

М. П. ИСАЕНКО

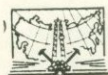
ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД



ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов геологических специальностей
вузов



МОСКВА «НЕДРА» 1983



Исаенко М. П. Определитель текстур и структур руд. 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра. 1983, 261 с.

Рассмотрено содержание терминов текстура и структура, парагенетическая минеральная ассоциация и др. Дана классификация и описаны морфологические виды текстур и структур по генетическим группам. В виде Атласа приведены фотографии и микрофотографии типоморфных текстур и структур для различных генетических типов месторождений. Дана таблица-определитель текстур и структур. Третье издание (2-е изд. 1975 г.) переработано и дополнено с учетом последних достижений в изучении состава и строения руд. Дополнены материалы по парагенетическому анализу руд, расширена качественная характеристика природных типов руд для технологических целей.

Для студентов геологических специальностей вузов.

Табл. 24, ил. 192, список лит. — 49 назв.

Рецензент — канд. геол.-минер. наук **Ю. С. Бородаев** (МГУ)

Настоящая книга является третьим переработанным и дополненным изданием учебного пособия по дисциплине «Методы лабораторного исследования руд». Автор на протяжении многих лет преподает этот курс в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе, а также в течение длительного времени проводит научно-исследовательские работы по изучению вещественного состава, текстур и структур руд.

В третье издание включены новые фактические данные, полученные за время, прошедшее после второго издания (1975 г.). Уточнена классификация текстур и структур; расширены материалы по текстурам и структурам — геологическим термометрам; значительно дополнены сведения по текстурам и структурам руд, неблагоприятным для обогащения; дана инструкция для составления курсовой работы по минераграфии.

Автор благодарен всем, кто своими критическими замечаниями и советами содействовал улучшению учебного пособия. Особую признательность автор выражает доценту Е. Л. Афанасьевой, которая провела большую работу по подготовке рукописи, ею написаны глава V «Парагенетический анализ руд» и раздел «Текстурно-структурный анализ медноколчеданных руд месторождения Кафан Армянской ССР» главы VI.

При написании пособия автор опирался на труды советских и зарубежных ученых, посвященные текстурному и структурному анализу руд. Однако, к сожалению, в настоящее время в литературе по текстурному и структурному анализу руд наблюдается тенденция к тому, что в ряде случаев авторы не учитывают различия в терминологии и в понимании текстур и структур, что приводит к путанице в терминологии и в понимании текстур и структур. В связи с этим автор считает необходимым отметить, что в настоящем пособии использованы термины и понятия, принятые в отечественной литературе по текстурному и структурному анализу руд. В то же время, где это возможно, автор старается привести термины и понятия, принятые в зарубежной литературе по текстурному и структурному анализу руд. В связи с этим автор считает необходимым отметить, что в настоящем пособии использованы термины и понятия, принятые в отечественной литературе по текстурному и структурному анализу руд. В то же время, где это возможно, автор старается привести термины и понятия, принятые в зарубежной литературе по текстурному и структурному анализу руд.

Руды металлических и неметаллических полезных ископаемых по сравнению с горными породами имеют более сложное и разнообразное строение. Это обусловлено особыми геолого-тектоническими, геохимическими и физико-химическими условиями процессов рудообразования. Как известно, рудные минералы по сравнению с породообразующими силикатами обладают большей способностью изменяться при диагенезе, метаморфизме и выветривании, что отражается на строении руды. Изучение текстур и структур различных руд стало неотъемлемой частью комплексного изучения месторождений полезных ископаемых.

В современных работах по минералогии [24, 27], геологии полезных ископаемых [35] или по рудной микроскопии [5, 8, 16, 25, 43] принято давать сведения о форме и внутреннем строении минеральных зерен и минеральных агрегатов, о вещественном составе парагенетических минеральных ассоциаций, которые используются при диагностике минералов, установлении последовательности их выделения, характеристике генетических типов месторождений полезных ископаемых. В книгах по рудной микроскопии выделены специальные главы и разделы, в которых описываются кристалломорфные особенности рудных минералов, текстуры и структуры руд, значение текстурно-структурного анализа при изучении генезиса месторождений и при обогащении руд.

При выяснении генезиса и технологических свойств руды большое внимание обращается на изучение текстур и структур. В настоящее время имеется многочисленная литература, посвященная текстурам и структурам руд. Однако до сих пор существует различное понимание терминов текстура и структура, применяются разные названия к одним и тем же видам минеральных сростаний. Текстуры и структуры руд часто изучаются разобщенно друг от друга, вне связи с их генетическими особенностями.

При составлении определителя текстур и структур руд автор использовал коллекции штуфов и шлифов, подбиравшиеся в течение многих лет на кафедре полезных ископаемых и в минералогическом музее МГРИ использовал также коллекции образцов и полированных шлифов, собранные лично при проведении многолетних минералогических исследований на медно-молибденовых месторождениях СССР и на медноколчеданных месторождениях Урала и Армянской ССР. В своей работе автор использовал коллекции других исследователей: Е. Л. Афанасьевой — по железорудным месторождениям Урала и Горной Шории, а также по колчеданным месторождениям Армении, Э. Х. Гуляна — по колчеданным и полиметаллическим месторождениям Армении, М. И. Калганова — по железорудным месторождениям Советского Союза.

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ О ТЕКСТУРАХ И СТРУКТУРАХ РУД

РАБОТЫ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ

В Советском Союзе ведется систематическое и всестороннее изучение вещественного состава и строения руд. Большую роль в развитии учения о текстурах и структурах руд сыграли работы И. Ф. Григорьева [11], А. Г. Бетехтина [7], С. И. Талдыкина, Н. Ф. Гончарик, Г. Н. Еникеевой, Л. Б. Розина [2], С. А. Вахромеева [8], Ф. Н. Шахова [41], Д. П. Григорьева [12] и др., в которых были даны определения понятий и классификация текстур и структур руд, а также детальные описания условий образования и изменения минеральных сростаний в рудах и характеристика их морфологических видов.

Первая морфологическая классификация структур минеральных сростаний в рудах. Академик И. Ф. Григорьев в 1928 г. опубликовал статью «Структуры минеральных сростаний в рудах», в которой была предложена первая в мире морфологическая классификация структур минеральных сростаний в рудах (табл. 1). В свое время это была наиболее полная сводка по рассматриваемому вопросу и она широко использовалась как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Работа представляла собой результат многолетних исследований и обобщала имеющийся литературный материал.

И. Ф. Григорьев составил классификацию структур руд на основе детального описания более 11 тыс. образцов руд из различных полиметаллических месторождений Алтая с использованием материалов из опубликованной им в 1927 г. монографии «Исследование алтайских руд в отраженном свете». Он просмотрел коллекции руд профессора П. П. Пилипенко из Томского университета, Барнаульского музея Алтайского отделения Русского географического общества, музея Ленинградского горного института. Небольшая часть образцов была собрана лично автором из отвалов. В отраженном свете изучено около 500 полированных шлифов, приготовленных вручную. Значение перечисленных музейных коллекций было огромным, так как в то время большинство полиметаллических рудников Алтая оказались заброшенными и затопленными, богатые руды из зоны вторичного сульфидного обогащения отработанными.

В основу классификации структур И. Ф. Григорьев (см. табл. 1) положил форму минеральных сростаний, наблюдаемую под

Классификация структур руд. По И. Ф. Григорьеву [11]

Морфологические виды	Генетические группы				
	отложения	распада смеси	замещения	метаколло- идные	давления
Зернистая	Часта				Часта
Порфировидная	Редка				
Графическая*	Спорна	Редка	Часта		
Субграфическая*	Часта		»	Часта	
Зональная	»	Сомнительна	Редка	»	»
Полосчатая*	»				
Оолитовая	Редка				
Петельчатая*		Часта	Часта		
Решетчатая		»	»		
Эмульсионная		»			
Неоднородная		»			
Нитеобразная*			»		
Раскрошенная			Редка		
Скелетная			»		
Дендритовая			Часта		
Цементная*			Редка		
Коллоидная*					
Перлитовая				»	
Сферолитовая				Редка	
Гелевая				»	
Смятия				»	»
Раздробленная				»	»

* Микротекстуры.

микроскопом. По И. Ф. Григорьеву, «...текстурами руд надо считать сложения, различаемые макроскопически, структурами — сложения, выступающие под микроскопом». Все выделенные автором морфологические виды структур детально описаны и иллюстрируются зарисовками.

Термины и определения, используемые в классификации И. Ф. Григорьевым, показывают нам, что в ней объединены структуры и микротекстуры. Большой заслугой И. Ф. Григорьева являются удачно подобранные названия морфологических видов минеральных сростаний, большинство из которых сохранено последующими исследователями.

Первая генетическая классификация текстур и структур руд. В 1937 г. появилась в печати классическая работа академика А. Г. Бетехтина, в которой даны морфогенетические определения понятий «текстура» и «структура» руды и составлена первая генетическая классификация главнейших типов текстур (табл. 2) и структур (табл. 3), получившая всеобщее признание и вошедшая во все отечественные учебники по рудной микроскопии и геологии полезных ископаемых. А. Г. Бетехтин под текстурами подразумевает: «...те черты строения, которые обусловлены формой, размерами и способом сочетания минеральных агрегатов, как со-



Иосиф Федорович Григорьев



Анатолий Георгиевич Бетехтин

ставных частей руды, отличающихся друг от друга по составу и часто по структуре...»; под структурой руды — «...те же особенности минеральных агрегатов, что и для горных пород, т. е. структурные их части, которые обуславливаются формой, размерами и способами сочетания кристаллических зерен, слагающих данный минеральный агрегат».

Работы И. Ф. Григорьева и А. Г. Бетехтина, посвященные классификации текстур и структур и основной терминологии, заложили фундамент учения о текстурах и структурах руд.

Развитие учения о текстурах и структурах руд во второй половине XX в. В этот период интенсивно разведываются и отрабатываются месторождения полезных ископаемых как в СССР, так и за рубежом. Результаты проведенных многолетних, детальных исследований минерального состава и строения руд различных генетических типов отражаются в многочисленных работах по текстурам и структурам руд. Происходит дальнейшее совершенствование терминологии и генетической классификации текстур и структур, причем большое внимание обращается на текстуры.

В 60-е годы А. Г. Бетехтин и его ученики — А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлун — опубликовали две фундаментальные монографии по текстурам и структурам руд. В 1958 г. вышла первая монография «Текстуры и структуры руд», а в 1964 г. — вторая — «Структурно-текстурные особенности эндогенных руд» [36]. Они были составлены на основе многолетних исследований руд из различных месторождений СССР, проведенных лично авторами, содержали описание строения платиновых, хромитовых, марганцевых, медно-никелевых, колчеданных, полиметаллических, урановых и других руд. Был также обобщен огромный литературный материал по изучению минералогии, строения и генезиса руд из многочисленных месторождений СССР, собран-

Классификация главнейших типов текстур

I. Текстуры эндогенных руд			
магматической сегрегации и ликвации	отложенных путем метасоматоза	отложенных путем выполнения пустот	выветривания руд
Массивная Вкрапленная Пятнистая Полосчатая (флюктуационная) Псевдослоистая (как результат гравитационной дифференциации) Брекчиевидная	Массивная (без следов реликтовых текстур) Вкрапленная Пятнистая Атакситовая Слоистая (как реликтовая) Петельчатая	Текстуры пересечения (жильная текстура) Полосчатая (как результат выполнения серии параллельных трещин) Текстура разлома Петельчатая Брекчиевая Брекчиевидная Вкрапленная Пятнистая Полосчатая (флюктуационная) Полосчатая (как результат последовательного отложения) Крустификационная Кокардовая Друзовая Метаколлоидная Ритмическиполосчатая Колломорфная Атакситовая	Корковая Концентрически-зональная Порошковая (землистая) Охристая (сажистая) Пористая Пещеристая (кавернозная) Ячеистая (сотовая)

ный отечественными учеными. В этих книгах детально охарактеризованы разнообразные формы минеральных сростаний и условия их образования в эндогенных и экзогенных месторождениях полезных ископаемых, а также рассмотрены основы парагенетического анализа руд, методика изучения текстур и структур руд, практическое значение детальных текстурно-структурных исследований руд с точки зрения их обогащения и для поисково-разведочных целей. Монографии А. Г. Бетехтина и его учеников—очень полезные руководства и справочники по теории и практике текстурно-структурного анализа руд.

Профессор С. А. Вахромеев — выдающийся ученый, неутомимый исследователь геологии и вещественного состава рудных месторождений Урала, Сибири и других районов Советского Союза, автор учебников, монографий и многочисленных статей по геологии полезных ископаемых и рудной микроскопии. В своих работах он обращает большое внимание на строение руды, придавая текстурам, структурам и внутреннему строению зерен первостепенное значение при изучении генезиса месторождений полезных ископаемых и при технологической переработке руды. В класси-

руд. По П. Г. Бетехтину [7]

II. Текстуры экзогенных руд			III. Текстуры метаморфогенных руд
коллоидных рудных отложений	цементации сульфидных руд	седиментационных руд	
Массивная Губчатая Колломорфная Сталактитовая Концентрически-скорлуповатая Жеодовая Друзовая Текстуры выполнения трещинных пустот и брекчий Землистая (иловая) Ноздреватая Слоистая Конкреционная	Корковая Петельчатая (ре- шетчатая) Концентрически- зональная Пятнистая Массивная Колломорфная	Слоистая Косослоистая Линзовидная Конкреционная Конгломератовая Брекчиевая (как результат переме- ва с раздроблени- ем хрупких обра- зований)	Сланцеватая Плойчатая Полосчатая (как результат раз- вальцевания суль- фидных руд) Брекчиевидная Различные виды реликтовых тек- стур Различные виды текстур перетол- жения

фикации С. А. Вахромеева (табл. 4) были впервые выделены морфологические группы текстур.

Профессор Ф. Н. Шахов — выдающийся сибирский ученый, член-корреспондент АН СССР. Он первый из отечественных геологов ввел микроскопию руд в высшем учебном заведении. Заведывая кафедрой полезных ископаемых Томского политехнического института, Ф. Н. Шахов многие годы составлял музейную коллекцию, послужившую в дальнейшем основой для его известной монографии [41]. Изучение текстур Ф. Н. Шахов рассматривал как необходимый этап работы геолога, предшествующий микроскопическому исследованию, поскольку именно в текстурном узоре отражаются многие морфологические и генетические черты оруденения. В монографии Ф. Н. Шахов выделил восемь морфологических групп текстур в оригинальной классификации (табл. 5), распределив их по генетическим типам месторождений.

Большую ценность для понимания текстур и структур полезных ископаемых представляет книга Д. П. Григорьева [12]. В этой работе охарактеризованы три этапа развития минераль-

Классификация главнейших структур руд. По А. Г. Бетехтину [7]

Структуры кристаллизации минералов из жидких расплавов или растворов		Структуры распада твердых растворов	Структуры пере- кристаллизации	Структуры ката- кlastические	Структуры руд оса- дочного происхож- дения
зернистые	коррозионные				
Аллотриоморфнозер- нистая (панидиоморф- нозернистая)	Разъедания	Эмульсионная	Гранобластическая	Структура смятия	Обломочная*
Гипидиоморфнозер- нистая	Пересечений*	Пластинчатая или решетчатая струк- туры дистектики	Порфиробластиче- ская	Гранокластическая	Органогенная*
Порфировидная	Петельчатая* и ре- шетчатая* структуры замещения	Петельчатая структура	Пойкилобластиче- ская	Порфирокластиче- ская	Оолитовая*
Пойкилитовая	Структуры* остатков от замещения	Зернистая струк- тура дистектики	Идиобластическая		Кристаллобласти- ческая
Эвтектическая (эвтек- тофировая)	Графическая структу- ра замещения	Эвтектоидная	Радиально-лучи- стая и сферолито- вая		
Скрытокристалличе- ская и гелевая	Скелетная структура замещения				

* Микротекстуры.

