

## РЕДКИЕ ГРАФИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ПАР МИНЕРАЛОВ КИНОВАРЬ + АНТИМОНИТ, КИНОВАРЬ + ХАЛЬКОПИРИТ И ИХ ГЕНЕЗИС

**В.И. Васильев**

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

Рассмотрены редкие графические структуры пар минералов киноварь + антимонит из руд сурьмяно-ртутного месторождения Хайдаркан (Кыргызстан) и киноварь + халькопирит из комплексных руд полисульфидно-флюоритового месторождения Идермег-Баян-Хан-Ула (Монголия). Их рисунок напоминает узор папиллярных линий кожи пальцев. На основании характерных признаков предполагается формирование графической структуры киноварь + антимонит в два приема процесса гипогенного минералообразования: 1) интерстициальное замещение киноварью предварительно гранулированного антимонита; 2) локальная перекристаллизация совместных агрегатов при динамометаморфизме руд с частичной миграцией вещества и образованием «упорядоченных» графических структур. Данной структуре присвоено название «графическая структура гипогенной перекристаллизации».

Происхождение впервые наблюдавшейся графической структуры киноварь + халькопирит объяснено непосредственным гипогенным замещением киновари халькопиритом, проникающим по контактам зерен и сопровождающимся разрастанием площади замещения. Эту структуру предлагается называть «графической структурой гипогенного замещения». Причины избирательного замещения киновари халькопиритом, способствовавшие появлению оригинального рисунка структуры, пока неясны.

*Антимонит, киноварь, халькопирит, графическая структура, динамометаморфизм, грануляция, замещение, гипогенная перекристаллизация.*

## RARE GRAPHIC TEXTURES OF CINNABAR-STIBNITE AND CINNABAR-CHALCOPYRITE PAIRS AND THEIR GENESIS

**V.I. Vasil'ev**

We consider the rare graphic textures of the cinnabar-stibnite and cinnabar-chalcopyrite pairs from the Khaidarkan Sb-Hg deposit (Kyrgyzstan) and the Idermeg-Bayan-Khan-Ula polysulfide-fluorite complex deposit (Mongolia). They resemble the ridge pattern on finger skin. Typical signs suggest the formation of the cinnabar-stibnite graphic texture in two stages of hypogene mineralization: (1) interstitial replacement of granulated stibnite by cinnabar and (2) local recrystallization of combined aggregates during the dynamic metamorphism of the ores with partial migration of substance and the formation of "ordered" graphic textures. This texture is named "the graphic texture of hypogene recrystallization."

The formation of the cinnabar-chalcopyrite graphic texture, which has been observed for the first time, is attributed to direct hypogene replacement of cinnabar by chalcopyrite. Chalcopyrite crystallization along the contacts of cinnabar grains is accompanied by the growth of the replacement area. It is proposed to name this texture "the graphic texture of hypogene replacement." The causes of the selective replacement of cinnabar by chalcopyrite, which gave rise to this peculiar texture, remain uncertain.

*Stibnite, cinnabar, chalcopyrite, graphic texture, dynamic metamorphism, granulation, replacement, hypogene recrystallization*

## ВВЕДЕНИЕ

При минераграфическом изучении руд сурьмяно-ртутного месторождения Хайдаркан (Кыргызстан) и комплексного (с сульфидами Fe, Pb, Zn, Cu, Hg и др.) флюоритового месторождения Идермег-Баян-Хан-Ула (Монголия) автор наблюдал необычные структурные взаимоотношения киновари и антимонита, киновари и халькопирита, напоминающие папиллярные узоры кожи пальцев или извилистые ходы, оставленные на древесине личинкой жука-короеда. Для давно известных похожих структур, контактирующих друг с другом борнита и халькозина, Ф. Лэней [Laneу, 1911] впервые применил название «кристаллографическое прорастание» (crystallographic intergrowth). Постепенно оно трансформировалось через «графическое прорастание» пока не приобрело современное звучание — «графическая структура» [Ransome, 1914; Segall, 1915; Rogers, 1916; Whitehead, 1916; Van der Veen, 1925; Григорьев, 1928; Schwartz, 1931, 1932, 1942, 1951; Бетехтин, 1937; Талдыкин и др., 1954; Исаенко, 1975; и др.]. Однако

