсная фаза коллоидных растворов при определенных условиях может выпадать из раствора, не давая кристаллических агрегатов, т. е. коагулировать, образуя гели. Наиболее характерно выпадение гелей в открытых полостях. Но многие исследователи [2, 9] считают, что это имеет место и при метасоматозе. Примером могут служить своеобразные сферолитовые агрегаты геденбергита, обнаруженные Е. А. Радкевич в ряде контактово-метасоматических оловорудных месторождений. Сферолиты магнетита и пироксена месторождения Куржункуль чрезвычайно напоминают эти образования, с тем, однако, различием, что в них центральная часть никогда не имеет скрытокристаллического строения. По-видимому, и центральные части пироксеновых и магнетитовых сферолитов Куржункульского месторождения образовались путем непосредственной кристаллизации из растворов, которые хотя и были пересыщенными, но не в такой степени, чтобы это приводило к выпадению гелей.

Реакционные каемки сферолитов на месторождении никем еще не были отмечены, хотя представляют собой довольно заметное явление. Как указывалось, эти каемки имеют довольно сложное строение. Они состоят из многочисленных тонких (доли миллиметра) концентрических зон, число которых достигает 15—20. В составе их резко преобладают карбонаты: кальцит, сидерит, очень немного анкерита; довольно часто встречаются кварц, хлорит, гематит (мелкочешуйчатый), очень редко — актинолит.

При наиболее сильном развитии реакционной каемки обычно наблюдается следующая смена отдельных зон (от сферолита наружу): хлоритовая или карбонат-хлоритовая зона мощностью около 1 мм; чередование нескольких карбонатных и карбонат-хлоритовых зон, иногда с примесью актинолита, общей мощностью 1,5—5,0 мм; чередование карбонатных, кварц-карбонатных и гематит-кварц-карбонатных зон, общая мощность которых 3—7 мм. При этом мощность гематит-кварц-карбонатных зон крайне неравномерна — они то выклиниваются и исчезают совсем, то раздуваются до 1,5—3 мм; гематит в них представлен чрезвычайно тонкими чешуйками, которые пронизывают зерна карбоната и кварца, окрашивая внешнюю группу зон в яркий красный цвет. Во внутренней же группе зон благодаря присутствию хлорита и актинолита преобладает зеленоватый оттенок. Соотношения между этими группами зон очень непостоянны: на отдельных участках почти полностью отсутствуют внешние зоны, на других — крайне слабо развиты внутренние, а нередко реакционные зоны вообще отсутствуют или же представлены одной каемкой сидерита или хлорита. Очень часто эти каемки развиты односторонне и прерывисто. Мощность реакционных каемок и их состав зависят от количества и состава цемента. Так, в сферолитовых рудах среди слабо измененных пироксеновых скалов реакционная каемка отсутствует. На тех участках, где цемента немного и он представлен только кальцитом или карбонатно-хлоритовой массой, реакционная каемка или отсутствует, или представлена простыми тонкими каемочками сидерита или хлорита (или того и другого вместе). Если цемента много, мощность этих каемок увеличивается. Но чаще с увеличением количества цемента меняется и его состав: наряду с кальцитом и хлоритом появляются кварц, гипс и тогда образуются

наиболее сложные многозональные реакционные каемки. По наблюдениям, во всех случаях реакционные каемки развиваются главным образом за счет магнетитовых сферолитов, причем наиболее быстро замещается зона б, а затем подвергается замещению и зона а.

Замещение идет очень неровно, вследствие чего на поверхности сферолитов появляются выступы и впадины. Наиболее интенсивно замещаются раздробленные участки сферолитов, причем нередко отдельные зонки загибаются внутрь сферолита по трещинкам. Иногда встречаются сферолиты, у которых реакционная каемка развита только с одной стороны, а другая почти лишена ее, хотя нерудный цемент есть и здесь. В центральной части сферолита магнетит также сильно разъеден карбонатами, но никаких реакционных каемок здесь нет. По-видимому, замещение магнетита центральной части и образование нерудных реакционных каемок — явления разновременные.