Классификация важнейших текстур руд. По С. А. Вахромееву [8]

Морфологические группы		Геологические (генетические) группы					
		магматические	контактово-метасоматические	гидротермальные	выветривания	осадочные	метаморфогенные
Неоднородные	Однородные (равномерные)	Массивная Вкрапленная	Массивная Вкрапленная	Массивная Вкрапленная	Пористая Порошковая		Массивная (переотложенная)
	Удлиненные (плоско-вытянутые)	Полосчатая (флюктуационная)	Слоистая (реликтовая)	Полосчатая Жильная Линзовая <u>Крустификационная</u>		<u>Слоистая</u> <u>Линзовидная</u>	<u>Сланцеватая</u> <u>Полосчатая</u> <u>Реликтовая</u>
	Округлые	<u>Нодулярная</u>		Кокардовая Колломорфная	Концентрически-зональная <u>Конкреционная</u> Оолитовая Почковидная	Оолитовая Конгломератовая	Реликтовая
	Неправильные (прочие)	<u>Такситовая</u> (шлировая) Брекчиевидная	<u>Пятнистая</u> <u>Друзовая</u> Брекчиевидная	<u>Пятнистая</u> <u>Друзовая</u> Брекчиевидная Брекчиевая	Корковая Жеодовая Друзовая Ячеистая Сталактитовая Петельчатая Органогенная (реликтовая)	Брекчиевая (обломочная) Органогенная (реликтовая)	<u>Плоичатая</u> <u>Брекчиевая</u>

Примечание. Для каждой генетической группы подчеркнуты типоморфные текстуры.

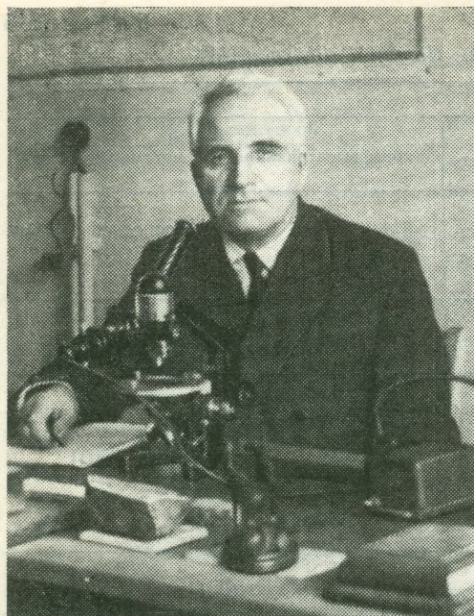
Распределение главнейших морфологических групп текстур руд

Номер группы	Морфологические группы текстур	Генетический	
		магматический	метасоматический
1	Массивные	Массивные (нодулярные, петельчатые, сидеронитовые)	Массивные (плотные)
2	Пятнистые	Такситовые, шшировые	Пятнистые
3	Вкрапленные	Текстуры включений	Вкрапленники слабой минерализации Вкрапленность интенсивной минерализации (текстуры включений)
4	Полосчатые	Полосчатые (флюгуационные, эвтакситовые)	Полосчатые (унаследованные, бурундучные, ритмически-полосчатые)
5	Друзовые	Миаролитовые	Друзовые текстуры перекристаллизации
6	Текстуры стесненных условий кристаллизации (метаколлоидные и др.)	Шаровые, сферолитовые	Шаровые, лучистые, скорлуповатые, оолитовые
7	Текстуры деформаций	Брекчиевидные	Брекчиевидные, псевдобрекчиевидные
8	Сложные текстуры наложений: сетчатые, петлевидные, катакластиче		

по генетическим типам месторождений. По Ф. Н. Шахову [41]

тип месторождения			
выполненных пустот (жилы)	осадочный	коры выветривания	метаморфогенный
Массивные (плотные)	Массивные		Массивные (плотные)
Пятнистые	Пятнистые	Пятнистые	Пятнистые
Текстуры включений	Текстуры включений	Текстуры включений	Реликтовые вкрапленные руды (фальбанды)
Крустификационные, поясовые, книжные, ритмически-полосчатые	Слоистые	Корковые, крустификационные, унаследованные	Параллельно-кристаллические текстуры Реликтовые (слоистые и сланцеватые)
Друзовые текстуры выполнения пустот и перекристаллизации; гребенчатые, шестоватые текстуры жалетов	Друзовые	Друзы перекристаллизации	Друзовые текстуры альпийских жил (перекристаллизации)
Сферолитовые, ритмически-параллельные, метаколлоидные	Оолитовые, конкреционные	Концентрически-зональные, пизолитовые, сталактитовые, грубопористые, шлаковые	
Брекчиевидные, брекчиевые, штокверковые, кокардовые, кольчатые	Сланцеватые и др.	Брекчиевые	Сланцеватые, брекчиевые

ские и др.



Сергей Андреевич Вахромеев

ных индивидов и минеральных агрегатов: зарождение — рост — изменение. Данная книга — первая работа в нашей и зарубежной литературе, в которой обобщены материалы по генезису минеральных индивидов и их агрегатов.

В 1954—1955 гг. вышли первые атласы и определители текстур и структур руд с наборами типичных фотографий, микрофотографий и зарисовок, характеризующих сростания рудных минералов, форму и внутреннее строение зерен отдельных минералов. Главная цель таких работ — научить исследователя определять текстуры и структуры руд методом сравнения изображений.

За последние десятилетия в советской литературе появился ряд фундаментальных трудов и статей [19, 28], посвященных минералогии и строению руд различных рудных формаций черных, цветных, благородных и других металлов.

В 1975 г. вышла работа М. П. Исаенко, в которой автор систематизировал текстуры и структуры и представил Атлас текстур и структур руд. В течение ряда лет все это проверялось на занятиях со студентами и аспирантами по курсу полезных ископаемых и минераграфии и способствовало лучшему усвоению материала. В классификациях-определителях М. П. Исаенко [16] и С. А. Юшко [43] выделены новые морфогенетические группы текстур (коррозионные) и структур (метазернистые).

Первый Атлас текстур и структур железных руд был составлен М. И. Калгановым [20]. В работе [2] помещены первые схемы определителей текстур и структур. За последние десять лет в советской литературе появился ряд замечательных монографий по минералогии, текстурам и структурам руд [1; 3; 14; 21; 22; 23 и др.], в которых собран и систематизирован обширный материал по текстурно-структурным особенностям руд (вещающих пород). В монографиях приведено описание условий образования текстур и структур руд (пород) и их морфологических видов. Составлены классификации промышленных руд, детально описаны их типы и сорта. Даны многочисленные фотографии и зарисовки зерен минералов и их агрегатов, которые могут служить

наглядным справочным руководством по текстурам и структурам руд (пород). Такие монографии представляют собой обобщение большого фактического материала по геолого-минералогическому изучению месторождений [15; 31; 33; 34; 38; 40].

В ряде работ Н. В. Петровской и Т. Н. Шадлун 1966—1972 гг. рассмотрены понятия «парагенетическая минеральная ассоциация» и материалы, характеризующие главные типы минеральных ассоциаций некоторых гидротермальных месторождений, а также суммированы новые данные о типоморфизме минералов и парагенетических минеральных ассоциациях.

В современной литературе недостаточно освещены практические вопросы, относящиеся к изучению вещественного состава, текстур и структур, а также физических и физико-механических свойств руд, как геолого-минералогической основы их технологической оценки. Первые работы о значении минерального состава и строения руд при изучении их обогатимости были составлены исследователями для руд черных металлов.



Феликс Николаевич Шахов

РАБОТЫ ЗАРУБЕЖНЫХ УЧЕНЫХ

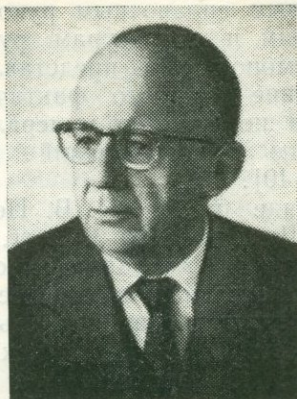
Среди зарубежных работ, посвященных строению руд, следует отметить ряд монографий и статей, в том числе книги А. Эдвардса [Edwards, 46], Э. Бастина [Bastin, 45]. Г. Шварцца [Schwartz, 49], О. Эльснера [Oelsner, 48] и П. Рамдора [32]. Основной недостаток этих работ заключается в том, что в них отсутствует единство в терминах «текстура» и «структура» руды.

В работах А. Эдвардса и Э. Бастина мы находим хороший описательный материал по строению руд и способу их образования из различных зарубежных месторождений с многочисленными иллюстрациями. Сведения о способе образования минерального вещества и возникновении тех или иных морфологических видов структур и текстур очень часто основываются на результатах изучения как естественных минеральных веществ, так и синтетических соединений, полученных в лабораторных условиях. Эти работы дают не только обширный материал по описанию структурных и текстурных особенностей руд, в них также обращается большое внимание на значение структур и текстур руд для решения многих вопросов рудничной геологии и обогащения руд.

Э. Бастин и особенно А. Эдвардс отмечают значение текстур руд для установления последовательности отложения рудообразующих минералов и температуры их образования. Они подробно



Оскар Вальтер Эльснер



Пауль Рамдор

останавливаются на критериях, указывающих на одновременное, последовательное и перекрывающее отложение минералов.

А. Эдвардс [46] в своей работе обращает внимание на текстуры в связи с обогащением руд. Он указывает, что изучение состава, формы и размеров зерен промышленных минералов, их ассоциаций, характера жильных минералов, наличия в минералах вредных примесей, степени окисления минералов дает очень полезные сведения для выбора технологии обработки руд, причем такое изучение должно применяться не только к необработанной руде, но и к продуктам обогащения (рудным концентратам и хвостам) на различных стадиях обработки руды, чтобы определить, за счет чего происходят потери ценных компонентов.

В работе Г. Швартца [Schwartz, 49] приведена классификация текстур и минеральных структур. Однако ее нельзя признать удовлетворительной, так как она представляет собой перечень всех наиболее распространенных морфологических видов текстур и структур, которые автор объединяет под одним термином «текстура», и морфологических видов структур кристаллического зерна. Г. Шварц делит текстуры и структуры на четыре группы: 1) первичные текстуры; 2) вторичные текстуры; 3) текстуры распада твердого раствора; 4) минеральные структуры.

В первой группе Г. Шварц выделяет 22 морфологических вида, которые, как он считает, возникли во время первичной кристаллизации минерального вещества. К этой группе он относит следующие текстуры: полосчатую, коррозионную, цементную, кокардовую, колломорфную, гребенчатую, кристаллографическую, дендритовую, зернистую, пятнистую, оолитовую, порфиловую, проволочную, разетковидную, сферолитовую и ряд других. Во второй группе Г. Шварц выделяет 17 морфологических видов: пористую, брекчиевую, реликтовую, текстуру смятия, смещенную двойниковую, метаколлоидную, нитеобразную, каемчатую, прожилковую и др. Эти текстуры, как он считает, возникли не при

первичной кристаллизации минерального вещества, а в процессе замещения или в результате динамометаморфизма. В третьей группе текстур он рассматривает следующие виды: кристаллографические (решетчатую, пластинчатую, треугольную, серийную), сетчатую, или петельчатую, эмульсионную, графическую и эвтектоидную. В четвертой группе перечисляются структура смятия, структура «елочной», пластинчато-двойниковая, полисинтетически-двойниковая, зональная и скелетная структуры.

Немецкие ученые П. Рамдор, О. Эльснер и др. в своих работах приводят описания минерального состава парагенетических ассоциаций и особенностей их сростаний в рудах. О. Эльснер — профессор, заведующий кафедрой рудных месторождений в Фрейбергской горной академии (1950—1963 гг.), ректор Фрейбергской горной академии (1959—1961 гг.) — обращал большое внимание на изучение вещественного состава руд и на минеральные сростания в них. В одной из последних крупных работ О. В. Эльснера [Oelsner, 48] охарактеризованы главнейшие парагенетические минеральные ассоциации эндогенных, экзогенных и метаморфогенных руд на примере рудных месторождений из различных стран мира. Автор придает большое значение при диагностике минералов парагенезису и форме сростаний рудообразующих минералов в парагенетической ассоциации. В Атласе приведено 493 микрофотографии характерных сростаний между минералами главнейших парагенетических ассоциаций в рудах; на них показаны форма и внутреннее строение зерен и мономинеральных агрегатов, признаки замещения и динамометаморфизма.

П. Рамдор — крупнейший ученый с мировым именем в области геологии и минералогии рудных месторождений, профессор, заведующий кафедрами в Технической высшей школе в Аахене (1926—1934 гг.), в университете в Берлине (1926—1934 гг.), в университете в Гейдельберге (1950—1955 гг.). Им опубликовано свыше 120 работ по геологии, минералогии, текстурам и структурам руд месторождений полезных ископаемых. В 1962 г. в Советском Союзе издана его монография [32], которая по своей полноте является уникальным справочником в мировой литературе по детальному микроскопическому описанию рудообразующих минералов и их сростаний. В книге помещено 637 микрофотографий, характеризующих сростания рудных минералов, форму и внутреннее строение зерен отдельных минералов. П. Рамдор придает большое значение иллюстрациям, которые могут быть использованы при сравнении руд многих месторождений.

Г. Фрейнд в 1966 г. опубликовал крупную монографию [47]. Некоторые разделы книги написаны П. Рамдором, Г. Револомом, Х. Френбергом. В ней рассмотрены теория и практика рудной микроскопии в свете решения задач обогащения руд черных, цветных, благородных и радиоактивных металлов. В общих чертах вопросы практической минераграфии охарактеризованы Ю. Кэмероном [25].

ПОНЯТИЕ О ТЕКСТУРЕ, СТРУКТУРЕ, МИНЕРАЛЬНОМ АГРЕГАТЕ, МИНЕРАЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ И МИНЕРАЛЬНОМ ЗЕРНЕ

Прежде всего остановимся на рассмотрении терминов «текстура», «структура», «минеральный агрегат», «минеральная ассоциация» и «минеральное зерно».

Текстурой называется строение руды, обусловленное формой, размерами и характером срастания минеральных агрегатов. Под минеральным агрегатом следует понимать характерные сростки зерен или коллоидных частиц минералов определенной парагенетической минеральной ассоциации. Парагенетическая минеральная ассоциация — группа минералов, образовавшихся совместно, одновременно или близкоодновременно в равновесных физико-химических условиях. Морфогенетическими особенностями минерального агрегата являются минеральный состав, форма, размеры и структуры. Каждый отдельный минеральный агрегат образуется в одну стадию минерализации. Минеральный агрегат выделяется в руде по совокупности признаков: вещественному составу, форме, размерам и структуре (табл. 6).