кроме визуального впечатления о рисунке сростка минералов этот термин не несет генетической информации без дополнительных пояснений. Параллельно существовало и другое название для аналогичных или близких структур рудных минералов — «мирмекитовые сростания», заимствованное из петрографии, куда его ввел в 1899 г. Х. Седерхольм для оригинальных прорастаний полевого шпата и кварца, характеризующих специфические условия их формирования [Левинсон-Лессинг, Струве, 1963]. В рудной микроскопии оно использовалось отдельными авторами почти до конца XX в. [Schneiderhöhn, Ramdohr, 1931; Ramdohr, 1945; Рамдор, 1962; Крейг, Воган, 1983], хотя еще И.Ф. Григорьев считал целесообразным оставить за такими сростками термин «графические структуры». Одновременно он предлагал: «...Для определения структур минеральных сростаний в рудах правильнее употреблять двойные названия, указывающие, с одной стороны, на внешний вид сростания, с другой, на способ его образования. Например, «решетчатая структура распада смеси», «графическая структура замещения»... [Григорьев, 1928, с. 19]. Справедливость замечания очевидна, поскольку при кажущемся сходстве рисунков нескольких структур способ образования каждой может быть различным. Нередко его расшифровка представляет сложную задачу либо из-за недостатка надежных критериев, либо вследствие неоднозначной их интерпретации. По этим причинам некоторые исследователи, изучавшие одни и те же сростания минералов, делали несовпадающие выводы [Laney, 1911; Graton, Murdoch, 1914; Segall, 1915; Rogers, 1916; Whitehead, 1916; Van der Veen, 1925; Bastin et al., 1931; Schwartz, 1931, 1942, 1951]. Не так давно была дана очередная трактовка условий возникновения графической структуры «аллемонита» (сростание стибарсена с Sb и As), рассматривавшаяся прежде как результат распада твердого раствора [Van der Veen, 1925; Schwartz, 1931; Ramdohr, 1945; и др.]. Новая версия [Bayliss, 1991] предполагает, что входящие в «аллемонит» фазы могли обособиться при разложении парадокрита —  $Sb_2(Sb,As)_2$  [Leonard et al., 1976]. По мнению Д. Крейга и Д. Вогана, противоречивые заключения по генезису ряда структур вообще обусловлены тем, что «...многие структуры еще недостаточно поняты и опытные исследователи, занимающиеся изучением руд, еще не достигли согласия относительно их происхождения» [Крейг, Воган, 1983, с. 131].

Появление графических структур в рудах связано как с гипогенными процессами минералообразования, так и с последующим изменением руд и происходит при: 1) одновременном отложении минералов в точке эвтектики (эвтектическая структура); 2) распаде твердого раствора (эвтектоидная структура); 3) гипогенном и гипергенном замещении одного минерала другим; 4) перекристаллизации руд. Считается, что преобладают графические структуры распада твердого раствора, гипо- и гипергенного замещения. Единственный случай графической структуры, вероятно, одновременного отложения (эвтектического?), рассмотрен П. Рамдором [Ramdohr, 1945, табл. 10, рис. 13]. Сведения о графических структурах, связанных с перекристаллизацией руд, можно найти в этой же работе [Ramdohr, 1945, табл. 10, рис. 14; и др.].

Способ образования структур взаимного проникновения, к которым относятся и графические структуры, подчас настолько спорен, что тогда, как отметил П. Рамдор, «...от их генетического объяснения необходимо отказаться» [Рамдор, 1962, с. 116]. Особенно трудно отделить графические структуры эвтектической кристаллизации от таких же по виду структур распада твердого раствора, так как определяющие их признаки практически совпадают. По высказыванию Г. Шварцца «никакого реального отличия не было сделано металлографами между характером эвтектической и эвтектоидной структур» [Schwartz, 1931, р. 745]. Между тем в попытке их разграничения можно использовать следующие критерии, намеченные многими наблюдениями: 1) для графической структуры эвтектического происхождения типично отсутствие зернистого строения или зерна часто неотчетливы и фиксируются только изменением вида рисунка; востки одного минерала в другом имеют плавные, округленные границы и одинаково оптически ориентированны; один из минералов, как правило, преобладает, а другой может одновременно встречаться в виде узких каем вокруг площадей с избыточным минералом; отсутствуют явные черты замещения; 2) для графической структуры эвтектоидного способа образования (распад твердого раствора) обязательно зернистое строение; рисунок структуры не пересекает границ соприкасающихся зерен, а в каждом зерне оптическая ориентировка составляющих минералов различна, и их контуры сглажены; нет явных следов замещения. Кроме того, упоминаются также субграфическая и псевдоэвтектическая структуры, вид которых отдаленно напоминает узор «эталонной» графической структуры и обусловлен гипогенным замещением одного минерала другим при последовательной кристаллизации из расплавов и растворов и, может быть, при одновременном супергенном отложении минералов [Lindgren, 1930; Талдыкин и др., 1954]. Общими для них служат коррозионные границы проникновения замещающего вида по кристаллографическим направлениям, межзерновым контактам минерала-хозяина, его реликты в поле замещения и т.д.

Среди двойных сочетаний рудных минералов графической структуры, перечисленных в статьях, монографиях, атласах [Laney, 1911; Graton, Murdoch, 1914; Ransome, 1914; Segall, 1915; Rogers, 1916; Whitehead, 1916; Van der Veen, 1925; Григорьев, 1928; Bastin et al., 1931; Schneiderhöhn, Ramdohr, 1931;

Schwartz, 1932, 1942, 1951; Бетехтин, 1937; Талдыкин и др., 1954; Рамдор, 1962; Исаенко, 1975; и др.] изучавшиеся автором сростки минералов киноварь + антимонит и киноварь + халькопирит не значатся, вероятно, из-за их редкости. В настоящей статье даны описания и интерпретация генезиса структурных узоров обеих пар минералов.