Интересно, что при развитии реакционных каемок пластинчатый пирит нерудными минералами почти не замещается, поэтому там, где замещенной оказывается значительная часть зоны шестоватого магнетита, пластинки пирита остаются почти нетронутыми (рис. 2, 3), часто даже сохраняют свою ориентировку. Отдельные пластинки прослеживаются иногда непрерывно из зоны шестоватого магнетита до внешнего края реакционной каемки, а в некоторых случаях зонки каемки даже огибают их. В результате, по крайним окончаниям пластинок пирита можно «восстановить» первоначальный облик сферолита. Это определенно свидетельствует о том, что реакционные каемки сложного строения развиваются почти целиком за счет магнетита сферолитов. В то же время простые реакционные каемки, сложенные только сидеритом или хлоритом, лишь отчасти замещают магнетит (что хорошо видно в полированных шлифах и штуфах по остаткам идиоморфных окончаний индивидов шестоватого или изометричного магнетита), а в основном развиваются за счет нерудного цемента.

Метасоматический характер развития делает понятной зависимость между мощностью и сложностью строения реакционных каемок, с одной стороны, и количеством и составом цемента — с другой. Как отмечалось выше, наиболее мощные и сложные каемки наблюдаются там, где в цементе в значительном количестве присутствует кварц. Так как кварц является одним из наиболее поздних минералов, то появление его в цементе руд свидетельствует о длительности позднейшей «переработки» их гидротермальными растворами.

ПЛАСТИНЧАТЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ СУЛЬФИДОВ

Чаще других сульфидов мелкопластинчатые выделения образует пирит, довольно часто — халькопирит и пирротин (на северо-восточном участке), редко — марказит и сфалерит. Все они образуются примерно одинаково, поэтому рассмотрим образование пластинчатых выделений пирита. Следует отметить, что характер развития пластинчатых и таблитчатых выделений сульфидов совершенно одинаков в рудах всех типов, поэтому те закономерности их строения и образования, которые характерны для сферолитовых руд, совершенно аналогичны для руд других типов.

Среди пластинчатых выделений пирита месторождения Куржункуль следует различать две разновидности — мелкопластинчатые и груботаблитчатые. Соответственно размеры первых из них составляют: от 1—2 до 10—15 мм в длину при толщине 0,1—1 мм, а вторых — от 10—15 до 40—45 мм при толщине 2,0—7 мм. Ширина тех и других



Рис. 2. Сферолитовые агрегаты магнетита (1) с реакционной каемкой (2) и радиальным расположением пластинчатого пирита (3)

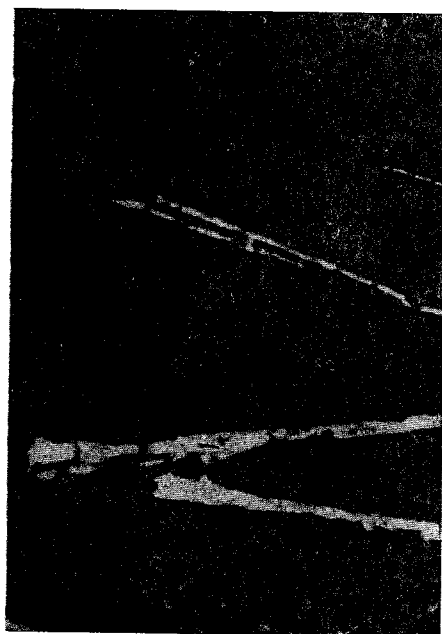


Рис. 3. Реакционная каемка на измененном сферолите. Пластинчатый пирит (1) не замещается нерудными минералами (2); виден магнетит (3). X5,6