Главнейшие морфологические виды агрегатов следующие: пятнистые (вкрапленность, пятна, нодулы и др.); удлиненные (полоски, прослойки, прожилки и др.); друзовые и жеодовые; натечные и сферические (оолиты, почки, конкреции, фестоны, корки, сталактиты, сталагмиты, гроздья и др.); обломочные (обломки, галька, валуны, псевдооолиты и др.); органогенные (окаменелые остатки флоры и фауны); коррозионные (скелеты, реликты-остатки, каемки, решетки и др.); каркасные. Размеры таких агрегатов колеблются от долей миллиметра до 10 см и более в поперечнике. В рудах выделяются макротекстуры, если величина агрегата более 2 мм в поперечнике, и микротекстуры, если величина агрегата менее 2 мм.

Вещественный состав агрегата определяется парагенетической ассоциацией минералов и химических элементов. При характеристике строения руды за морфологическую единицу текстуры могут быть приняты мономинеральные и полиминеральные агрегаты зерен или коллоидных частиц.

Внутреннее строение агрегата (типоморфные структуры) обусловлено срастаниями минеральных зерен и коллоидного вещества в данной парагенетической ассоциации минералов. В зависимости от формы и размера минеральных агрегатов и способов их сочетания в пространстве текстуры подразделяются на морфологи-

Морфогенетические особенности, образование и изменение минеральных агрегатов

Группы	Морфогенетические особенности				Образование	Изменение
	Главнейшие формы	Размеры	Минеральный состав	Структуры		
1	Пятнистые (вкрапленность, пятна, нодулы и др.)	>2 мм (макротекстуры)	Мономинеральный агрегат	Зернистые и коррозийные	В процессе магматической ликвации и кристаллизации	В процессе выветривания и метаморфизма (дробление, смятие, рас-
2	Удлиненные (полоски, прослойки, прожилки и др.)	<2 мм (микротекстуры)	Полиминеральный агрегат	Метазернистые Коллоидные и метакolloидные	В процессе седиментации и диагенеза	кристаллизация, перекристаллизация минералов)
3	Друзовые и жео- довые			Кристаллобла- стические и распа- да твердого раствора	При заполнении пустот в породах и рудах	
4	Натечные и сфери- ческие (оолиты, почки, конкреции, фестоны, корки, сталактиты, ста- лагмиты, гроздьи и др.)			Катакластические и кластические	При замещении пород и руд	
5	Обломочные (об- ломки, галька, ва- луны, псевдоолиты и др.)					
6	Цементные					
7	Органогенные (окаменелые ос- татки флоры и фауны)					
8	Коррозийные (скелеты, релик- ты-остатки, каем- ки, решетки и др.)					
9	Каркасные					

Морфогенетические особенности, образование и изменение

Морфогенетические особенности

Главнейшие формы	Размеры, мм	Строение
Идиоморфная, гипидиоморфная, аллотриоморфная, псевдоморфозы, реликтовая (остатки), осколочная и обломочная	Весьма крупные (>20); крупные (от 20 до 2); средние (от 2 до 0,2); тонкие (от 0,2 до 0,02)	1. Однородное 2. Неоднородное: секториальное, зональное, двойниковое, concentрически-зональное, трещинки усыхания для коллоидных выделений
Эмульсионная, пластинчатая	Весьма тонкие, эмульсионные (от 0,02 до 0,002)	
Скрытокристаллическая	Субмикроскопические (от 0,02 до 0,0002)	
Коллоидная	Коллоидно-дисперсные ($<0,0002$)	

Примечание. Размеры минеральных зерен приведены по В. А. Глазковскому [10].

ческие виды, например вкрапленная, прожилковая, брекчиевая и др.

Структурой называется строение минерального агрегата, обусловленное формой, размерами и характером срастания минеральных зерен. Морфологической единицей структуры является минеральное зерно, или минеральный индивид. Понятие минеральный индивид введено в литературу Д. П. Григорьевым [12]: «Индивид — это образовавшееся в природе обособление однородного химического вещества, физически отделенное от других естественными поверхностями раздела. Индивидом являются как природный кристалл, ограниченный кристаллическими гранями, так и каждое минеральное зерно или другое однородное выделение, отделенное от соседнего поверхностями соприкосновения». Агрегаты минералов, по Д. П. Григорьеву, — это сочетание минеральных индивидов.

Коллоидные агрегаты (скопления гётита, опала, хризоколлы, псиломелана, пирита и др.) сложены однородными выделениями, состоящими из скрытокристаллических и рентгеноаморфных частей. За морфологическую единицу структуры некоторые исследователи принимают однородное минеральное выделение, представляющее или мономинеральный агрегат зерен или мономинеральный агрегат коллоидных частиц. Срастания таких минеральных выделений эти исследователи называют структурами (например, графическая, субграфическая и др. [11]). Такие понятия были введены в литературу в ранние периоды развития минераграфии, когда «...текстурами считали сложения, различные макроскопически, а структурами — внутренние сложения, выступающие под микроскопом» [11].

минеральных зерен и коллоидного вещества

Включения	Образование	Изменение
Газообразные, жидкие, твердые Изоморфные примеси элементов Строение: пойкилитовое, ситообразное, эмульсионное, пластинчатое, решетчатое	Кристаллизация расплавов и растворов Метасоматизм Коагуляция коллоидов Отложение обломков минералов	Дробление и смятие минералов Распад твердого раствора Раскристаллизация и перекристаллизация минералов

Большинство исследователей минеральные сростания в рудах, обусловленные сочетанием мономинеральных агрегатов зерен, называют текстурами.

Минеральный индивид выделяется в агрегате по совокупности признаков (форма, размеры и внутреннее строение). Морфогенетические особенности минеральных зерен и выделений геля показаны в табл. 7. Главнейшими формами минеральных зерен являются: идиоморфная, гипидиоморфная, аллотриоморфная, скелетная, реликтовая, осколочная, обломочная, эмульсионная и др. Форма коллоидных частиц (аморфных и скрытокристаллических) различается под электронным микроскопом и при определении структуры не учитывается. Коллоидные частицы невидимы в поляризационном микроскопе. Для однородных выделений коллоидного вещества характерны сферические формы (шарики-глобулиты, концентрические зонки и др.), трещинки усыхания. В. В. Глазковский [9] подразделяет для железных руд минеральные индивиды и выделения по величине на группы: весьма крупные (>20 мм), крупные (от 20 до 2 мм), средние (от 2 до 0,2 мм), тонкие (от 0,2 до 0,02 мм), весьма тонкие (от 0,02 до 0,002 мм), субмикроскопические (от 0,002 до 0,0002 мм) и коллоидно-дисперсные ($<0,0002$ мм).

Кристаллы и минеральные зерна могут обладать однородным и неоднородным внутренним строением (зональное, двойниковое, секториальное и др.). Неоднородное строение зерен может быть вызвано присутствием твердых минеральных включений различного генезиса, создающих характерный рисунок (ситообразное, пойкилитовое, эмульсионное, пластинчатое и решетчатое строение). Форма, величина, внутреннее строение и пространственная

ориентировка минеральных зерен являются основными признаками для определения морфологических видов структур. В работе [37] даны текстуры, структуры и минеральный агрегат.

Следует еще раз напомнить разницу между понятиями текстура и структура. Ф. Н. Шахов [41] отмечал: «Текстурный узор возникает в породе или в руде в период ее образования, отражая закономерности пространственного расположения минерального вещества. Объектом изучения для определения текстуры являются минеральный агрегат, его форма, величина и взаимоотношения с другими минеральными агрегатами. Узор структуры определяется границами — очертаниями минеральных зерен, их формой, величиной и взаимоотношениями. Объектом изучения при этом является зерно». В советской литературе большинство исследователей понимают одинаково термины «текстура» и «структура».

В зарубежной литературе применяются различные толкования этих терминов. В американской литературе термин «структура» характеризует макростроение, термин «текстура» — микростроение. По А. Эдвардсу [Edwards, 46], Э. Бастину [Bastin, 45], Г. Шварцу [Schwartz, 49] и Ю. Кэмерону [25], термин «текстура» охватывает все виды сростаний между рудообразующими минералами. А. Эдвардс [46] широко применяет термин «текстура» для характеристики различных видов минеральных сростаний: внутреннего строения минеральных зерен (текстуры зональные, полисинтетически-двойниковые и др.); внутреннего строения минеральных агрегатов (текстуры зернистые, катакластические, распада твердых растворов и др.); сростаний минеральных агрегатов (текстуры полосчатые, крустификационные, колломорфные и др.).

Г. Шварц [49] делит текстуры на первичные и вторичные. Первичными текстурами он считает все формы строения руды, которые образовались в процессе накопления рудного вещества. К этой группе он относит следующие морфологические виды текстур: полосчатую, коррозионную, цементную, кокардовую, колломорфную, гребенчатую, зернистую, оолитовую, порфиловую, сферолитовую и ряд других. Вторичными текстурами он называет строение руды, которое возникает при ее изменениях под действием метаморфизма и выветривания. В группе вторичных текстур Г. Шварц выделяет следующие морфологические виды: пористую, брекчиевую, плойчатую, метаколлоидную, смешанную двойниковую и др. Он также выделяет в рудах «минеральную структуру», которая характеризует внутреннее строение зерен, например зональное, двойниковое и т. д.

Немецкие исследователи — Г. Шнейдерхен, П. Рамдор, О. Эльснер и др. — различают в рудах следующие типы минеральных сростаний: внутреннее строение зерен, структуры (сростания минеральных зерен и мономинеральных выделений) и текстуры (сростания минеральных агрегатов). П. Рамдор главное внимание обращает на микросростания минералов. В его работе [32] под названием структур описываются не только структуры, но также и микротекстуры.

ОПИСАНИЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

Таблица для определения текстур и структур руд (прил. 1) состоит из двух частей. В левой части таблицы даны морфологические группы и виды текстур и структур, в правой — генетические группы текстур и структур. Для каждой генетической группы приведены морфологические виды текстур и структур: шрифтом выделены наиболее характерные.

Вначале рассмотрим морфологические особенности строения руд. В таблице (см. прил. 1) текстуры и структуры подразделяются на морфогенетические группы, выделяющиеся по форме минерального агрегата или минерального зерна с учетом присущих им особенностей, свидетельствующих об условиях отложения или изменения руды. Для ряда морфогенетических групп текстур и структур облик морфологической единицы непосредственно указывает на ее генезис, например коррозионные текстуры и структуры, катакластические и кластические текстуры и структуры и др.

Для текстур выделено девять морфогенетических групп: однородные, пятнистые, удлинённые, друзовые и жеодовые, коллоидные и метаколлоидные, катакластические и кластические (обломочные), органогенные, коррозионные, каркасные. Для структур — шесть морфогенетических групп: зернистые, коррозионные, метазернистые, коллоидные, кристаллобластические, катакластические и кластические. В каждой такой группе выделяются морфологические виды текстур и структур. При определении морфологического вида текстур или структур обращают внимание на форму, размер, строение, пространственную ориентировку и способы срастания друг с другом морфологических единиц: минеральных агрегатов, минеральных зерен и коллоидного вещества. Иллюстрации морфологических видов текстур и структур помещены в Атласе (прил. 2).

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ВИДЫ ТЕКСТУР

Методы изучения текстур

Текстуры руд обычно изучаются макроскопически в забоях, обнажениях, образцах, кернах и пришлифовках размером 9×12 см; микротекстуры — в полированных и прозрачных шлифах. Текстуры руд исследуются на большом числе образцов и

шлифов, отбираемых систематически из различных участков рудного тела (по простиранию, вкрест простирания и по падению). Образцы руды с типичными текстурами отбираются также и из отвалов при их осмотре или опробовании.

При изучении текстур руд применяют различные методы окрашивания, травления, отпечатков, радиографический и люминесцентный. Методы окрашивания и травления используются при установлении взаимоотношений между различными минеральными агрегатами или минералами с близкими физическими свойствами (цветом, отражением и др.). С помощью определенных химических реактивов на минералах получают цветные пленки [16; 17]. При изучении формы минеральных агрегатов, сложенных радиоактивными минералами, хорошие результаты дает радиографический метод.

Изготовление радиографий сводится к получению полированной поверхности определенного штуфа или шлифа толщиной $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ мм, накладыванию полированной поверхности в темноте на эмульсию фотографической пластинки. Экспозиция устанавливается в зависимости от концентрации радиоэлементов и задач исследования. После проявления пластинки получается негативное изображение радиографии, в которой места наибольшего потемнения негатива отвечают наибольшей концентрации радиоэлементов в полированной поверхности штуфа или шлифа и наоборот. После отпечатка негатива радиографии на бумаге соотношения изменяются в обратную сторону — светлые участки отвечают наибольшей концентрации радиоэлементов, темные — наименьшей. Люминесцентный метод широко применяется в лабораторных и полевых условиях при изучении формы минеральных агрегатов, сложенных минералами, обладающими способностью холодного свечения в ультрафиолетовых, катодных и рентгеновских лучах.

Наиболее важные в генетическом и практическом отношении текстуры необходимо зарисовывать или фотографировать. Образцы, приготовленные для фотографирования, желательно отполировать или распилить; иногда перед фотографированием проводить выборочное окрашивание некоторых минеральных агрегатов, чтобы они лучше выделялись. Во многих случаях в качестве иллюстраций, характеризующих текстуры, могут быть использованы отпечатки минеральных агрегатов на фотобумаге [16].

Группы и виды текстур

По характеру распределения минеральных агрегатов текстуры руд подразделяются на однородные и неоднородные.

Однородными текстурами обладают руды, представленные одним минеральным агрегатом больших размеров, в котором минералы распределены равномерно, и поэтому такие руды в разных участках штуфа или в забоях горных выработок однородны по вещественному составу и структуре. В рудах с однородным строением форма минерального агрегата неопределенная, так как

ее нельзя наблюдать не только в штуфе, но иногда даже в забое горных выработок. Однородные текстуры подразделяются на массивные, равномерноокрапленные и порошковатые. Руды с однородным строением обычно встречаются сравнительно редко (см. прил. 2, рис. 1 и 2).

Массивная, или сплошная, текстура наблюдается в рудах, которые состоят из одного или нескольких ценных минералов, тесно примыкающих друг к другу и распределенных более или менее равномерно. Например, в массивной медноколчеданной руде главный минерал — пирит сростается с небольшим количеством халькопирита, который равномерно распределен в массе пирита и заполняет промежутки между его зернами. В магнетитовой или хромитовой руде рудные минералы тесно сростаются с нерудными минералами. Чаше массивные текстуры характерны для мономинеральных агрегатов, состоящих из одного рудного минерала и небольшой примеси другого рудного или нерудного минерала. Нерудные минералы составляют включения в рудных минералах или заполняют между ними небольшие промежутки в виде цемента. Термин «массивная текстура» обычно применяется для богатых руд, в которых рудные минералы преобладают над нерудными. Эти руды обычно не требуют предварительного обогащения.

Руды с массивной текстурой из различных участков рудного тела характеризуются одинаковым минеральным составом и структурами. Массивные руды в природе встречаются сравнительно редко. Под микроскопом они часто выглядят однородными. Неоднородное строение руд обусловлено не только неравномерным распределением минералов, но и неравномерной зернистостью минеральных агрегатов. Массивные текстуры наиболее характерны для руд магматического, осадочного и метаморфического генезиса.

Различаются эти руды между собой по характерным парагенетическим ассоциациям минералов и по структурам минеральных агрегатов.

Равномерноокрапленная текстура выделяется в том случае, если рудные минералы равномерно рассеяны в массе нерудных минералов, слагающих горную породу или жильную массу.