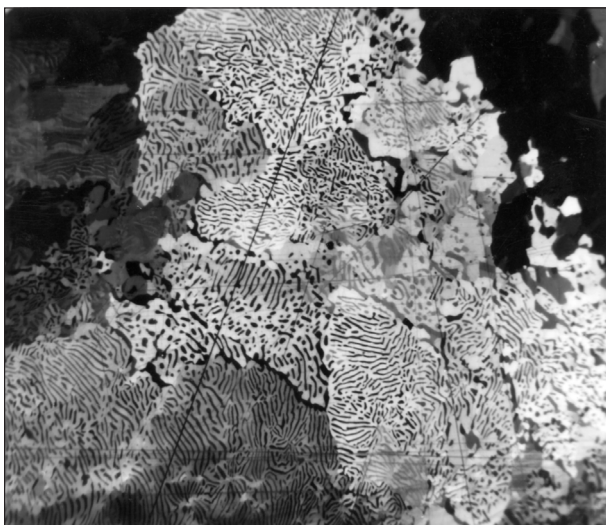
### ГРАФИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ КИНОВАРЬ + АНТИМОНИТ

Первое краткое и, по-видимому, единственное упоминание о таких структурах в рудах сурьмяно-ртутного месторождения Хайдаркан (Кыргызстан) содержится в монографии [Бетехтин и др., 1964]. Его геологическое строение хорошо известно [Сауков, 1932; Поярков, 1937; Смирнов, 1947; Никифоров, 1969; Кузнецов, 1974; Металлогения..., 1976; и др.]. Рудное поле месторождения включает группу сближенных участков со смешанной сурьмяно-ртутной и преимущественно ртутной (киноварной) минерализацией. Минералообразование происходило в несколько стадий, что обусловило множество текстурных типов руд. Их минеральный состав в целом обширен и некоторые виды представлены несколькими генерациями. В их числе кварц, флюорит, кальцит, антимонит, киноварь и др. В список гипогенных ртутьсодержащих и собственно ртутных сульфосолей и сульфидов входят: Hg-блеклая руда, акташит, галхаит, ливингстонит, Hg-сфалерит, метациннабарит, киноварь и др. Обычный порядок кристаллизации этих минералов, наблюдавшийся на других объектах сурьмяно-ртутной формации, сохраняется в основном и здесь: в ассоциациях соединений продуктивных стадий метациннабарит и киноварь являются поздними видами среди сульфидов. Как правило, в каждую стадию перед сульфидами ртути отлагается антимонит, которого они в разной степени замещают. При наложении последующей стадийной или внутрестадийной ассоциации минералов, взаимоотношения очередного антимонита с ранней кинovarью приобретают обратный характер.

Происхождение иллюстрируемых в коллективной монографии графических структур [Бетехтин и др., 1964, рис. 730, 731] авторы предположили как результат непосредственного замещения антимонита кинovarью.

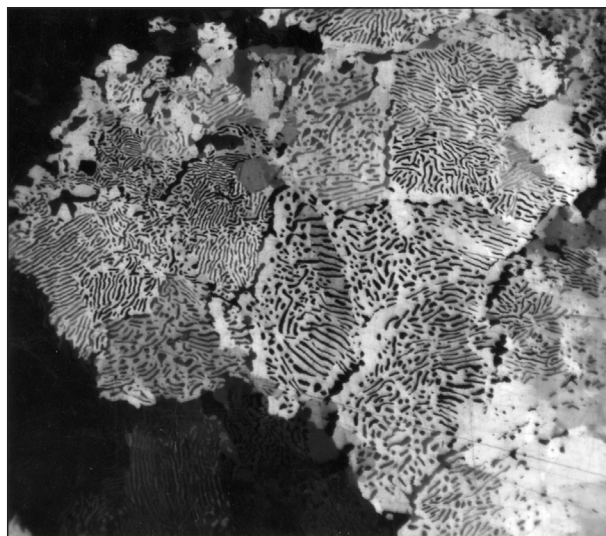
Аналогичные графические структуры киновари и антимонита еще раз обнаружены автором настоящей статьи на небольших площадях аншлифов руд с доминирующей антимонитовой составляющей и кварц-флюоритовой матрицей. Их рисунок (рис. 1, 2) ничем не отличается от примера из цитированной выше монографии. Однако только прямым замещением трудно объяснить внешний вид структуры. Очевидно, способ ее образования сложнее и не ограничивается одноактным процессом.

Большая часть антимонита и киновари в рудах месторождения относится к ранней генерации. Оба минерала содержат признаки динамического воздействия: пластинчатые, пластинчато-перистые двойники, локально следы грануляции и перекристаллизации. Проникая в антимонит по микротрещинам и промежуткам зерен, киноварь иногда замещает его почти полностью (рис. 3).