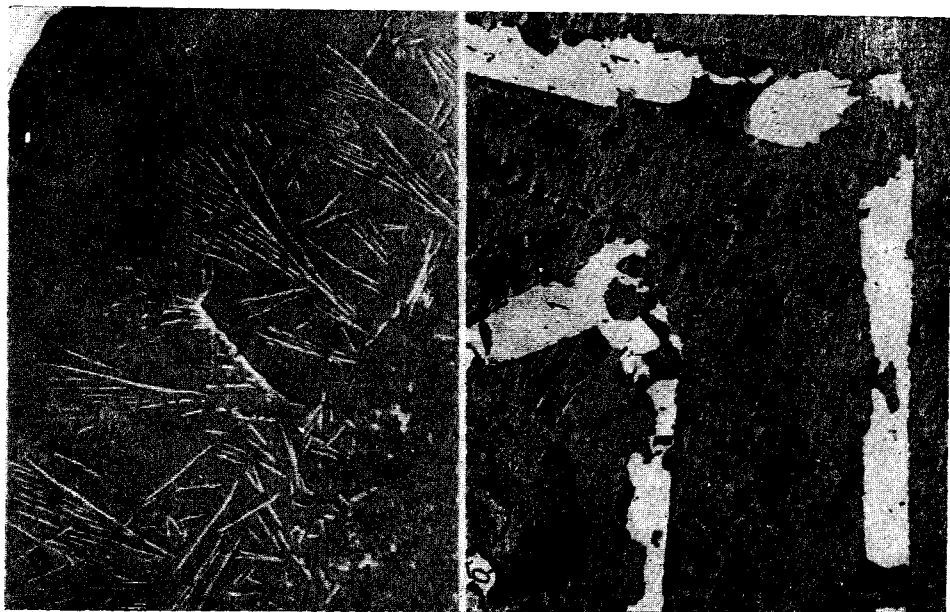


Рис. 4. Игольчатые агрегаты пирита в магнетитовой руде: а — X4; б — X40; видны неровные контуры пластинок пирита
1 — пирит; 2 — магнетит



Рис. 5. Пластинчатые агрегаты пирита (1). Видны округлые халькопирит-пиритиновые включения (2), магнетит (3). $\times 120$



Рис. 6. Замещение пирротина (1) поздним пиритом (2); виден магнетит (3). $\times 64$



Рис. 7. Грубопластинчатые агрегаты пирита (1). Некоторые из них окаймлены зональным магнетитом (2)

всегда несколько менее длины. Кроме того, мелкопластинчатые выделения имеют более ровные, часто прямолинейные очертания, а крупнотаблитчатые — очень неровные, с многочисленными выступами. Это различие является следствием их образования различными генерациями пирита: мелкопластинчатые — ранним пиритом, а крупнотаблитчатые — поздним. При этом мелкие пластинчатые выделения раннего пирита наблюдаются почти исключительно в сплошных (особенно в сферолитовых) рудах, а крупнотаблитчатые — главным образом во вкрапленных и брекчиевидных.

Рассмотрим мелкопластинчатые выделения. Форма их редко бывает правильной пластинчатой — очень часто они постепенно утолщаются к одному из концов, причем в сферолитовых рудах утолщенным концом пластинки пирита чаще направлены наружу, но иногда и внутрь сферолита. Нередко одна сторона их совершенно прямолинейна, а другая зазубренная. Очень часто расположение пластинок метельчатое или перистое (рис. 4). Наряду с пластинками пирита в руде всегда имеются подобные же пластинки карбонатов и других сульфидов. Многие пластинчатые выделения являются комплексными: одни участки их сложены пиритом, другие — нерудными минералами (карбонатами), а третьи — халькопиритом или поздним магнетитом. Этот факт свидетельствует о том, что эти образования более поздние, чем основная масса магнетита, что форма их унаследована от каких-то более ранних минералов или зависит от структурных особенностей руд. Кроме того, в сколах и срезах, проходящих вдоль пластинчатых выделений пирита, нередко отчетливо видно, что пластинчатые агрегаты состоят из мельчайших табличек пентагонального сечения, толщина которых равна толщине пластинки, а поперечник лишь в 2—3 раза превышает ее. Таким образом, эти выделения пирита являются агрегатами мелких его индивидов, имеющих искаженную уплотненную форму.

Характерно, что в пластиночках пирита постоянно наблюдаются мелкие (до 0,01—0,02 мм) биминеральные включения пирротина и халькопирита ранних генераций, имеющие изометричную, овальную или вытянутую форму с плавными очертаниями (рис. 5). Эти включения отмечаются только в пирите ранней генерации, причем взаимоотношения их друг с другом и с пиритом свидетельствуют о чрезвычайной близости времени их образования. Самостоятельные (в том числе и пластинчатые) выделения пирротина и халькопирита значительно более поздние, чем их совместные включения в раннем пирите.