Порошковатая текстура характеризует сложение рыхлого мономинерального агрегата, состоящего из минеральных зерен или коллоидных частиц.

Неоднородные текстуры наиболее распространены и подразделяются на восемь морфогенетических групп: пятнистые, удлиненные, друзовые и жеодовые, коллоидные и метаколлоидные, катакластические и кластические, органогенные, коррозионные, карбасные.

Пятнистые текстуры характеризуются минеральными агрегатами неправильной, изометричной и округлой формы в виде вкрапленности, пятен, гнезд и нодулей. Такие агрегаты распределены

неравномерно в горных породах или рудах. Размеры минеральных агрегатов разнообразные. Морфологические виды текстур в этой группе — вкрапленная, пятнистая и нодулярная (см. прил. 2, рис. 3—7).

Вкрапленная текстура характеризуется неравномерным распределением мелких рудных агрегатов (отдельных зерен или их сростков) в горной породе или в массе жильных минералов, например в кварце, барите, карбонатах и т. д. Форма вкрапленности неправильная, линзовидная, изометричная, а размеры от тысячных и сотых долей миллиметра до 1 см. Количество рудных минералов в зависимости от типа руды измеряется тысячными и сотыми долями процента или первыми десятками процентов.

Вкрапленность рудных минералов может быть сингенетическая, когда она образуется одновременно с вмещающим минеральным агрегатом, эпигенетическая, когда она образуется при наложении на ранние минеральные агрегаты поздних минералов, связанных генетически с последующими этапами и стадиями минерализации, и реликтовая, сохранившаяся при метаморфизме породы или руды.

Вкрапленные текстуры наблюдаются в рудах всех генетических типов месторождений полезных ископаемых. Часто они встречаются в рудах магматического и постмагматического генезиса. Принято считать, что вкрапленные текстуры характеризуют бедные руды. Эти руды, как правило, требуют предварительного обогащения. Между рудами с вкрапленной, пятнистой и массивной текстурами наблюдаются постепенные переходы.

Очковая текстура является разновидностью вкрапленной; характеризуется овальной, линзообразной или удлинённой формой вкрапленности и развивается при процессах динамометаморфизма.

Пятнистая текстура характеризует такие формы срастания, когда один рудный минеральный агрегат или несколько агрегатов в форме пятен и гнезд развиты в массе другого рудного или нерудного минерального агрегата. Величина минеральных агрегатов изменяется от одного до нескольких сантиметров. Пятнистые текстуры наблюдаются во всех генетических типах месторождений, но наиболее широко они развиты в метасоматических месторождениях и жилах выполнения. Между рудами с массивной и пятнистой текстурой, а также между рудами с пятнистой и вкрапленной текстурой часто существуют постепенные переходы.

Нодулярная текстура является разновидностью пятнистой текстуры и характерна для хромшпинелидов и медно-никелевых руд. Отдельные нодулы диаметром от 5 до 15 мм обладают овальной, реже округлой формой, с резкими границами. Они заключены в массе измененных породообразующих минералов. Нодулы располагаются то полосами, то в беспорядке и обособляются в процессе ликвации. Параллельная вытянутость их обусловлена течением в магме при ее кристаллизации. Структуры нодулей — зернистые.

В рудах также встречаются унаследованные вкрапленная и пятнистая текстуры, образующиеся при псевдоморфном замещении минеральных агрегатов в форме вкрапленности и пятен.

Удлиненные текстуры наблюдаются в рудах, сложенных минеральными агрегатами, вытянутыми в определенном направлении и различающимися мощностью, структурами, составом, размерами зерен и окраской. Минеральные агрегаты, имеющие форму полосок, прослоек, линз и плиток сланцеватости, обычно располагаются более или менее параллельно друг другу. Минеральные агрегаты прожилковой или прожилкообразной формы образуются при заполнении трещин или при замещении вдоль трещин и часто располагаются беспорядочно. Нередко прожилки пересекаются друг с другом, образуя текстуры пересечения. Своеобразные минеральные агрегаты — корки и дендриты — представляют сростки кристаллических зерен или коллоидное вещество в трещинах.

Характерными морфологическими видами текстур в этой группе являются полосчатая, унаследованная полосчатая, гнейсовидно-полосчатая, крустификационная, слоистая, псевдослоистая, линзовидная, сланцеватая, плейчатая, прожилковая, прожилкообразная, пересечения, петельчатая, корковая, дендритовая.

Полосчатая текстура характеризуется чередованием полосок различного минерального состава, различной зернистости или различных по окраске полос одного и того же минерала. Полосы имеют мощность от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Длина полосок по простиранию колеблется от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Вообще полоски всегда по простиранию короче слоев и прослоек. Границы между полосами резкие или постепенные. Полосчатая текстура широко развита в рудах чаще всех генетических групп, в особенности в магматических, осадочных (см. прил. 2, рис. 8, 9), постмагматических и метаморфизованных.

В метасоматических рудах развита полосчатая унаследованная текстура (см. прил. 2, рис. 10, 11). Такая текстура характеризуется чередованием полосок замещающего минерального агрегата с остатками замещаемой породы или руды или полосами, сложенными новыми минеральными агрегатами, образовавшимися в процессе замещения слоистой или полосчатой породы.

Гнейсовидно-полосчатая текстура (см. прил. 2, рис. 12, 13) характеризуется наличием линзовидных, чечевицеобразных и полосчатых минеральных агрегатов, вытянутых в одном направлении и взаимно переходящих друг в друга. В гнейсовидных рудах каждая полоска или линзочка содержит все компоненты, слагающие руду, но в различных количественных соотношениях. В минеральных агрегатах наблюдается ориентировка зерен, что отличает их от руд с первичным полосчатым строением. В гнейсовидных рудах наблюдаются также разрывы и смещения полосок. Обычно гнейсовидные руды связаны постепенными пе-

реходами со сланцеватыми линзовидными и встречаются в метаморфизованных полиметаллических, железорудных и медноколчеданных месторождениях (см. прил. 2, рис. 14). Гнейсовидная унаследованная текстура образуется при псевдоморфном замещении гнейсовидных пород и руд.

Крустификационная, или крустификационно-полосчатая, текстура (см. прил. 2, рис. 15—17) встречается в жилах выполнения. Текстура характеризуется полосчатым расположением минеральных агрегатов. При этом полосы минералов отлагались на стенках трещины от периферии к центру. Каждая последующая полоска повторяет все очертания стенок трещины или поверхности полосы ранее отложенного минерального агрегата. Таких полосок может быть несколько, и те из них, которые прилегают к стенке трещины, являются наиболее ранними, и, наоборот, наиболее молодые полосы развиты в центре трещины; иногда в центре трещины остаются незаполненные пустотки (жеды) линзообразной формы. Полосы могут состоять из одного минерала и отличаться лишь по цвету и структуре (мелкозернистые, среднезернистые, крупнозернистые, гребенчатые и т. д.) или могут быть сложены различными минералами. Крустификационная полосчатость может быть симметричной и несимметричной. Симметричная крустификационная полосчатость наблюдается в том случае, когда каждой полосе у одной стенки трещины соответствует такая же по минеральному составу и структуре полоса у другой стенки. Несимметричная крустификационная полосчатость наблюдается в таких жилах, в которых чередование полосок от зальбандов к центру жилы различно у висячего и лежащего боков.

Колломорфно-полосчатая коллоидная текстура формируется при последовательном нарастании на стенках трещины или полости полосок гелевого минерального вещества. При этом полосы отличаются фестончатыми очертаниями.

Колломорфно-полосчатая метаколлоидная текстура характеризуется радиально-лучистым и волокнистым строением полосок.

Слоистая текстура примечательна почти параллельным расположением слоев, прослоек и пропластков различного минерального состава, структуры, окраски, твердости и пористости. Обычно рудные прослойки чередуются с прослойками горной породы. Прослойки имеют небольшую мощность, но простираются на большие расстояния. Границы между слоями и прослойками резкие или постепенные. Косослоистую текстуру выделяют в том случае, если прослойки минералов залегают наклонно внутри пласта. Различают грубослоистую, тонкослоистую и микрослоистую текстуры в зависимости от мощности отдельных прослоек. Грубослоистая текстура имеет абсолютную мощность прослоек от 10 до 0,5 см, тонкослоистая — от 5 до 0,5 мм, микрослоистая — от 0,5 мм и менее. Слоистость образуется во время накопления осадков и является типоморфной для руд осадочного генезиса. Слоистая текстура может переходить в полосчатую и линзовид-

ную. Слоистая унаследованная текстура образуется при псевдоморфном замещении слоистых руд и пород.

Псевдослоистая текстура образуется при ликвации или кристаллизации магмы с последующим обособлением продуктов дифференциации под действием силы тяжести в минеральные агрегаты слоистой формы (например, псевдослоистая текстура хромитовой руды, апатит-магнетитовой, нефелин-apatитовой, медно-никелевой и т. д.). Слои чередуются друг с другом и различаются между собой минеральным составом или структурами. Наблюдаются переходы между рудами с псевдослоистой, полосчатой и линзовидной текстурами.

Линзовидная текстура отложения представляет собой разновидность слоистой и полосчатой; образуется она в тех случаях, когда рудные агрегаты в форме слоев, прослоек или полосок пережимаются или постепенно выклиниваются по простиранию. В таких случаях рудные минеральные агрегаты имеют форму линзочек. Линзовидная текстура метаморфизма образуется при смятии и развальцевании минеральных агрегатов, сложенных хрупкими и пластичными минералами. Такие минеральные агрегаты и их зерна ориентированы параллельно сланцеватости породы или руды. Линзовидная текстура встречается главным образом в месторождениях осадочного и метаморфического генезиса. Линзовидная унаследованная текстура образуется при избирательном замещении минеральных агрегатов линзовидной формы.

Сланцеватая текстура образуется под влиянием ориентированного давления и характеризуется линейным или плоскопараллельным расположением удлинённых минеральных агрегатов. Под микроскопом обнаруживаются вытянутость и такая же ориентировка отдельных зерен в агрегатах. Сланцеватость может совпадать или не совпадать с направлением слоистости или полосчатости. Сланцеватая текстура является вторичной и широко распространена среди метаморфизованных руд и пород, например в колчеданных месторождениях Урала.

Плойчатая текстура (см. прил. 2, рис. 18) является разновидностью полосчатой, слоистой и сланцеватой текстур. Она образуется при смятии и гофрировке тонких полосок или прослоек в мелкие складки. Иногда прослойки или полосы разорваны и смещены, разбиты трещинами.

Сланцеватая и плойчатая текстуры широко развиты в динамометаморфизованных медноколчеданных, магнетит-гематитовых кварцитах и других рудах. Плойчатая унаследованная текстура образуется при избирательном замещении плойчатых минеральных агрегатов.

Прожилковая текстура (см. прил. 2, рис. 19, 20) характеризуется развитием прожилков рудных и жильных минералов по трещинам, пересекающим породу или руду в зонах брекчирования, или по трещинам отдельности и сланцеватости, или по тре-

щинкам усыхания. Мощность прожилков изменяется от долей миллиметра до 2 см, реже до 10 см. Иногда прожилки выполняют серию параллельных трещин; в таких случаях текстура руды будет полосчатой. В других типах минеральных сростаний прожилки одного минерального агрегата заполняют трещины разных направлений с образованием петельчатой, или сетчатой, текстуры. При пересечении прожилков разновозрастных минеральных агрегатов образуется текстура пересечения. Тонкие прожилки, заполняющие трещинки в пласте динамометаморфизованной породы, называются просечками. Последние не выходят за пределы границ материнских осадочных пород. Текстура, образованная такими прожилками, называется просечковой.

По отношению к вмещающей породе или руде прожилки всегда представляют более молодые агрегаты. Прожилки заполнения имеют ровные границы и обычно характеризуются соответствующими стенками. Прожилки замещения имеют извилистые границы и содержат реликты замещаемых минералов. Иногда они сопровождаются тонкой вкрапленностью замещающего минерала. Метасоматические прожилки в некоторых случаях сложены метакристаллами, грани которых являются границами прожилка. Прожилковая текстура наблюдается в рудах, отложившихся при заполнении трещин. Прожилкообразная текстура (см. прил. 2, рис. 21, 22) образуется при одновременном развитии процессов заполнения и замещения.

Корковая текстура (см. прил. 2, рис. 23) часто характеризует отложения гипергенных минералов в виде корок различной толщины на стенках трещин и пустот в горных породах и рудах, например корочки малахита, гётита, псиломелана, смитсонита, хризоколлы, гарниерита, опала, кальцита и т. д. Форма корок определяется формой полости. Обычно корки не заполняют всю пустоту; наружная поверхность у них гладкая или бугорчатая. Другие корки появляются на поверхности минерального агрегата в результате его изменения под влиянием выветривания. Например, корки гётита и гидрогётита развиваются по сидериту или корки церуссита — по галениту и т. д. Структуры корковых минеральных агрегатов разнообразные: коллоидные, скрытокристаллические и зернистые. Корковая текстура типична для зоны окисления и имеет тесную связь с жёдовой, почковидной и сталактитовой.

Дендритовая текстура (см. прил. 2, рис. 24) образуется при отложении минералов в трещинах и реже при процессах замещения. Дендритами называются минеральные агрегаты, имеющие древовидную форму. Дендриты в виде тонких ветвистых корок зернистой или коллоидной структуры развиваются по плоскостям трещин в горных породах, рудах и минералах, как, например, дендриты гидроокислов марганца или гидроокислов железа. Примерами дендритовых текстур также являются дендриты самородного серебра, дендриты арсенидов и сульфидов в рудах кобальт-никель-серебряного типа, дендриты самородной ме-

ди в окисленных медных рудах, а также дендриты самородного висмута в карбонатах и др.

Друзовые и жеодовые текстуры часто связаны с наличием в породе или руде полостей неправильной, изометричной, линзовидной или округлой формы. На стенках таких полостей отлагаются минеральные агрегаты («щетки» кристаллов и «корки» зеренили аморфного вещества), которые частично или полностью их заполняют.

В рудах и породах, генетически связанных с деятельностью горячих и холодных растворов, выделяются друзы нарастания и друзы перекристаллизации. Д. П. Григорьев [12] так определяет эти два типа друз: «Для друз нарастания характерно наличие определенной поверхности, на которой растут кристаллы... В друзах перекристаллизации нет определенной поверхности, от которой растут кристаллы. В друзах этого типа наблюдается непрерывный переход от вмещающей породы к друзе через зоны укрупняющихся индивидов одного и того же минерала» (см. прил. 2, рис. 25—27).

Формирование друзовых агрегатов обусловлено рядом факторов, из которых главнейшими являются следующие [12]: 1) форма кристаллических зародышей; 2) действие на зародыш минералов субстрата, на котором они располагаются; 3) взаимодействие зародышей минерала во время их последующего роста («геометрический отбор»). Генезис друзовых текстур, по мнению Ф. Н. Шахова [41], обусловлен происхождением полости (например, миаролитовые пустоты, трещины, жеодовые пустоты и др.) и в меньшей степени зависит от состава и строения минерального вещества друзы.

Друзовая текстура выполнения пустот примечательна щетками крупных кристаллов рудных и нерудных минералов, которые нарастают на стенках пустот в горных породах или рудах. В природе широко распространены друзы горного хрусталя, кальцита, барита, полевого шпата, магнетита, сульфидов и др. В друзовых минеральных агрегатах кристаллы располагаются перпендикулярно к поверхности нарастания и поэтому для них характерна гребенчатая структура. Этот тип текстуры характеризуется развитием крупнозернистых минеральных агрегатов в небольших пустотах. Друзовые текстуры нарастания часто развиты в жилах выполнения.