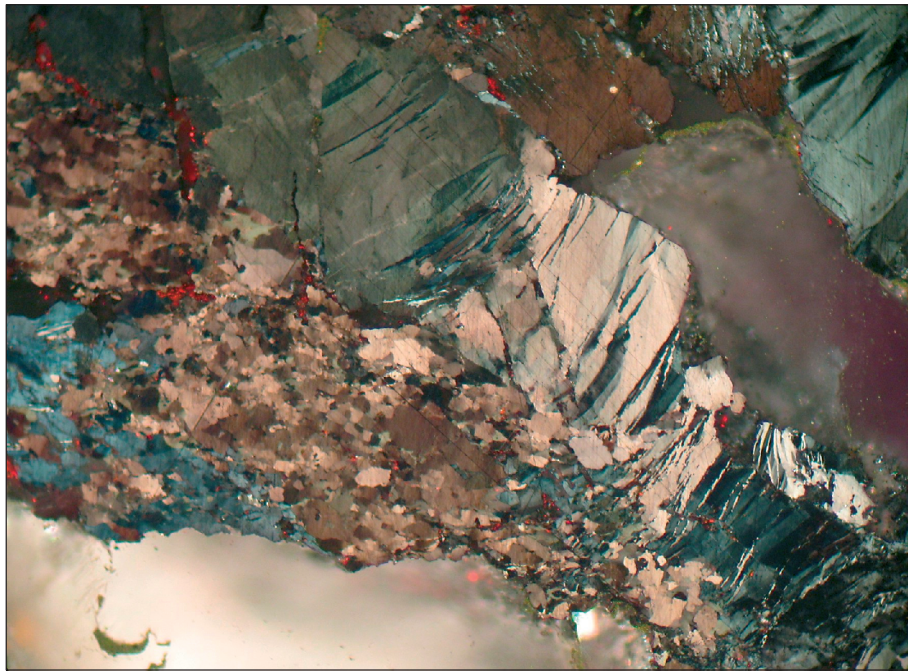
**Рис. 1.** Графическая структура перекристаллизованных сростков киноварь + антимонит.

Черное — киноварь, светло-серое и белое — антимонит. Масляная иммерсия. М-ние Хайдаркан.

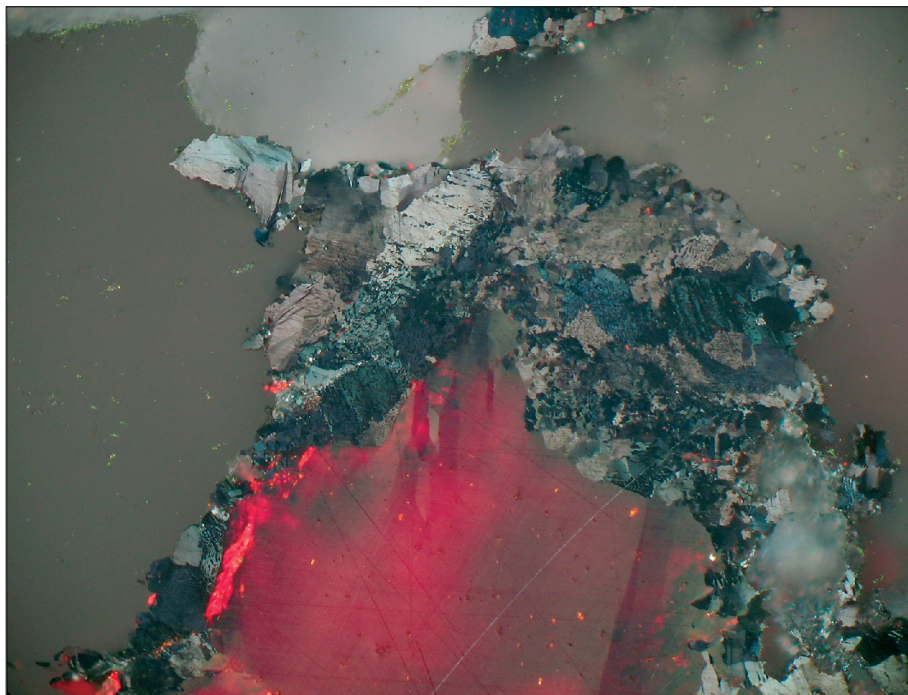


**Рис. 2.** Графическая структура перекристаллизованных сростков киноварь + антимонит.

Видны участки с «недооформленными» (эмульсионными) образованиями киновари (черное) в антимоните (серое, серо-белое). Масляная иммерсия. М-ние Хайдаркан.



**Рис. 3. Следы динамометаморфизма в антимоните (перистое двойникование, грануляция).**  
Киноварь (красное) в микротрещинах и в межзерновых пространствах антимонита. Николи +. Увелич.  $\times 200$ . М-ние Хайдаркан.



**Рис. 4. Гранулированный и частично перекристаллизованный антимонит вокруг киновари (красное с двойниками пластической деформации).**  
В массах антимонита присутствуют графические сростки киноварь + антимонит. Николи +. Увелич.  $\times 200$ . М-ние Хайдаркан.

Графические сростки  $\text{HgS}$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  приурочены к отдельным участкам гранулированного антимонита с беспорядочно ориентированными индивидами вокруг относительно крупных монозерен киновари и вдоль их контактов с нерудными минералами (рис. 4, 5). На рис. 5 отчетливо видно размещение графических сростков в трещине по границе киновари с флюоритом и ответвление тонкой жилки из такого же материала внутрь зерна сульфида ртути. Создается впечатление, что формирование сростков произошло в промежуточный период после кристаллизации ранних генераций антимонита и киновари и перед отложением позднего  $\text{HgS}$ . Высказанное предположение может быть подтверждено взаимоотношениями этой киновари с гранулированным, местами перекристаллизованным, антимонитом и с уже сформировавшимися сростками графической структуры. Отлагаясь в ослабленных зонах (трещины, контакты зерен минералов), киноварь не создает новых графических узоров, ограничиваясь неполным замещением перекристаллизованного антимонита (рис. 6).