Д. О. Онтоев, изучавший руды месторождения, пришел к выводу, что подавляющая часть пирита пластинчатой и таблитчатой форм образовалась путем замещения пирротина [11]. Основанием для этого вывода послужило внутреннее строение пластиночек пирита — наличие мелких включений пирротина, которые Д. О. Онтоев считал реликтами замещенных пластинчатых агрегатов пирротина. Однако он не заметил, что эти включения являются биминеральными — халькопирит-пирротиновыми. Вывод его неверен по следующим причинам: а) пирротин в виде самостоятельных выделений является значительно более поздним образованием, чем пластинчатый пирит, так как он ассоциирует с наиболее поздними сульфидами (сфалеритом, галенитом и др.); б) вместе с поздним пирротином пластинчатый пирит не встречается — первый из них развит только на крайнем восточном фланге месторождения, второй — на всей остальной части; в) замещение позднего пирротина пиритом наблюдается крайне редко (рис. 6): тогда по пирротину развивается пирит самой поздней генерации, который коренным образом отличается от раннего пластинчатого пирита и является едва ли не самым поздним среди сульфидов. Остающиеся при этом редкие мелкие

реликты пирротина в нем имеют очень неправильную (клочковатую) форму с зазубренными очертаниями и никогда не образуют сростков с халькопиритом.

Приведенное выше утверждение Д. О. Онтоева повлекло за собой и другое, не менее неправильное, что «...пирротин в рудах образовался раньше магнетита, что зональные разности последнего нарастают на пластинчатые и таблитчатые обособления пирротина, часто окаймляя их» [11, стр. 82]. И, как следствие, делается вывод о наличии противоречия с известным положением об устойчивости гексагональной модификации пирротина лишь при сравнительно низкой температуре. Никакого противоречия с упомянутым положением нет. Наоборот, все особенности развития пирротина в виде самостоятельных выделений лишь раз подтверждают, что он действительно является низкотемпературным минералом.

Д. О. Онтоев указывает также, что часть пластинчатых агрегатов пирита могла образоваться на месте разложенных и выщелоченных нерудных минералов. Среди карбонатизированных таблитчатых обособлений он отмечает наличие мелких реликтов щелочного амфибола и очень редко скаполита. Как показывают наблюдения, подобное образование пластинок пирита (и других сульфидов) имело место и притом не было столь ограниченным, как считал Д. О. Онтоев.

В центральных частях сферолитов, в массивных вкрапленных и брекчиевидных рудах таблитчатые выделения карбонатизированных ранних нерудных минералов встречаются очень часто. Кроме амфибола и скаполита в них наблюдаются реликты пироксена, особенно в брекчиевидных и бедных вкрапленных рудах, где нередко встречаются своеобразные «сталактитовые» текстуры: довольно крупные (до 15—25 мм) пластинки и таблички ранних нерудных минералов окаймлены многочисленными зонами магнетита. По измененным пластинчатым выделениям ранних нерудных минералов, по-видимому, образовалась лишь часть мелкопластинчатых агрегатов пирита — главным образом в центральных частях сферолитов и в сплошных массивных рудах.

Тщательные наблюдения (с применением структурного травления) показывают, что мелкие пластиночки пирита и карбонатов очень часто приурочены к контактам, стыкам отдельных зерен магнетита (см. рис. 2). Это отмечается как в центральной части сферолитов, где зерна магнетита более или менее изометричные, так и в зоне шестоватого магнетита. Кроме того, в зоне шестоватого магнетита пластинки пирита нередко пересекают несколько зерен магнетита и проходят совершенно независимо от их стыков, но в общем направлении, близком к радиальному. Иногда от них под углом 30—60° в отдельные индивиды магнетита отходят примерно такие же мелкие пластиночки (метельчатые, перистые текстуры). При этом как в пластинках, приуроченных к стыкам отдельных зерен магнетита, так и в расположенных независимо от индивидов магнетита никогда не встречаются реликты ранних нерудных минералов. Последние представлены почти исключительно карбонатами с очень редкой и незначительной примесью хлорита. Края этих пластинок карбонатов всегда очень неровные, зазубренные, отчетливо видно разъедание магнетита.