Друзовая текстура перекристаллизации характеризуется неравномернозернистым агрегатом кристаллов, размеры которых постепенно укрупняются по мере продвижения от вмещающей породы или руды к центру друзы. Такой агрегат не имеет определенной поверхности, от которой они начинают свой рост. Эти друзы образуются за счет перекристаллизации вещества породы или руды под воздействием газов и растворов. В процессе перекристаллизации мелкие зерна минерала преобразуются в крупные кристаллы того же минерала. Друзовые тек-

стуры перекристаллизации образуются при диагенезе и метаморфизме.

Жеодовая и секреторная текстуры формируются при выполнении минеральным веществом небольших пустот более или менее изометричной формы. Нарастание корок внутри полости происходит всегда от периферии к центру. Корки имеют зернистое, коллоидное, скрытокристаллическое и волокнистое строение. Размеры жеод могут быть весьма различными — от нескольких миллиметров в поперечнике до 2—3 см и более. В центре жеоды всегда сохраняются пустоты (см. прил. 2, рис. 28) линзообразной или овальной формы. В случае заполнения всей жеодовой полости минеральным веществом образуется секреторная текстура выполнения (см. прил. 2, рис. 29).

Коллоидные и метаколлоидные текстуры характерны для минеральных агрегатов, которые под действием поверхностного натяжения и силы тяжести приняли сферическую (шарики, почки, конкреции) и натечную (фестоны, корки, скорлупки, конкреции, сталактиты, сталагмиты, гроздь) форму. В натечных агрегатах концентрические или извилистые слои, полосы и корки обычно располагаются выпуклыми поверхностями к более поздним образованиям. Для агрегатов иногда характерны трещины дегидратации, образовавшиеся в результате сокращения отвердевшего геля при потере воды. Трещиноватость располагается или параллельно, или почти перпендикулярно (радиально) к сфероидальным границам, а иногда трещины образуют сетку или ветвятся. В некоторых коллоидных агрегатах трещины усыхания разбивают минералы на мелкие осколки и могут быть вновь заполнены минералами. Трещины дегидратации обычно приурочены к коллоидным массам и не проникают в кристаллические агрегаты.

Натечные агрегаты известны для ряда минералов, например гидрогётита и гётита, псиломелана, малахита, арагонита, опала, мельниковит-пирита, марказита, вюртцита, настурана и др. Они отлагаются из истинных и коллоидных растворов. Иногда в жилах с крустификационным сложением ближе к зальбандам развиты полосы минералов с гребенчатыми структурами, а в центре жилы — почки и корки минералов с радиально-лучистым строением. По-видимому, натечные агрегаты представляют особую форму отложения не только коллоидного, но и кристаллического вещества.

Натечные минеральные агрегаты отличаются концентрически-зональным строением, что свидетельствует об изменении состава растворов в процессе их роста. Структуры натечных агрегатов коллоидные и зернистые. Иногда коллоидное минеральное вещество представлено рыхлой порошковатой массой. Морфологические виды коллоидных текстур — оолитовая, почковидная, конкреционная, колломорфная, колломорфно-полосчатая, концентрическо-слоистая, сталактитовая, сталагмитовая, порошковатая (землистая). Перечисленные виды текстур называются метаколлоидными, если коллоидное вещество перекристаллизовано в процессе

диагенеза или метаморфизма; при этом форма минерального агрегата не изменяется или частично изменяется.

Оолитовая текстура (см. прил. 2, рис. 30) характеризуется скоплением оолитов, представляющих собой минеральные агрегаты шаровидной или эллипсоидальной формы с концентрически-зональным строением. Оолиты образуются весьма подвижной среде в результате концентрического нарастания коллоидного вещества вокруг взвешенных в воде песчинок, глинистых частиц, органических остатков, обломков оолитов, пузырьков воздуха и др. Оолиты имеют концентрически-зональное, реже скрытокристаллическое гелевое и радиально-лучистое строение. Последний тип строения в оолитах, возникающий при перекристаллизации, является исключительно вторичным и характеризует оолитовую метаколлоидную текстуру. Оолиты с радиально-лучистым строением имеют сходство со сферолитами, но отличаются от них наличием реликтов тонкой концентрической зональности.

Оолиты бывают простыми и сложными. Простые оолиты состоят из одного ядра и оболочки, сложные — из двух и более простых оолитов, окруженных общей оболочкой. Сложные оолиты встречаются редко. Отдельные слои оболочки в оолитах могут отличаться по минеральному, химическому составу и структуре. В оолитах иногда встречается концентрическое расположение посторонних включений. Такое расположение включений отмечает определенный перерыв в росте оолита.

Оолиты обычно достигают 10—12 мм в диаметре. Оолиты до 2 мм в диаметре принято называть собственно оолитами, а более крупные — пизолитами. Оолиты могут быть так плотно уложены, что между ними цемент почти полностью отсутствует. Обычно цемент находится в подчиненном количестве по отношению к оолитам. Оолиты могут быть сложены арагонитом, кальцитом, сидеритом, доломитом, шамозитом, гидроокислами железа и марганца, гематитом, магнетитом, опалом, халцедоном, пиритом, марказитом, галенитом, баритом, гипсом, гидраргиллитом, диаспором и фосфатами кальция. В некоторых случаях первичное вещество оолита замещено другим минералом, например кальцит замещается кремнеземом. Часто цементом является материал, слагающий оолиты, но обычно в цементе преобладают глинистые минералы и кальцит, а иногда доломит и барит.

Оолитовая текстура типична для руд и пород осадочного генезиса, но иногда оолиты встречаются в рудах гидротермальных месторождений, как, например, магнетитовые оолиты Кежемского месторождения в Ангаро-Илимском районе.

Оолитовая унаследованная текстура образуется при избирательном замещении оолитовых известняков рудообразующими минералами.

Почковидная текстура (см. прил. 2, рис. 31) характеризуется наличием полусферических, округлых или округло-бугорчатых агрегатов часто с блестящей поверхностью. В разрезе почки имеют концентрическую скорлуповатость, где плотные концентры

обладают гелевым и скрытокристаллическим строением. Если в агрегатах развита радиально-лучистая структура, то она будет характеризовать почковидную метакolloидную текстуру. В метасоматических рудах иногда встречается почковидная унаследованная текстура, которая образуется при замещении пород и руд, сложенных минеральными агрегатами почковидной формы.

Конкреционная текстура (см. прил. 2, рис. 32) характеризуется образованием стяжений шарообразной, овальной, реже неправильной формы в глинисто-карбонатных и глинисто-песчаных породах осадочного генезиса или в рыхлых продуктах выветривания. Размеры конкреций колеблются от нескольких миллиметров в поперечнике до 1 м и более. Как известно, рост конкреции происходит всегда от центра к наружной части минерального агрегата. Конкреции иногда представляют стяжение коллоидных веществ с характерными концентрическими и радиальными трещинами дегидратации. Поверхность конкреций гладкая, полированная или бугристая. Строение их гелевое, концентрически-зональное. Конкреционная метакolloидная текстура отличается радиально-лучистым строением агрегатов.

Конкреционные и почковидные текстуры образуются в зоне инфильтрации грунтовых вод, а также при явлениях диагенеза в осадочных рудах и породах, где происходит переотложение вещества. Состав конкреций различный в зависимости от типа полезного ископаемого (карбонатный, гетитовый, пиролюзитовый, марказитовый, фосфоритовый). Конкреционная текстура типична для осадочных руд. При замещении минеральных агрегатов конкреционной формы образуется конкреционная унаследованная текстура.

Колломорфная текстура встречается в рудах, сложенных минеральными агрегатами фестончатой формы (см. прил. 2, рис. 33, 34). Структуры таких агрегатов зернистые или коллоидные. Фестончатые агрегаты с радиально-лучистой и волокнистой структурами характеризуют колломорфную метакolloидную текстуру. В метасоматических рудах встречается колломорфная унаследованная текстура.

Концентрически-скорлуповатая или концентрически-слоистая текстура характеризует строение минерального агрегата, отложенного в виде чередующихся корок — слоев полусферической и фестончатой формы. При этом отложение минерального вещества различного состава происходит от центра к периферии вокруг обломков породы или комочков глины. Структура агрегатов — гелевая и скрытокристаллическая. В концентрически-скорлуповатой метакolloидной текстуре строение агрегатов радиально-лучистое. Концентрически-скорлуповатая текстура тесно связана с жеодовой, почковидной, колломорфной, сталактитовой и порошокватой. Концентрически-скорлуповатая унаследованная текстура встречается в метасоматических рудах.

Сталактитовая текстура (см. прил. 2, рис. 35) наблюдается в рудах или породах, в которых натечные минеральные агрегаты удлиненной формы образуются при нарастании вещества сверху вниз строго по вертикали. Удлиненные свисающие минеральные агрегаты называются сталактитами. Они развиваются в кровле открытых полостей. Сталактиты используются в качестве природных минеральных «отвесов», по которым определяют направление вертикали в том пространстве, где происходил их рост. Иногда в теле сталактита наблюдаются изгибы, которые свидетельствуют о его отклонении во время роста от первоначального положения.

Сталагмитовая текстура характеризуется натечными минеральными агрегатами, которые образуются на дне открытых полостей при нарастании вещества снизу вверх. Такие минеральные агрегаты называются сталагмитами. Сталактитовые и сталагмитовые текстуры характерны для гидроокислов железа, марганца, малахита, смитсонита, арагонита и других минеральных веществ, выделяющихся из холодных растворов в зоне инфильтрации. Строение сталактитов и сталагмитов гелевое, скрытокристаллическое и зернистое.

Порошковатая, или землистая, текстура свойственна рыхлым порошковатым массам аморфного и скрытокристаллического вещества, выделявшимся из истинных и коллоидных растворов в водных бассейнах или на стенках полостей и трещин. Порошковатые массы черного цвета (например, гидроокислы марганца или ковеллина и халькозина, а, возможно, тонкодисперсного пирита и мельниковита) называются сажистыми, желтого и бурого — охристыми (например, налеты гидрогетита или налеты ферримолибдита в пустотах).

Катакластические и кластические текстуры характеризуются наличием обломков руды, горной породы, а также трещиноватости. Обломки образуются при раздроблении горных пород и руд агентами динамометаморфизма и выветривания. Обломки могут оставаться на месте (катакластические текстуры) и могут быть перемещены водными и грязевыми потоками, ледниками, ветрами и другими способами на значительные расстояния и вновь отложены (кластические текстуры).

По форме и степени окатанности различают следующие типы обломков: угловатые, без признаков замещения, образующиеся при раздроблении пород и руд; округленные обломки со сглаженными контурами, сформировавшиеся в процессе дробления и последующего замещения или развальцевания; окатанные обломки, как, например, галька, валуны, псевдоолиты, песчаники. Размеры валунов колеблются от 100 до 1000 мм, гальки — от 10 до 100 мм; размеры псевдоолитов и песчинок меньше 2 мм.

Обломки горных пород и минералов отличаются самыми разнообразными текстурами и структурами, они обычно скреплены цементом. Для срастаний обломков и цемента характерны следующие морфологические виды текстур; брекчиевая, брекчиевидная,

кокардовая, конгломератовая и псевдооолитовая. Сыпучий, рыхлый агрегат мельчайших обломков и осколков различных минералов (порошок) образуется в процессе механического разрушения горных пород и руд.

Трещиноватая текстура (см. прил. 2, рис. 36) наблюдается в минеральных агрегатах, пересеченных трещинами в одном или нескольких направлениях. Природа трещиноватости различная — тектоническое дробление пород и руд, растрескивание коллоидного вещества при диагенезе, растрескивание и дробление минералов при выветривании и т. д.

Трещиноватость пород и руд изучается макроскопически в кернах скважин, в забое или обнажении и под микроскопом в шлифах и измеряется в процентах. Условно принято считать одну трещину равной 1%. Число трещин считают или на 1 м² площади в забое, или 1 м керна, или 1 см² площади шлифа. Для выражения трещиноватости пород и руд принята шкала: 1) монолитные породы, единичные трещины — 1—5%; 2) слаботрещиноватые — 5—10%; 3) трещиноватые — 10—15%; 4) интенсивно трещиноватые — 50%. Трещиноватость пород и руд имеет важное значение как при проходке горных выработок и бурении скважин, так и при обогащении руд.

Брекчиевая текстура развита в рудах и породах, сложенных угловатыми обломками и цементом. Обломки и цемент различны по времени образования минеральными агрегатами с определенными парагенетическими ассоциациями минералов, структурами и текстурами. Например, встречаются обломки породы, сцементированные рудными минералами, обломки руды, сцементированные жильными минералами, и т. д. В рудах, подвергшихся динамометаморфизму, брекчиевую текстуру образуют обломки минералов, сцементированные мелко раздробленной массой из тех же минералов (см. прил. 2, рис. 37, 38).

Разновидностью брекчиевой текстуры является обломочная, или валунчатая, сложенная неотсортированными и несцементированными обломками минеральных агрегатов. Такая текстура образуется при выветривании хромитовых и магнетитовых руд.

Брекчиевидная текстура характеризуется обломками округлой формы и цементом; последний иногда отлагается в несколько стадий минерализации. Округлая форма обломков возникла в результате их коррозии цементом или в результате развальцевания при явлениях динамометаморфизма (рис. 39, 40). Брекчиевая и брекчиевидная унаследованные текстуры формируются при избирательном замещении рудообразующими минералами тектонических, вулканических или осадочных брекчий.

Кокардовая текстура (см. прил. 2, рис. 41) характеризуется последовательным отложением минералов цемента в виде колец или корок вокруг неправильных, или овальных, обломков породы или руды. Такая текстура возникает в тех случаях, если

трещина частично заполнена обломками. Кокардовая текстура является разновидностью брекчиевидной, цементной и крустификационной.

Конгломератовая текстура наблюдается в рудах и породах, состоящих из сцементированных галек и валунов. Пустоты между обломками заполнены глинистым, песчано-глинистым и известковым цементом. Цемент в галечниках обычно рыхлый, а в конгломератах — более плотный и метаморфизованный. Ценные минералы, как, например, самородное золото, платина, уранинит, гётит и др. сосредоточены в цементе конгломератов и галечников. Иногда галька и валуны сложены рудными минералами, как, например, валунчатые руды магнетита, фосфоритовая галька и т. д. (см. прил. 2, рис. 42, 43).

Конгломератовые текстуры широко распространены в рудах осадочных месторождений золота, платины, железа и в некоторых неметаллических полезных ископаемых, представляющих собой строительные материалы.

Псевдооолитовая текстура развита в рудах и породах, сложенных псевдооолитами. Круглые и овальные минеральные агрегаты, не имеющие концентрической зональности, известны под названием псевдооолитов (ложных оолитов). Они представляют собой минеральные обломки или остатки организмов, которые были округлены механическим действием волн и течений до размеров и формы обычных оолитов, но отличаются от них отсутствием концентрического строения и оболочки. Псевдооолиты распространены в подчиненном количестве по отношению к обычным оолитам, но некоторые породы (девонские известняки и др.) содержат только ложные оолиты.

Разновидностью псевдооолитовой текстуры является бобовая с размерами ложных оолитов 0,5—1 см в поперечнике. Псевдооолитовая текстура типична для руд и пород осадочного происхождения.