Изучение графических сростков  $\text{HgS}$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  при большом увеличении микроскопа показывает, что в них заключены признаки, характерные как для структур одновременного отложения, так и для распада твердого раствора с небольшими нюансами. Например, наблюдается «фантомно-зернистое» строение скоплений сростков, отчетливое в поляризованном свете (см. рис. 1, 2). В них незначительно преобладает антимонит. Компоненты структуры в большинстве имеют несопадающую оптическую ориентировку в разных зернах и иногда в пределах некоторых из них. Есть редкие случаи, когда элементы структурного узора одного «фантом-зерна» пересекают нечеткие границы соседствующих зерен, кое-где меняя в новом месте оптическую ориентировку. По намечающимся межзерновым пространствам откладывается киноварь в виде прерывистых жилок. Отдельные фрагменты зерен содержат эмульсионную вкрапленность киновари с обособленными более крупными ее индивидами.

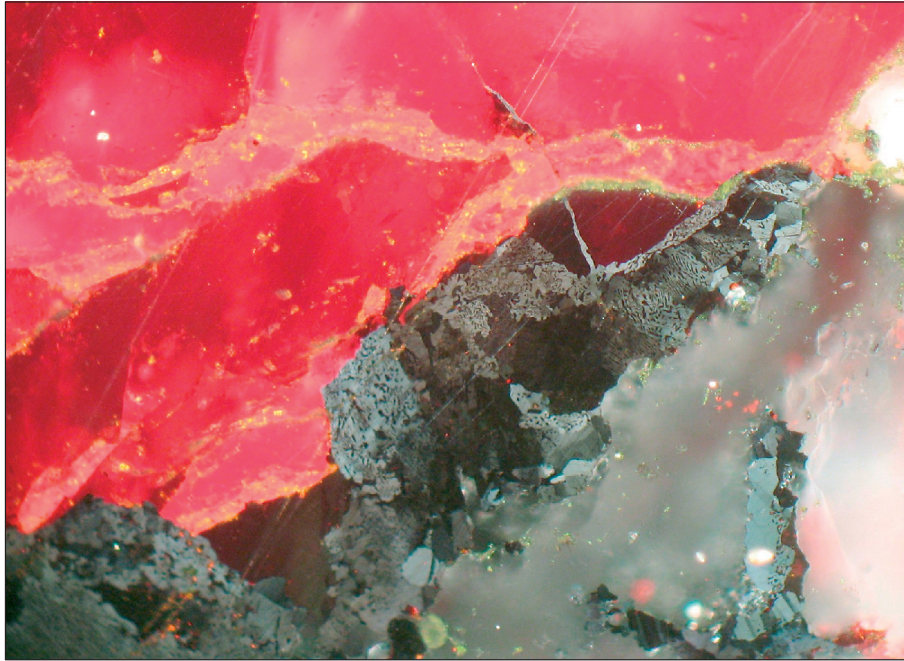
В свете сказанного в большей мере следовало бы допустить возникновение структуры в результате распада твердого раствора типа ливингстонита —  $\text{HgSb}_4\text{S}_8$  [ $(\text{HgS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3)\text{S}$ ], распространенного на месторождении, вероятно, в двух генерациях и кристаллизующегося в соответствующей ассоциации минералов до киновари. С другой стороны, возможность создания графических сростаний этим способом сомнительна, учитывая перечисленные отклонения признаков от упоминавшихся выше критериев. Более уверенно можно объяснить их генезис поэтапным формированием структуры. В первый момент, после местной грануляции антимонита, его хаотично расположенные зерна были частично замещены киноварью с образованием интерстициальных и псевдо-эвтектических, по В. Линдгрену [Lindgren, 1930], структур, в которых минералам свойственны коррозионные контуры. Четко графическая структура еще не намечена (рис. 7). Второй, окончательный, этап ее оформления, в зафиксированном в аншлифах виде, связан с очередным динамометаморфическим импульсом, при котором произошла локальная перекристаллизация агрегатов антимонит—киноварь интерстициального и псевдоэвтектического строения с укрупнением зерен, «упорядочением» рисунка структуры до типичного графического и внедрением по микротрещинам перегруппированного вещества (см. рис. 1, 2, 5).

Автор считает, что графическая структура киноварь + антимонит является итогом особого случая процесса гипогенного минералоотложения — начального замещения и последующей перекристаллизации общих агрегатов. К сожалению, диаграммы равновесия системы  $\text{Sb—Hg—S}$  нет и неясно, существует ли в ней область твердого раствора и эвтектики. Следуя рекомендации И.Ф. Григорьева [Григорьев, 1928], рассмотренную структуру сростков киноварь + антимонит предлагается именовать «графическая структура гипогенной перекристаллизации».

### ГРАФИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ КИНОВАРЬ + ХАЛЬКОПИРИТ

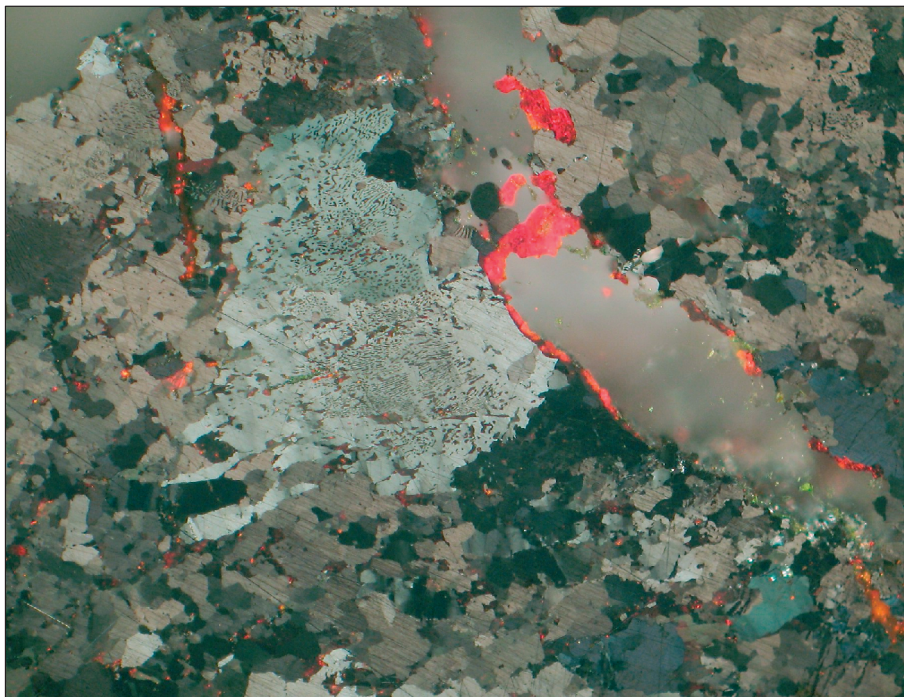
Необычная структура сростков киновари и халькопирита в рудах полисульфидно-флюоритового месторождения Идермег-Баян-Хан-Ула (Монголия) уже иллюстрировалась автором ранее в статье, посвященной ртутному оруденению Монголии [Кузнецов и др., 1978]. В ней рассмотрены геологическое строение месторождения, локализация, текстуры и минералогия комплексных руд, особенности проявлений в них минералов и их химического состава. Отмечено, что флюорит, кварц и некоторые сульфиды встречаются в нескольких генерациях.

Наиболее ранняя ассоциация гипогенных соединений в рудах, помимо халцедоновидного и кристаллического кварца, включает пирит, марказит, галенит, халькозин, халькопирит, ртутьсодержащие сфалерит и блеклую руду смешанного состава, киноварь и новый сульфид меди и ртути, впоследствии названный баянханитом [Васильев, 1981]. Кроме вкрапленности и жильных скоплений сульфидов в кварцевой основе зон дробления они образуют в такой же матрице, заполняющей пустоты и раздувы трещин, небольшие гнезда и линзы «сливных» руд с грубо выраженным зональным распределением минералов. Внешняя зона одной из таких линз, размером  $20 \times 15 \times 5$  см, с обеих сторон сложена марказит-пиритовым парагенезисом, сменяющимся в направлении к ее центру разреженной пирит-галенитовой, а затем галенит-халькозиновой с халькопиритом зонами. Центральная («ядерная») часть линзы выполне-



**Рис. 5. Графические сростки киноварь + антимонит в микротрещине между киноварью (красное) и флюоритом (серое) как результат перекристаллизации зерен гранулированного антимонита, ранее частично замещенного киноварью.**

Николи +. Увелич. ×200. М-ние Хайдаркан.

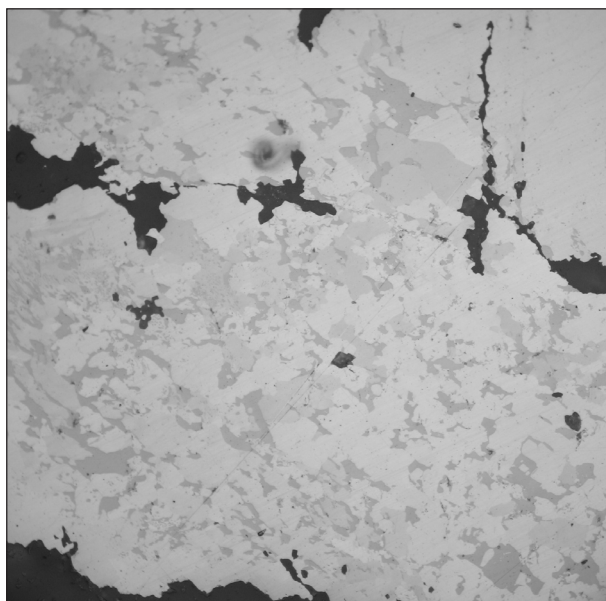


**Рис. 6. Отложение поздней киновари (красное) в микротрещинах и частичное замещение ею перекристаллизованных масс гранулированного антимонита.**

Николи +. Увелич. ×200. М-ние Хайдаркан.

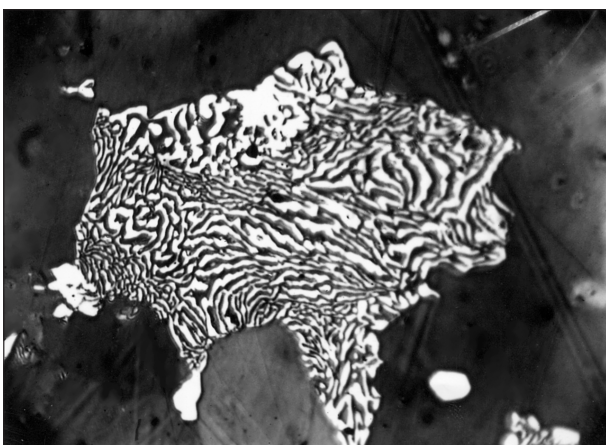
**Рис. 7. Гранулированный антимонит, замещающий киноварью: при последующей перекристаллизации образуются сростки графической структуры.**

Без анализатора. Увелич.  $\times 200$ . М-ние Хайдаркан.