Именно в таких трещинках и пластинках развиваются все рудные минералы, для которых известны пластинчатые агрегаты. Все это приводит к выводу, что происхождение подобных пластинчатых выделений минералов связано с механическими причинами — дроблением, брекчированием руд. В частности, в сферолитовых рудах подтверждением этому служит увеличение числа таких трещинок (пластинок рудных и

нерудных минералов) в направлении наибольшего давления, которое фиксируется развитием серии грубопараллельных крупных трещин. В таком случае линии соприкосновения отдельных зерен магнетита, естественно, оказываются наиболее ослабленными и именно по ним и вдоль них образуются мелкие трещинки, которые затем заполняются пиритом и другими минералами. Поэтому в центральной части сферолитов, где магнетит мелкозернистый, пластиночки пирита мелкие, а в зоне *а* — длинные. Становится ясным и появление секущих или веерообразно расходящихся и перистых трещинок — они могли развиваться по направлениям октаэдрической отдельности магнетита (рис. 4, б).

Пирит в этих трещинках отлагался раньше всех рудных минералов, а также, вероятно, и карбонатов. Об этом свидетельствуют следующие факты: пластинчатые выделения пирита имеют наиболее прямолинейные контуры, тогда как пластинки всех других минералов — зазубренные; толщина пиритовых участков в «комплексных» пластинках обычно больше, чем нерудных или халькопиритовых; между пиритом и магнетитом имеются каемки карбоната, а в пирите — прожилки карбоната. Таким образом, при развитии пирит не только (возможно даже не столько) заполняет эти трещины, но и замещает ранний магнетит. Развитие в столь тесненных условиях и явилось причиной появления необычных для пирита агрегатов. По-видимому, именно этими же условиями объясняется и наличие в пирите биминеральных пирротин-халькопиритовых включений.

Карбонатизация руд привела к появлению как самостоятельных, так и «комплексных» (вместе с пиритом) пластиночек карбонатов, по которым развиваются все остальные сульфиды, а также поздние генерации магнетита. При развитии позднего пирротина выравнивания стенок почти не происходит, благодаря чему его пластинки всегда имеют зазубренные, но плавные очертания. Строго прямолинейные пластинки пирротина наблюдаются лишь в тех случаях, когда они располагаются между крупными идиоморфными зернами магнетита. Примерно так же, как пирротиновые, образуются пластинки халькопирита, а при развитии сфалерита в пластинках карбонатов магнетит не замещается. В результате подобные агрегаты поздних сульфидов сохраняют форму карбонатных пластинок.

Крупные таблитчатые выделения сульфидов в сферолитовых рудах встречаются очень редко. Как указывалось, они более характерны для брекчиевидных и бедных вкрапленных руд, значительно реже наблюдаются в сплошных. Однако в механизме их образования много общего с тонкопластинчатыми агрегатами.

Тонкопластинчатые агрегаты среди сульфидов свойственны почти исключительно позднему пириту (за исключением марказита, который иногда замещает пирит). Другие сульфиды (халькопирит, сфалерит) наблюдаются только в качестве незначительной примеси, а подобных самостоятельных обособлений не образуют. Форма этих агрегатов очень часто неправильная, линзо- и клиновидная с неровными зазубренными очертаниями (рис. 7). Наиболее правильные таблитчатые агрегаты пирита обычно располагаются в центральной части ритмически-зональных пальцевидных и «сталактитовых» обособлений магнетита. При этом довольно часто наблюдаются прожилки позднего пирита, секущие зональные образования магнетита и нередко соединяющие гнездообразные и неправильные скопления крупнозернистого пирита с пластинчатыми его агрегатами. Прожилковый, пластинчатый и гнездовой пириты образовались одновременно, и только в зависимости от места образования форма выделений оказывается различной. Подобно мелкопластин-