Порошковая, или землистая, текстура характерна для несцементированных рыхлых или сыпучих минеральных агрегатов, образованных при выветривании и динамометаморфизме. Такие агрегаты состоят из мелких и мельчайших обломков минералов. Они наблюдаются в виде скоплений в пустотах выщелачивания и на поверхности выходов окисленных пород и руд, в зонах дробления (глинки трения).

Цементные текстуры примечательны тем, что рудный минеральный агрегат цементирует песчинки, гальку и валуны. Иногда вещество цемента разъедает отдельные обломки. Морфологическими видами текстур в этой группе являются цементная отложения и цементная унаследованная (см. прил. 2, рис. 44, 45).

Цементная текстура отложения наблюдается в рудах, в которых рудообразующие минералы связывают отдельные обломки горной породы или руды в плотную массу. Обычно вещество цемента хорошо различается под микроскопом. Такая текстура встречается в рудах осадочного генезиса.

Цементная унаследованная текстура образуется при замещении цемента песчаника рудообразующими минералами (например, халькопиритом и борнитом или марганцевыми минералами и т. д.). Наиболее легко замещается карбонатный цемент.

Органогенные текстуры свойственны таким рудам и горным породам, которые сложены минеральными агрегатами, представляющими остатки окаменелых растительных и животных организмов, например брахиопод, фораминифер, кораллов, криноидей, пелеципод, мшанок, водорослей, радиолярий, диатомей, древесины, листьев и корней растений. Пустоты между органическими остатками заполнены цементом. Обычно остатки организмов в различной степени изменены (раздроблены и перекристаллизованы). Морфологическими видами текстур в этой группе являются органогенная и органогенная унаследованная (см. прил. 2, рис. 46—49).

Органогенная текстура отложения породы или руды характеризуется срастанием минеральных агрегатов, представляющих окаменевшие органические остатки, отложившиеся в водных бассейнах, например ракушечные и коралловые известняки, фораминиферовый мел, опока, диатомиты, трепел, окаменевшие растения (стволы и обломки деревьев, сучья и листья). В зависимости от типа органических реликтов различают следующие морфологические виды текстур: фораминиферовая, коралловая, криноидная, пелециподовая, мшанковая, водорослевая и др. Органогенная текстура является типоморфной для осадочных пород и руд.

Органогенная унаследованная текстура встречается в рудах, образовавшихся в результате псевдоморфного замещения органических остатков рудными минералами, например замещение фауны гётитом, пиритом, марказитом, халькозином, халькопиритом или ракушечного известняка — гидроокислами железа и марганца, сидеритом и др.

Коррозионные текстуры характеризуются срастанием двух различных по времени образования минеральных агрегатов, из которых ранний замещается поздним с явлениями коррозии по трещинкам спайности, дробления, двойникования, сланцеватости, напластования, по границам зерен и агрегатов (например, пирит замещается гётитом и гидрогётитом, халькопирит — вторичными сульфидами — борнитом, халькозином и ковеллином; галенит — англезитом и церусситом; мраморизованный известняк — магнетитом и др.). В состав вновь образующихся минералов иногда входят часть унаследованных химических элементов и часть привнесенных извне. Границы между замещаемым и замещающим агрегатами обычно зазубренные. Для замещаемого минерального агрегата характерны выпуклые слабо выдающиеся границы, для замещающего — глубоко заходящие в виде заливов и микропрожилков. Форма агрегатов различная, а размеры часто меньше 2 мм. Коррозионные текстуры, как правило, изучаются под микроскопом.

В процессе коррозионного замещения образуются агрегаты разнообразной формы: скелеты, реликты-остатки, реакционные каемки и выделения с извилистыми очертаниями. Скелетные формы образуются в результате разъедания идиоморфных зерен минералов более раннего агрегата. При избирательном замещении зональных кристаллов первичных минералов (например, магнетита мартитом) вторичный минерал отлагается в виде зон; в этом случае границы могут быть ровные и зазубренные.

Иногда по периферии ранних агрегатов развиваются реакционные каемки поздних минералов. В строении каемки могут принимать участие один или несколько минералов. В одних каемках минералы отлагаются одновременно, а в других — последовательно, и более ранний минерал разъедается поздним. Если ранний агрегат замещается по катакластическим трещинам, по спайности, по границам зерен, то в начальную стадию замещения поздний агрегат образует в нем нитеобразные прожилки, сетку и решетку. Часто при замещении в раннем агрегате возникают выделения позднего агрегата разнообразных форм — от округлой до самой причудливой, например эмульсиевидные, графические и субграфические. На средней и конечной стадиях процесса замещения образуются остатки ранних агрегатов в массе поздних.

Морфологическими видами текстур в этой группе являются: скелетная, сердцевидная, зональная, реликтовая, каемочная, зональная каемочная, нитеобразная, петельчатая, или сетчатая, решетчатая, графическая, субграфическая, эмульсиевидная и разъедания (см. прил. 2, рис. 50—62).

Коррозионные микротекстуры имеют важное значение для установления последовательности выделений минеральных ассоциаций. Они образуются как при эндогенном, так и при экзогенном замещении, но особенно широко развиты в зоне окисления, зоне вторичного сульфидного обогащения и в контрактивно-метасоматических месторождениях.

Скелетная микротекстура развивается при замещении внутренних частей идиоморфных кристаллов первичного минерала вторичными минералами или же минералами более поздних стадий минерализации; при этом от замещаемых кристаллов остаются скелеты кристаллов.

Сердцевинная микротекстура выделяется, когда в кристалле или мономинеральном агрегате замещается только центральная часть. Типичные скелетные и сердцевинные текстуры можно наблюдать при замещении идиоморфных кристаллов арсенипирита скородитом, пирита гётитом и гидрогематитом, при замещении кристаллов пирита первой генерации галенитом, сфелеритом второй генерации или выделений халькопирита гипергеным борнитом и т. д.

Зональная унаследованная микротекстура образуется при избирательном замещении отдельных зон замещаемого кристалла или минерального агрегата поздним минералом, например при замещении граната магнетитом, магнетита гематитом,

пирита гётитом и т. д. Избирательное замещение некоторых зон отражает первоначальную внутреннюю структуру кристалла или агрегата, в которых зоны одного состава более подвержены замещению, чем зоны другого.

Реликтовая микротекстура характеризует почти полное замещение раннего минерального агрегата. Сохранившиеся остатки последнего имеют неправильную форму, а у пластинчатых минералов — удлиненную, границы их зазубренные.

Каемочная, или реакционно-каемочная, микротекстура в руде или породе характеризуется развитием узких каемок позднего минерального агрегата по периферии выделений раннего агрегата. Размеры каемок в поперечнике измеряются долями миллиметра. Обычно каемки имеют мелкозернистое, аморфное или скрытокристаллическое строение. Границы между первичными и вторичными минеральными агрегатами — коррозионные. Примерами такой текстуры являются каемки гипергенного халькозина, ковеллина и борнита вокруг выделений халькопирита или каемки англезита и ковеллина вокруг участков галенита и др. Каемочная текстура типична для коррозионного замещения. Разновидность каемочной текстуры — **зональная каемочная текстура**, отличающаяся зональным расположением минералов, слагающих каемку.

Нитеобразная микротекстура примечательна нитеобразными прожилками позднего агрегата, замещающего ранний агрегат по системе волосовидных, связанных друг с другом микротрещинок. Обычно ранний минерал не имеет хорошо выраженной спайности. Нитеобразные прожилки могут быть сложены ковеллином, халькозином, аргентином, гётитом, марказитом и другими минералами зоны окисления и цементации, а также гипогенными минералами более поздней стадии минерализации. Нитеобразные текстуры переходят в петельчатые и решетчатые и обычно возникают в начале процесса замещения.

Петельчатая, или сетчатая, микротекстура характеризуется сеткой из тонких прожилков замещающего минерального агрегата в замещаемом агрегате. Прожилки образуют сложный узор в виде сетки. Границы между прожилками и первичным минеральным агрегатом зазубренные. Такая текстура часто наблюдается в зоне цементации и окисления, например при замещении халькопирита гипергенным борнитом, халькозином, ковеллином и гидрогематитом. Петельчатая текстура свидетельствует об интенсивном развитии процесса замещения.

Решетчатая микротекстура возникает при размещении микропрожилков вторичных минералов вдоль кристаллографических направлений (трещин, спайности, двойниковых швов) первичного минерального агрегата. При пересечении отдельных прожилков образуется решетчатая текстура. В узлах пересечений прожилки обычно раздуваются. Границы между минеральными агрегатами зазубренные. Решетчатая текстура наблюдается при замещении галенита церусситом, магнетита гематитом и др.

Графическая текстура и микротекстура представляют собой срастание двух разных по времени образования минеральных агрегатов, из которых замещающий агрегат образует в замещаемом извилистые выделения. Границы между агрегатами зазубренные. Такие текстуры типичны для процессов коррозионного замещения.

Субграфическая микротекстура характерна для сростаний, напоминающих типичные графические и прожилкообразные текстуры, в которых более поздний по времени образования минеральный агрегат развит в меньшем количестве.

Эмulsionевидная микротекстура образуется в процессе замещения одного минерального агрегата другим, при этом более поздний минеральный агрегат развивается в виде мелких участков неправильной или округлой формы с зазубренными границами. Такая текстура часто наблюдается при срастании пирита и халькопирита, входящих в состав различных парагенезисов.

Текстура и микротекстура разъедания устанавливаются по характерным зазубренным границам между ранним и поздним мономинеральными агрегатами. В этом типе сростаний форма минеральных агрегатов не учитывается.

Каркасные текстуры примечательны наличием пустот в руде или в горной породе, которые развиваются в процессе растворения и выщелачивания минералов. Пустоты имеют различную форму и размер. Часто форма пустот соответствует форме выщелоченного минерального зерна или агрегата. Мелкие пустоты называются порами (меньше 2 мм), крупные — кавернами или пещерами. Пустоты нередко частично заполнены труднорастворимыми минералами (гётитом, каолинитом и др.). При глубоком выщелачивании и окислении руды или горной породы образуются «каркасы», представляющие систему перегородок и пустот. Перегородки слагаются устойчивыми минералами, например кварцем, халцедоном, баритом, гётитом, гидрогётитом и др. Перечисленные минералы более поздние и отложились по трещинкам дробления и спайности, по границам зерен в раннем минеральном агрегате. Ячеистые каркасы с округлой формой пустот образуются в результате выщелачивания мономинеральных агрегатов, сложенных изометричными зернами (например, образование ячеистого лимонитового каркаса происходит по агрегатам халькопирита). Ящичные каркасы с пустотами прямоугольной и треугольной формы развиваются при замещении сульфидов и карбонатов лимонитом по трещинкам спайности и отдельности (см. прил. 2, рис. 63, 64).

Пористая текстура представляет собой систему пор, образовавшихся в породе или руде при выщелачивании неустойчивых минералов и минеральных агрегатов. Форма и размеры пустот могут быть самые разнообразные и часто соответствуют облику выщелоченного минерала или минерального агрегата. Пустоты могут быть частично заполнены скоплениями остатков более труднорастворимых минералов или выделениями вновь образованных минералов. Перегородки между пустотами сложены труднораств-

воримыми гипогенными и гипергенными минералами. Разновидностями пористой текстуры являются ячеистая, ящичная.

Кавернозная текстура (см. прил. 2, рис. 65) характеризуется крупными пустотами, полученными в результате выщелачивания минеральных агрегатов неправильной формы размером от 2—3 мм до 10—15 см и более.

Ячеистая, или губчатая, текстура характеризуется порами изометричной формы. Перегородки между ячейками чаще всего сложены халцедоном, опалом, кварцем, гётитом, скородитом. Этот тип текстур широко развит в железных шляпах сульфидных месторождений (см. прил. 2, рис. 63).

Ящичная текстура (см. прил. 2, рис. 64) отличается особым типом каркаса, представляющим собой систему прямоугольных ящичков или коробочек со стенками, сложенными гидроокислами железа, баритом, опалом, халцедоном и другими минералами. Последние развиваются по трещинам спайности в первичных минералах. Различают ящичные текстуры по сидериту, родохрозиту, халькозину, галениту и др.

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ВИДЫ СТРУКТУР

Методы изучения структур

Изучение структур каждого минерального агрегата проводится макроскопически и под микроскопом. Структуры крупнозернистых агрегатов определяют невооруженным глазом в штуфах, кернах и пришлифовках. Структуры средне- и мелкозернистых агрегатов определяются только под микроскопом в полированных и прозрачных шлифах.

Под микроскопом изучаются форма и строение зерен рудообразующих минералов в поляризованном отраженном свете (для сильно анизотропных непрозрачных минералов), в проходящем свете (для прозрачных минералов), а также с помощью структурного травления (для изотропных и слабо анизотропных непрозрачных минералов; табл. 8) и метода окрашивания. Форма зерен минералов иногда выявляется при отложении поздних минералов по границам зерен (прил. 2, см. рис. 135).

Метод структурного травления весьма важен для распознавания рудных минералов, обладающих близкими оптическими и химическими свойствами, например теллуридов. Методика выявления внутренней структуры мономинеральных агрегатов и отдельных зерен в полированных шлифах изложена в работах А. Г. Бетехтина [37], С. А. Вахромеева [8]. Следует иметь в виду, что при проведении структурного травления иногда возникают ложные рисунки травления (см. прил. 2, рис. 66). Форму, размеры и строение частиц коллоидного вещества изучают под электронным микроскопом при увеличении в 40—200 тыс. раз [13]. При изучении структур распада твердого раствора широко при-

меняется электронный микроскоп [39]. Микрозондовый метод [26] позволяет наблюдать на экране кинескопа в обратнорассеянных, или абсорбированных, электронах неоднородное строение зерен, обусловленное колебанием химического состава минерала, а также срастания минералов, очень сходных по химическим свойствам и поэтому неразличимых в микроскопе. Аморфные и скрытокристаллические частицы различаются с помощью рентгеноструктурного анализа.

Форма и внутреннее строение минеральных зерен

Минеральные зерна и гели по форме, внутреннему строению и условиям образования разделяются на следующие морфогенетические группы: 1) кристаллические зерна; 2) коррозионные зерна; 3) метасоматические зерна; 4) кристаллобласты или бластические зерна; 5) кластические зерна; 6) выделения коллоидного вещества.

Кристаллические зерна растут в процессе свободной кристаллизации расплавов, растворов и газов в бассейнах и пустотах. Коррозионные зерна — скелеты и реликты — образуются при разъедании ранних минералов поздними минералами, выделившимися из остаточных растворов. Скелетные формы кристаллов образуются также в стесненных условиях роста в процессе отложения минералов из вязких растворов, при метасоматическом замещении или при перекристаллизации в твердом состоянии. В этих условиях в результате неравномерного питания в скелетных кристаллах растут главным образом вершины и ребра.

Метасоматические зерна образуются при метасоматическом замещении пород, руд и минералов растворами и газами. Кристаллобласты формируются при перекристаллизации и раскристаллизации минерального вещества в твердом состоянии и при распаде твердых растворов. Кластические зерна — обломки зерен и аморфного вещества — образуются в процессе дробления и смятия минеральных агрегатов и минералов. Процессы образования минеральных зерен детально описаны в литературе [12, 37].