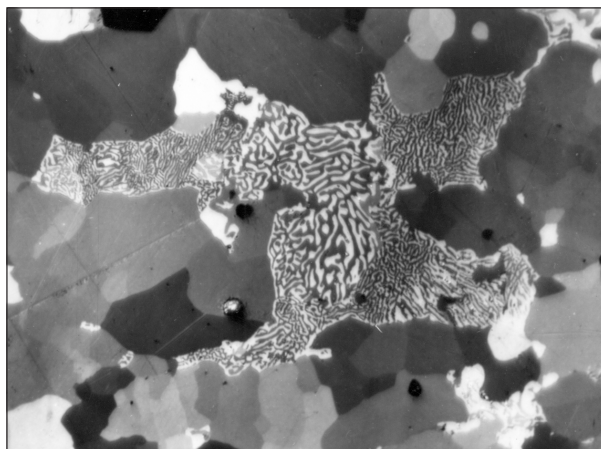
на вначале халькозин-киноварной с второстепенным халькопиритом и, далее, халькопирит-киноварной минерализацией с преобладанием сульфида ртути. Именно здесь и наблюдались графические структуры киноварь + халькопирит, взаимоотношения которых по первому впечатлению указывают на одновременную кристаллизацию обоих минералов (рис. 8). Заметим, что в отношении совершенно аналогичного узора структуры сростков халькопирита и станнина такой вывод, с некоторой долей сомнения, сделал П. Рамдор [Ramdohr, 1945, табл. 10, рис. 13].

Дальнейшее детальное изучение сростков показало, что их структура образовалась при гипогенном замещении киновари халькопиритом второй генерации, отлагавшимся после нее по границам зерен с расширением площади замещения. Во многих случаях одновременно кристаллизовались относительно крупные монокристаллы халькопирита без элементов «графики» (рис. 9). Такая же структура борнита и халькопирита рассматривалась как результат распада твердого раствора [Van der Veen, 1925, рис. 48]. В нашем случае хорошо видны облекание халькопиритом зерен киновари, формирование графической структуры, начиная с их контактов, и отдельные монокристаллы халькопирита, связанные с основной структурой (см. рис. 9). К сожалению, пока трудно объяснить причину (или причины) избирательного замещения, приводящего к появлению внешне различных по форме и размерам структур, но с выдержанным петлевидным и крючковатым рисунком обоих минералов, не подчиняющимся никаким кристаллографическим направлениям, трещиноватости и т.п. Это обстоятельство дополнительно усложняет понимание процесса формирования оригинального узора структуры. Не решает этого вопроса и предположение о замещении халькопиритом неупорядоченных масс гранулированной киновари по извилистым контактам зерен разного размера, поскольку в ней не установлено никаких признаков динамических преобразований. По крайней мере, в случае, обсуждавшемся в настоящей работе.



**Рис. 8. Одна из форм графических структур киноварь (серое, темно-серое) + халькопирит (белое).**

Без анализатора. Увелич.  $\times 600$ . М-ние Идермег-Баян-Хан-Ула.



**Рис. 9. Интерстициальное замещение халькопиритом (белое) киновари (серое и темно-серое).**

Николи слегка скрещены. Увелич.  $\times 300$ . М-ние Идермег-Баян-Хан-Ула.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучением сростков минералов киноварь + антимонит и киноварь + халькопирит с графическим структурным узором установлено:

1. Структура пары киноварь + антимонит сформировалась в два приема гипогенного процесса минерагенеза. Зерна и агрегаты раннего антимонита, вследствие динамических воздействий подвергшиеся дроблению и грануляции с беспорядочной ориентировкой фрагментов, вначале были локально замещены киноварью вдоль извилистых контактов разных по размерам его индивидов. После этого структура масс местами напоминала псевдозвтектическую (субграфическую) структуру (см. рис. 7). Следующим импульсом динамометаморфизма руд новообразованные агрегаты были частично перекристаллизованы. При этом в результате перегруппировки и миграции вещества окончательно оформилась типичная «упорядоченная» графическая структура сростков (см. рис. 1, 2). Автор предлагает назвать ее «графической структурой гипогенной перекристаллизации».

2. Впервые наблюдавшиеся автором графические структуры сростков киноварь + халькопирит обязаны происхождением прямому гипогенному замещению киновари халькопиритом поздней генерации вдоль контактов ее зерен с расширением площади замещения в направлении к их центрам. Неясной остается причина (или причины) избирательного механизма замещения, способствовавшего появлению причудливого структурного узора, изобилующего извилистыми внедрениями халькопирита. Данную структуру следует именовать «графической структурой гипогенного замещения».

Автор благодарен П.А. Неволько за микросъемки фрагментов аншлифов, В.С. Гимон, принимавшей участие в оформлении данной статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бетехтин А.Г.** Классификация структур и текстур руд // Изв. АН СССР, сер. геологич., 1937, № 1, с. 49—75.

**Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н.** Структурно-текстурные особенности эндогенных руд. М., Недра, 1964, 598 с.