чатым, крупнотаблитчатые агрегаты также нередко оказываются «комплексными» с той же ассоциацией рудных и нерудных минералов. Но в них гораздо чаще наблюдаются реликты ранних скарных минералов — пироксена и скаполита. Вероятно, более крупные индивиды последних не были изменены в начальную стадию гидротермального процесса, но оказались неустойчивыми позднее, что и вызвало их разложение, замещение кальцитом (или выщелачивание) и затем поздним пиритом. Но условия для кристаллизации пирита здесь были уже более свободными, что дало возможность кристаллизоваться более крупнозернистым агрегатам. Биминеральные халькопирит-пирротиновые включения в этом пирите отсутствуют. Замещения магнетита пиритом здесь совершенно не наблюдается, но в то же время довольно часто встречаются участки пластинок, сложенные поздним магнетитом, что, вероятно, связано с карбонатным метасоматозом руд и частичным переотложением магнетита.

ВЫВОДЫ

1. Магнетитовые руды сферолитовой текстуры являются метасоматическими образованиями типа «турмалиновых солнц». Появление руд подобной текстуры связано с возникновением пересыщенных рудоносных растворов на отдельных благоприятных участках месторождения, массовым выпадением из них скоплений зародышей и последующим ростом на этих скоплениях более крупных шестоватых и изометричных агрегатов магнетита.

2. Реакционные каемки сферолитов образовались в результате метасоматического замещения магнетита карбонатами (сидеритом и кальцитом) и хлоритом. Мощность и сложность строения каемок зависят от состава и количества нерудного цемента, что, в свою очередь, определяется длительностью и интенсивностью процессов позднейшего изменения руд.

3. Тонкопластинчатые агрегаты сульфидов образовались в результате роста в стесненных условиях: в промежутках между индивидами магнетита; в трещинах скола отдельных зерен магнетита и его агрегатов; в измененных пластинчатых выделениях ранних нерудных минералов. Пирит в таких агрегатах ранний, с мелкими биминеральными халькопирит-пирротиновыми включениями.

4. Крупнотаблитчатые агрегаты позднего пирита образовались в результате замещения измененных крупных таблитчатых выделений ранних нерудных минералов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. О процессах формирования руд в жильных гидротермальных месторождениях. Сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.
2. Бетехтин А. Г., Генкин А. Д., Филимонова А. А., Шадлун Т. Н. Сб. «Текстуры и структуры руд». Госгеолтехиздат, 1958.
3. Григорьев Д. П. О генезисе натечных или метаколлоидных колломорфных агрегатов минералов. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, 1953, ч. 82, вып. 1.
4. Дымков Ю. М. Одновременный совместный рост кристаллов и сферолитов. Тр. минерал. музея, 1957, вып. 8.
5. Калинин П. В. О шарообразной форме выделений графита. Тр. МГРИ, 1948, т. 23.
6. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов. Сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.
7. Кузнецов В. Д. Кристаллы и кристаллизация. Госгеолтехиздат, 1953.
8. Лебедев Л. М. Морфологические особенности кварца и касситерита из Шах-Шагайлинского месторождения. Геология рудных месторождений, 1959, № 3.

9. Левицкий О. Д. К вопросу о значении коллоидных растворов при рудоотложении. Сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.

10. Онтеев О. Д. Описание руд магнетитовых месторождений. Сб. «Магнетитовые руды Кустанайской области и пути их использования». Изд-во АН СССР, 1958.

11. Онтеев О. Д. О колломорфных образованиях магнетита и своеобразных пластинчатых и таблитчатых выделениях пирита в магнетитовых рудах. Тр. минерал. музея, 1959, вып. 9.

12. Павлова И. Г. О сферолитовых агрегатах топаза. Зап. Всесоюзн. минерал. об-ва, 1959, ч. 88, вып. 2.

13. Павлов Н. В. О гипогенных магнетит-гематитовых оолитах из железорудных месторождений Ангара-Илимского района. Изв. АН СССР. Серия геологич., 1956, № 4.

14. Радкевич Е. А. О рудах коллоидного происхождения. Изв. АН СССР. Серия геологич., 1952, № 2.

15. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд-во АН СССР, 1955.