По форме минеральные зерна разделяются на идиоморфные, гипидиоморфные и аллотриоморфные. Идиоморфными называют кристаллы, ограниченные кристаллическими гранями. Гипидиоморфные зерна имеют неполно развитые формы, частично ограниченные кристаллографическими гранями. Зерна неправильной формы, лишенные собственных кристаллографических очертаний, называют аллотриоморфными или ксеноморфными. Порфиrowыми вкрапленниками называют крупные идиоморфные, гипидиоморфные и скелетные зерна, расположенные в мелкозернистой или скрытокристаллической массе других рудообразующих минералов. Размер зерен определяют на фотографии с масштабом или производят точные измерения зерен в образцах и шлифах. Для зерен с кубическими очертаниями производят одно измерение, а для минералов шестоватых, призматических, пластинчатых, во-

Методы выявления формы и строения зерен некоторых рудных минералов в полированных шлифах

Минерал	Формула	Поляризованный отраженный свет		Структурное травление	
		Явления анизотропии	Результаты наблюдений	Главные реагенты	Экспозиция
Антимонит	Sb_2S_3	Сильно анизотропный	+	КОН (20%-ный раствор)	1—10 с (стереть осадок)
Арсенопирит	FeAsS	То же	+	1) HNO_3 (1:1) 2) 1 ч. КОН (конц.) + 1 ч. H_2O_2 (30%-ный раствор)	1) 1 мин 2) 10—60 с
Блеклые руды	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ — — $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$	Изотропный	—	1 ч. HCl (конц.) + 1 ч. CrO_3 (50%-ный раствор)	1—2 мин
Борнит	Cu_5FeS_4	»	—	1 в KI (10 г. I+I, 2 г KI + 50 см ³ H_2O)	20—60 с
Галенит	PbS	»	—	1) 7 ч. HCl (конц.) + 10 ч. H_2O 2) HCl (1:2) 3) 75—85 ч. HN_3O (конц.) + 15—25 ч. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ Смесь способна взрываться	1) Несколько минут 2) 2—10 с 3) 2—10 с
Киноварь	HgS	Отчетливо анизотропный	+	—	—

Гематит	Fe_2O_3	Сильно анизотропный	+	1) HCl (1 : 1) + электрический ток 2) HF (конц.)	1) — 2) 1—2 мин
Кобальтин	CoAsS	Изотропный	—	1 ч. KMnO_4 + 1 ч. H_2O + 1—2 капли H_2SO_4	30 с
Ковеллин	CuS	Сильно анизотропный	+	—	—
Магнетит	Fe_3O_4	Изотропный	—	HCl (конц.)	2—5 мин
Манганит	$\text{MnO}_2 \times \text{Mn}(\text{OH})_2$	Сильно анизотропный	+	HF (конц.)	От 30 с до нескольких минут
Марказит	FeS_2	То же	+	1) насыщенный раствор HNO_3 (конц.) + CaF_2 2) 1 ч. KMnO_4 (насыщенный водный раствор) + 1 ч. KOH (20%-ный раствор)	1) От 1—2 мин до нескольких минут 2) 20—30 с
Молибденит	MoS_2	—	+	—	—
Никелин	NiAs	—	+	HNO_3 (1 : 1)	30—60 с
Пирит	FeS_2	Изотропный	+	1) насыщенный раствор HNO_3 (конц.) + CaF_2 2) 1 ч. KMnO_4 (насыщенный водный раствор) + 1 ч. KOH (20%-ный раствор)	1) От 1—2 мин до нескольких минут 2) 20—30 с

Минерал	Формула	Поляризованный отраженный свет		Структурное травление	
		Явления анизотропии	Результаты наблюдений	Главные реагенты	Экспозиция
Пирротин	FeS	Сильно анизотропный	+	1) HI (конц.) 2) KOH (20%-ный раствор)	1) — 2) 1—2 мин
Станнин	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	Слабо анизотропный	—	HNO_3 (1 : 1)	60 с
Сфалерит	ZnS	Изотропный	—	1) пары царской водки 2) 1 ч. HCl (конц.) + 1 ч. CrO_3 (50%-ный раствор)	Несколько секунд
Ульманит	NiSbS	»	—	HNO_3 (конц)	30—60 с
Халькозин	Cu_2S	Изотропный, слабо анизотропный	—	HNO_3 (конц)	3—10 с
Халькопирит	CuFeS_2	Слабо- и отчетливо анизотропный	+	Пары царской водки	15—30 с
Энаргит	Cu_3AsS_4	Сильно анизотропный	+	KCN (20%-ный раствор)	60 с

Примечание. Знак плюс характеризует положительные результаты наблюдений в поляризованном отраженном свете, знак минус — отрицательные.

локнистых и т. д. в каждом зерне определяют наибольший и наименьший размеры (см. прил. 2, рис. 69, 70, 71).

Характерной особенностью минеральных зерен является их внутреннее строение, которое свидетельствует об условиях роста зерен (табл. 9). По внутреннему строению минеральные зерна разделяются на две группы: с однородным и неоднородным строением. В группе с неоднородным строением различают зерна с зональным, секториальным и двойниковым внутренним строением. Зерна однородного строения при травлении окрашиваются в один цвет и в поляризованном свете угасают одновременно (см. прил. 2, рис. 67, 68, 69). В зернах с неоднородным строением различаются при структурном травлении, в поляризованном свете и невооруженным глазом зоны, пластинки и участки разнообразной формы. Иногда зональность в кристаллах и метакристаллах магнетита, пирита, куприта и других минералов выявляется при замещении их по трещинкам зональности более поздними минералами (см. прил. 2, рис. 73—76).

Зональное строение в зерне проявляется в виде зональности окраски, зональности светопреломления или зональности травления. Зоны роста имеют различный химический состав и строение, поэтому свойства отдельных зон разные. Зональное строение зерен свидетельствует о периодическом изменении условий их роста (например, зональность указывает на изменение состава растворов, из которых зерна кристаллизовались, или на перерывы при росте кристаллов). Зональность может быть отмечена включениями посторонних минералов или наличием пор.

Различают два вида зональности. Первый вид зональности — грубая зональность по периферии кристаллов — обусловлен колебаниями химического состава. Второй вид зональности — тонкие линии, равномерно распределенные по всему зерну — характеризует механизм роста метакристаллов. Зональное строение характерно для многих минералов, а для некоторых, например шмальтина, герсдорфита, касситерита, арсенопирита, пирита и других, эта особенность строения постоянна и может быть использована как диагностический признак. В почках и оолитах наблюдается концентрически-зональное строение, обусловленное слоистым расположением аморфного и скрытокристаллического вещества в агрегате. Процессы динамометаморфизма легко разрушают первичное зональное строение зерна. В кристаллообластях встречаются реликты зонального строения.

Секториальное и мозаичное строение (см. прил. 2, рис. 77) наблюдается в кристаллах и метакристаллах граната, гипса, бари́та, турмалина, кварца, топаза, пирита, кобальтина, магнетита и др. При секториальном росте образуются в кристалле участки различного состава — пирамиды роста, получающиеся в результате неравномерного отложения вещества на его гранях. Неоднородность таких зерен обусловлена тем, что в различных частях его присутствует неодинаковое количество химических и механических примесей. Секториальное строение рудных минералов вы-

Морфологические виды строения минеральных

Тип строения	Детали строения	Морфологический вид строения	Внутреннее	
			кристаллического зерна	метасоматического зерна
Однородное		Однородное	Однородное	Однородное
	Зоны	Зональное Концентрически-зональное	Зональное	Зональное, унаследованное зональное
Неоднородное	Двойники	Двойники роста  Двойники превращения Двойники давления	Двойники роста	Двойники роста, унаследованное двойниковое
	Фигуры смятия Системы трещин	Фигуры смятия Трещины спайности и двойниковые швы Трещины усыхания Трещины дробления	Трещины спайности и двойниковые швы	Трещины спайности и двойниковые швы, унаследованные трещины
	Твердые включения	Пойкилитовое Ситообразное Эмульсионное Пластинчатое Решетчатое Эмульсиевидное	Пойкилитовое Эмульсиевидное	Ситообразное

является после структурного травления, при этом участки, более загрязненные примесями, травятся сильнее.

Двойниковое строение зерен (см. прил. 2, рис. 78—85) может быть первичным — двойники роста, и вторичным — двойники превращения и давления. Двойники роста характерны для многих рудных и нерудных минералов, например кварца, гипса, полевых шпатов, магнетита, антимонита, сфалерита, халькопирита и др. На протравленной полированной поверхности рудных минералов они выступают в виде узких и широких пластинок. Двойники роста распределены неравномерно. Они могут быть развиты в одном зерне мономинерального агрегата и отсутствовать в других зернах того же агрегата.

Двойники превращения имеют ланцетовидную или веретенообразную форму и часто перекрещиваются. Они встречаются в вы-

зерен и коллоидного вещества

строение			
коллоидного вещества	кластического зерна	кристаллобланта	
		ранняя стадия мета- морфизма	конечная ста- дия метамор- физма
Однородное	Однородное	Однородное	Однородное
Концентрически- зональное	Реликты зонального	Реликты зонального	
	Двойники давления	Двойники превраще- ния Двойники давления	
Трещины усыха- ния	Фигуры смятия Трещины спайности и двойниковые швы Реликты трещин усы- хания Трещины дробления	Фигуры смятия Трещины спайности и двойниковые швы Реликты трещин усы- хания Трещины дробления	Трещины спай- ности и отдель- ности
Эмульсиевидное		Пойкилитовое Эмульсионное Пластинчатое Эмульсиевидное	Пойкилитовое

сокоотемпературном крупнозернистом халькопирите, кубаните, пирротине, аргентите, станине, шапбахите, самородном висмуте, борните, халькозине и в других минералах. Полисинтетические двойники давления возникают в зернах при динамометаморфизме. При этом образуются тонкие пластинки двойников одинаковой ширины, часто смятые или деформированные по трещинам дробления; пластинки двойников давления вытянуты в направлении, перпендикулярном к оси сжатия, и наблюдаются почти во всех зернах агрегата. По трещинам наблюдается перекристаллизация минералов. Двойниковое строение является важным диагностическим признаком для сфалерита, халькопирита, пирротина, антимонита и других минералов.

В процессе псевдоморфного замещения новообразующиеся зерна иногда наследуют внутреннее строение зерен замещаемого ми-

нерала (зональное, секториальное, двойниковое, трещинки спайности).

В зернах некоторых минералов наблюдаются фигуры смятия и системы трещин. Последние представляют собой трещины спайности и отдельности или трещины дробления (см. прил. 2, рис. 72). Неоднородное строение зерен может быть обусловлено не только зонами роста, пирамидами роста, двойниками, но и твердыми включениями.

Крупные кристаллы одного минерала иногда характеризуются беспорядочными многочисленными включениями мелких зерен другого минерала, захваченными при кристаллизации растворов или при перекристаллизации вещества в твердом состоянии. Такое строение называется пойкилитовым.

Твердые включения в метакристаллах и метазернах (см. прил. 2, рис. 86—90), наблюдаемые под микроскопом в шлифах, представляют собой остатки окружающих минералов. Включения придают полированной поверхности метакристаллов и метазерен пористое или ситообразное строение. Эмульсиевидные включения, а также включения в форме пластинок и решеток могут образоваться в зернах в результате распада твердых растворов. Такие формы срастания и называются «структурами распада твердых растворов».

А. А. Филимонова [37] отметила, что эти срастания было бы правильнее называть не структурами, а строением минеральных зерен, обусловленным перегруппировкой вещества внутри тех или иных минералов.

Иногда в коллоидном выделении одного минерала наблюдаются эмульсиевидные включения тонких частичек другого минерала, которые образуются при раскристаллизации смешанных гелей. Поздние включения в минеральных зернах образуются при их замещении. Таким образом, твердые включения могут быть более ранними или того же возраста, или более поздними по отношению к минералам, их включающим; поэтому определение возраста включений требует тщательных наблюдений. Здесь не рассматриваются жидкие и газожидкие включения в минералах, представляющие вещество маточного раствора, захваченное при росте кристаллов. Как видно из табл. 9, минеральные зерна различного генезиса отличаются друг от друга строением.

Группы и виды структур

Структуры руд (см. прил. 1) подразделяются на шесть морфогенетических групп: зернистые, коррозионные, метазернистые, коллоидные, кристаллобластические, катакластические и кластические.

Зернистые структуры характеризуются сrostками кристаллических зерен, форма и размеры которых изменяются в зависимости от температуры, давления и составов раствора. Они развиты

в минеральных агрегатах, отложившихся при кристаллизации расплавов и растворов в магматических очагах, соленосных бассейнах, открытых пустотах горных пород и руд. При процессах кристаллизации образуются полнокристаллические агрегаты с размерами зерен от 0,001 мм до нескольких сантиметров и редко более. В зависимости от величины кристаллических зерен различают крупно-, средне- и мелкозернистые агрегаты. В мономинеральных агрегатах зерна имеют более или менее одинаковые размеры. Форма кристаллических зерен идиоморфная (нередко округленная), гипидиоморфная, скелетная и аллотриоморфная. Кристаллы ранее выделившихся минералов очень редко обладают правильной кристаллографической формой. Обычно они разъедены остаточными растворами. Кристаллические зерна характеризуются однородным, зональным, секториальным, двойниковым и пойкилитовым строением. Между зернами идиоморфной (гипидиоморфной) и аллотриоморфной формы постоянно наблюдаются явления коррозии.

В зависимости от формы, размера и характера срастания кристаллических зерен в агрегате выделяются разнообразные морфологические виды зернистых структур. Если агрегат сложен идиоморфными и гипидиоморфными зернами, то его структура идиоморфнозернистая (панидиоморфнозернистая) (см. прил. 2, рис. 91); если почти все зерна имеют аллотриоморфные очертания, то структура агрегата аллотриоморфнозернистая. Иногда агрегат сложен шестоватыми зернами с идиоморфными очертаниями. В полосках или друзах шестоватые зерна располагаются перпендикулярно к поверхности нарастания и заполняют пустоты частично или полностью. Структура таких агрегатов называется гребенчатой. В некоторых полосчатых агрегатах зерна минералов имеют ориентированное расположение — ориентированнозернистая структура. В округлых агрегатах шестоватые или пластинчатые зерна располагаются в виде лучей вокруг центров кристаллизации. В этом случае структура называется радиально-лучистой (см. прил. 2, рис. 92—94).

Срастания зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных, гипидиоморфных и аллотриоморфных) представляют гипидиоморфнозернистую структуру. В таких срастаниях кристаллические зерна ранее выделившихся минералов имеют идиоморфные и гипидиоморфные очертания, а зерна поздних минералов аллотриоморфны. Разновидностью гипидиоморфнозернистой структуры является сидеронитовая (см. прил. 2, рис. 95). Она характеризуется срастанием идиоморфных зерен нерудных минералов (оливин, пироксены, амфиболы, плагиоклазы) с ксеноморфными зернами рудных минералов (магнетит, титаномagnetит, ильменит, пирротин, петландит, халькопирит и др.). Сидеронитовая структура является типоморфной во вкрапленных рудах позднемагматического и ликвационного генезиса [6]. Очень редко встречаются кристаллические агрегаты, сложенные зернами скелетной формы

в виде «елочки» и «рыбьего скелета», — такая структура называется скелетной. Для кристаллических агрегатов с зернами различной формы и величины характерны порфировидная и пойкилитовая структуры (см. прил. 2, рис. 96).