**Васильев В.И.** Новые минералы руд ртутных и ртутьсодержащих месторождений и их парагенезисы // Эндогенные рудные формации и процессы рудообразования. Новосибирск, 1981, с. 119—126.

**Григорьев И.Ф.** Структуры минеральных сростаний в рудах // Зап. РМО (вторая серия), 1928, ч. 57, вып. 1, с. 11—60.

**Исаенко М.П.** Определитель текстур и структур руд. М., Недра, 1975, 229 с.

**Крейг Дж., Воган Д.** Рудная микроскопия и рудная петрография. М., Мир, 1983, 424 с.

**Кузнецов В.А.** Месторождения ртути // Рудные месторождения СССР. М., Недра, 1974, т. 2, 391 с.

**Кузнецов В.А., Оболенский А.А., Васильев В.И., Борисенко А.С.** Ртутное оруденение Монголии // Геология и генезис редкометаллических и полиметаллических месторождений Сибири (Тр. ИГГ СО АН СССР, вып. 404). Новосибирск, Наука, 1978, с. 5—26.

**Левинсон-Лессинг Ф.Ю., Струве Э.А.** Петрографический словарь. Госгеолиздат, 1963, 447 с.

**Металлогения ртути** / Под ред. В.И. Смирнова, В.А. Кузнецова, В.П. Федорчука. М., Недра, 1976, 256 с.

**Никифоров Н.А.** Ртутно-сурьмяное оруденение Южного Тянь-Шаня. Фрунзе, ИЛИМ, 1969, 239 с.

**Поярков В.Э.** Хайдаркан // Геология и рудоносность (Труды Таджикско-Памирской эксп. Вып. 62). М., Изд-во АН СССР, 1937, 284 с.

**Рамдор П.** Рудные минералы и их сростания. М., Изд-во иностр. лит., 1962, 1132 с.

**Сауков А.А.** Хайдарканское ртутно-сурьмяное месторождение // Труды Таджикско-Памирской эксп. Вып. 3 (13), М., Изд-во АН СССР, 1932, 125 с.

**Смирнов В.И.** Геология ртутных месторождений Средней Азии. М., Госгеолтехиздат, 1947, 80 с.

**Талдыкин С.И., Гончарик Н.Ф., Еникеева Г.Н., Розина Б.Б.** Атлас структур и текстур руд. ГОНТИ, 1954, 267 с.

**Bastin E.S., Gratton L.C., Lindgren W., Newhouse W.H., Schwartz G.M., Short M.N.** Criteria of age relations of minerals. With especial reference to polished sections of ores // Econ. Geol., 1931, v. 26, № 6, p. 561—610.

**Bayliss P.** Crystal chemistry and crystallography of some minerals in the tetradymite group // Amer. Miner., 1991, v. 76, № 1—2, p. 257—265.



- Graton L.C., Murdoch J.** The sulphide ores of copper. Some results of microscopical study // Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1914, v. XLV, p. 36—37.
- Laney F.B.** The relation of bornite and chalcocite in the copper ores of the Virgilina district of North Carolina and Virginia // Econ. Geol., 1911, v. VI, p. 399—411.
- Leonard V.B., Mead C.W., Finney J.J.** Paradocrasite  $Sb_2(Sb_1As)_2$ , a new mineral // Amer. Miner., 1976, v. 56, № 11—12, p. 1127—1146.
- Lindgren W.** Pseudo-eutectic textures // Econ. Geol., 1930, v. 25, № 1, p. 1—13.
- Ramdohr P.** Myrmekitische Verwachsungen von Erzen // Neues Jahr. Miner., Geol., Paläont., 1945, Abt. A, Bd. 79, H. 2, s. 161—191.
- Ransome F.L.** Copper deposits near Superior, Arizona // US Geol. Surv. Bull. 540, 1914, p. 139—158.
- Rogers A.F.** The so-called graphic intergrowth of bornite and chalcocite // Econ. Geol., 1916, v. 11, № 6, p. 582—593.
- Schneiderhöhn H., Ramdohr P.** Lehrbuch der Erzmicroskopie. Berlin, 1931, Zweiter Band. 714 s.
- Schwartz G.M.** Textures due to unmixing of solid solutions // Econ. Geol., 1931, v. 26, № 7, p. 739—763.
- Schwartz G.M.** Microscopic criteria of hypogene and supergene origin of ore minerals // Econ. Geol., 1932, v. 27, № 6, p. 533—553.
- Schwartz G.M.** Progress in study of exolution in ore minerals // Econ. Geol., 1942, v. 37, № 5, p. 345—364.
- Schwartz G.M.** Classification and definitions of textures and mineral structures in ores // Econ. Geol., 1951, v. 46, № 6, p. 578—591.
- Segall J.** The origin and occurrence of certain crystallographic intergrowth // Econ. Geol., 1915, v. 10, № 5, p. 462—470.
- Van der Veen R.W.** Mineragraphy and ore deposition, 1925, v. 1, 168 p.
- Whitehead W.F.** The paragenesis of certain sulphide intergrowth // Econ. Geol., 1916, v. 11, № 1, p. 1—13.

*Рекомендована к печати 18 октября 2012 г.  
Н.В. Соболевым*

*Поступила в редакцию  
9 июля 2012 г.*