В порфировидной структуре крупные кристаллы являются ранними индивидами в агрегате мелких поздних аллотриоморфных зерен. В пойкилитовой структуре мелкие кристаллики представляют собой ранние образования внутри крупных аллотриоморфных зерен.

Коррозионные структуры формируются в минеральном агрегате при разъедании кристаллов, зерен ранее выделившихся минералов остаточными растворами, изменившими в процессе минералообразования химический состав, температуру и давление. В группу коррозионных структур объединяются следующие морфологические виды: скелетная, зональная, реликтовая и разъедания (см. прил. 2, рис. 97—101). В процессе коррозии изменяется облик ранее выделившихся минералов. Так, например, при незначительном разъедании идиоморфных и гипидиоморфных кристаллов образуются скелетные формы, а при более глубоком разъедании от кристаллов сохраняются реликты. По расположению остатков иногда можно представить размеры и форму первоначального зерна. При замещении аллотриоморфнозернистых мономинеральных выделений наблюдаются многочисленные реликты, располагающиеся в замещающем минерале вдоль границы разъедания. Как правило, идиоморфные зерна труднее поддаются замещению, чем зерна неправильной формы. Внутренние части кристаллов легче замещаются по сравнению с кристаллическими границами. В некоторых случаях наблюдается избирательное замещение отдельных внутренних зон в кристалле.

Минералы, выделившиеся позже, заполняют трещины и полости разъедания в зернах скелетной и реликтовой формы, а также цементируют их. Частным случаем скелетной структуры является *зональная*.

Метасоматические зерна поздних минералов, образующихся в процессе диффузионного замещения, иногда унаследуют внутреннее строение зерен замещаемого минерала (зональное, двойниковое, трещинки спайности и отдельности). Нередко в процессе замещения образуются каплевидные и неправильной формы выделения позднего минерала в массе раннего минерала или каемки по периферии раннего минерала. Такие сростания относятся к типу микротекстур.

Характерными признаками коррозионных структур являются зазубренные границы между ранними и поздними минералами данной ассоциации, что послужило основанием для выделения структуры *разъедания*.

Коррозионные структуры играют большую роль при определении последовательности выделения минералов в парагенетической ассоциации. Они всегда в кристаллическом агрегате распространены подчиненно по сравнению с зернистыми структурами.

Коррозионные микротекстуры и структуры (см. прил. 1) имеют одинаковые морфологические виды, поэтому от исследователя требуется точное определение типа морфологической единицы сростания (минеральный агрегат или минеральное зерно). В коррозионных микротекстурах и структурах применяются одни и те же названия для морфологических видов в тех случаях, когда форма морфологических единиц одинаковая [18]. При определении морфологического вида коррозионных микротекстур и структур необходимо различать сростания между агрегатами, сложенными гипогенными и гипергенными минералами (текстура), или сростания между минералами ранних и поздних ассоциаций (текстура) от сростаний между минералами или их зернами в одной парагенетической ассоциации (структура).

Метазернистые структуры характеризуются минеральными зернами, образовавшимися в процессе роста в твердой среде в результате замещения пород, руд и минералов. Такие образования разделяются на метакристаллы и метазерна.

Метасоматические агрегаты обычно имеют мономинеральный состав. По химическому составу метакристаллы некоторых минералов резко отличаются от вмещающих горных пород и руд, например метакристаллы пирита и кобальтина в породах, метакристаллы молибденита в кварце и пороодообразующих минералах или метакристаллы энаргита в пирите. Однако в этих минералах всегда присутствуют в виде примеси реликтовые элементы, заимствованные из замещаемых минералов. Так, например, метакристаллы молибденита в кварце из Каджаранского месторождения по данным химических анализов постоянно содержат примесь кремнезема от 2,8 до 11,29%. В метакристаллах энаргита, развитых в пирите из Кафанского месторождения, по данным химического и спектрального анализов содержание железа равно 0,1—1%. Иногда реликтовые элементы входят в формулу минерала, например метакристаллы энаргита по халькопириту заимствуют из последнего медь. Некоторые элементы (железо, титан и др.) выпадают в виде простых окислов и образуют своеобразные ореолы вокруг метасоматических агрегатов, например ореолы лейкоксена и рутила вокруг агрегатов гематита, образовавшихся при метасоматическом замещении титаномagnetита.

Метакристаллами называются идиоморфные и гипидиоморфные метасоматические зерна минералов. Кристаллографическая форма метакристаллов обычно простая и обусловлена большой силой и скоростью кристаллизационного роста минералов в условиях стесненной среды. Некоторые минералы, например пирит, кобальтин, арсенопирит, магнетит, молибденит, энаргит, кварц, барит, доломит и др., обладают большой способностью к образованию метакристаллов. Наблюдаются недоразвитые скелетные метакристаллы, что обусловлено неравномерным поступлением вещества в твердой среде к различным частям кристалла, вследствие чего ребра и вершины кристаллов растут с различной скоростью. Форма и размер скелетных метакристаллов зависят от

строения и минерального состава замещающей породы. В процессе роста метакристаллов одни минералы породы легче поддаются замещению, а другие — труднее. Минеральные индивиды раздробленные и смятые более интенсивно замещаются, а минеральные индивиды идиоморфной формы, не затронутые деформацией, не замещаются. Встречаются метакристаллы уплощенной формы, вытянутые вдоль трещинок спайности или дробления, представляющих благоприятные пути для проникновения растворов. Так как метакристаллы вдоль трещинок растут быстрее, чем в ненарушенных участках вмещающей среды, то происходит искажение их формы. Часто метакристаллы группируются близ прожилков и жил выполнения, а также по границам зерен окружающих минералов.

Метазернами называют метасоматические зерна неправильной формы. Метазерна характерны для халькопирита, сфалерита, борнита, теннантита и других минералов. *Псевдоморфозами* называются такие образования, которые получаются при замещении одного минерала другим с сохранением внешней формы и внутреннего строения кристаллов и зерен замещаемого минерала. Метакристаллы ограничены в замещаемых минералах прямыми кристаллическими гранями без следов разъедания. Границы метазерен в замещаемом минерале прямые или зазубренные (табл. 10).

Метакристаллы и метазерна отличаются зональным, секториальным, двойниковым и ситообразным строением. Зональное и ситообразное строение зерен типоморфно для данной группы структур. Ситообразное строение метакристаллов и метазерен обусловлено включениями окружающих минералов, захваченных ими при росте. Такие включения распределены внутри зерен закономерно, более или менее равномерно, и представляют собой остатки замещенных минералов или минералов, не поддающихся замещению. Нередко включения обладают одинаковой оптической ориентировкой с минералами, окружающими метакристаллы и метазерна, или наблюдается одинаковое расположение трещинок спайности и двойниковых пластинок. В некоторых метакристаллах наружные зоны совершенно лишены включений. Встречаются также метакристаллы, не содержащие твердых включений. Нередко замещающий минерал унаследует внутреннее строение замещаемого минерала (зональное, двойниковое, трещинки спайности и двойниковые швы). В мономинеральных агрегатах метакристаллы и метазерна часто имеют разные размеры (от сотых долей миллиметра до нескольких сантиметров) в результате одновременного образования центров кристаллизации при росте в твердой среде. Структура метасоматических агрегатов неравномернометазернистая.

Метакристаллы и метазерна часто называют идиобластами и ксенобластами, от которых первые отличаются рядом признаков (см. табл. 10), например внутренним строением и характером границ.

**Морфогенетические особенности минеральных зерен в метасоматических
и перекристаллизованных агрегатах**

Отличительные признаки	Метакристаллы и метазерна	Идиобласты и ксенобласты
Вмещающая среда	Минеральный и химический состав окружающих ранних агрегатов полностью или частично отличается от состава метакристаллов и метазерен. В метасоматических зернах всегда присутствуют реликтовые элементы вмещающих пород (руд)	Идиобласты (ксенобласты) и ранние минеральные агрегаты, за счет которых образуются бласты в процессе перекристаллизации, одинакового или близкого химического состава
Форма зерен	Идиоморфная, гипидиоморфная, скелетная, футлярообразная, аллотриоморфная, уплощенная, унаследованная — псевдоморфозы	Идиоморфная, гипидиоморфная, скелетная, аллотриоморфная, изометричная, округлая, линзовидная, пластинчатая, волокнистая
Внутреннее строение зерен	Зональное, двойниковое, секториальное, унаследованные детали строения ранних минералов	Полисинтетически-двойниковое, однородное, реликты зонального строения
Твердые включения в зернах	Реликты замещаемых минералов — ситообразное строение	Мелкие включения бластов — пойкилитовое строение
Характер границ зерен с окружающими минералами	Прямые и зазубренные границы	Прямые границы без признаков коррозии
Строение агрегата	Неравномернозернистые	Неравномернозернистые
Типоморфные структуры в агрегате	Метазернистые	Кристаллобластические
Типоморфные текстуры в рудах	Метакристаллического замещения (вкрапленная, прожилкообразная) Унаследованного замещения (слоистая, оолитовая, полосчатая, цементная, органигенная и др.) Коррозионного замещения (каемочная и др.)	Метаколлоидные Гнейсовидно-полосчатая, плейчатая, линзовидная, сланцеватая, очковая, брекчиевая

В группе метазернистых структур выделяются следующие морфологические виды: идиоморфнометазернистая, гребенчатая метазернистая, скелетная метазернистая, аллотриоморфнометазернистая, гилидиоморфнометазернистая, радиально-лучистая метазернистая (см. прил. 2, рис. 102—107), порфирометазернистая, пойкилометазернистая. Из перечисленных видов структур наиболее широко в метасоматических рудах распространены идиоморфнометазернистая, аллотриоморфнометазернистая и порфирометазернистая.

Коллоидные структуры развиты в коллоидных и стекловатых агрегатах сферической, натечной и фестончатой формы, сложенных мельчайшими частицами величиной от 0,002 до 0,0002 мм и менее; форма таких частиц не видна в поляризационном микроскопе, а различается в электронном микроскопе при увеличении в несколько тысяч раз. С помощью рентгенографического и электронно-микроскопического анализов в коллоидном агрегате обычно обнаруживаются кристаллические индивиды и лишь иногда аморфные частицы. Как известно, кристаллические минералы характеризуются симметричным расположением атомов в решетке, аморфные минералы — беспорядочным.

Коллоидное вещество, например опал, псиломелан, хризоколлала и др., характеризуется неоднородностью и представляет собой затвердевшую дисперсионную фазу, в которой дисперсионная среда (вода или водный раствор) заполняет пространство, оставшееся между частицами аморфного или кристаллического вещества. Скрытокристаллические и аморфные агрегаты могут переходить в коллоидное вещество при поглощении дисперсионной среды, а коллоидные — в аморфное и скрытокристаллическое при потере дисперсионной среды. Выделения геля характеризуются трещинами усыхания — радиальными, концентрическими и сетчатыми, а также концентрическим и концентрически-зональным строением. Концентрически-зональное строение тонкодисперсных масс свидетельствует о прерывистом характере их отложения. Отдельные зоны отличаются друг от друга или по окраске, или по твердости, или по мощности. Трещинки усыхания могут быть выполнены рудными и нерудными минералами и могут быть пустыми.

Коллоидные структуры разделяются на следующие морфологические виды: гелевая, скрытокристаллическая, или афанитовая, и концентрически-зональная (см. прил. 2, рис. 108—110). Гелевая структура — это однородное строение коллоидного вещества с трещинками усыхания. Гелевая и скрытокристаллическая структуры рудных агрегатов не различаются под микроскопом, а различаются только после изучения минерального вещества рентгеноструктурным анализом.

Строение аморфного и скрытокристаллического вещества с концентрическим строением принято называть концентрически-зональной структурой. Иногда аморфные и скрытокристаллические минералы образуют микроскопические шарики, тесно сросшиеся друг с другом или расположенные в другом мине-

рале. Строение шариков однородное. Такие формы минеральных сростаний характеризуют перлитовую, или шариковую, структуру (см. прил. 2, рис. 111).

Текстуры и структуры коллоидных агрегатов не имеют одинаковых морфологических видов. Многие исследователи термин «колломорфная» применяют при описании как текстур, так и структур. Коллоидные структуры образуются при отложении агрегатов из коллоидных или истинных растворов в особых физико-химических условиях — при резком падении температуры и давления, или при пересыщении и переохлаждении растворов, или при смешивании рудообразующих растворов с электролитами и коллоидными растворами противоположного заряда. Обычно руды с коллоидными структурами в различной степени раскристаллизованы. Первичное строение в перекристаллизованных рудах ясно выступает при изучении их под микроскопом в проходящем или отраженном свете.

Кристаллобластические структуры характерны для таких минеральных сростаний, в которых морфологической единицей являются кристаллобласты или бласты — минеральные зерна, образующиеся в процессе перекристаллизации и раскристаллизации минералов вещества в твердом состоянии. Перекристаллизация минералов обусловлена изменением физико-химических условий среды (температуры, давления и состава). Кристаллобластические структуры являются полнокристаллическими, и зерна в них хорошо наблюдаются под микроскопом или невооруженным глазом. Они подразделяются на три подгруппы: собственно кристаллобластические, метаколлоидные и распада твердых растворов.

Собственно кристаллобластические структуры формируются в процессе перекристаллизации в твердом состоянии агрегатов зернистого, метазернистого, обломочного, скрытокристаллического и коллоидного строения. Новые зерна — кристаллобласты — возникают на месте первичных минеральных зерен и коллоидного вещества. В минеральном агрегате первоначально развиваются тонкозернистые структуры, а затем постоянно образуются мелко-, средне- и крупнозернистые. Перекристаллизация руды может происходить как с изменением, так и без изменения минерального состава. Особенно значительные изменения состава руд происходят при метаморфизме осадочных месторождений железа, марганца, алюминия и др.

Идиоморфная, гипидиоморфная, скелетная и аллотриоморфная формы кристаллобластов обусловлены различной способностью минералов развивать собственные кристаллографические формы в условиях стесненной среды и зависят от силы и скорости кристаллизационного роста минерала. Скелетные кристаллобласты могут возникнуть и при распаде твердых растворов, например звездочки сфалерита в халькопирите (см. прил. 2, рис. 126). Наиболее типичными формами для кристаллобластов являются изометричная, округлая, линзообразная и пластинчатая. Иногда зерна линзообразной, призматической и пластинчатой формы ориентированы

параллельно друг другу. Крупные идиобласты и ксенобласты характеризуются пойкилитовым строением, которое обусловлено включениями мелких бластов других минералов. В некоторых кристаллобластих наблюдаются включения, представляющие продукты распада твердых растворов или обломки ранних минералов, захваченные в процессе перекристаллизации. В кристаллобластих, образовавшихся в условиях одностороннего давления, иногда отмечается полисинтетически-двойниковое строение. Однако характерной особенностью внутреннего строения бластов является полная их однородность.

Иногда в кристаллобластих выявляются после травления реликты зонального строения или реликты двойников превращения. Границы между кристаллобластиками всегда ровные, без следов коррозии. Нередко вокруг порфировбластов наблюдаются нарастающие в виде венчиков и хвостов. Такие образования сложены удлиненными зернами перекристаллизованных минералов (халькопирита, галенита, хлорита, серицита, кварца и др.) и развиты в участках наименьшего давления (см. прил. 2, рис. 112—119).

Процессу перекристаллизации особенно легко подвергаются минералы низкой и средней твердости (галенит, халькопирит, сфалерит, антимонит и др.). Очень мягкие минералы, например молибденит, и очень твердые минералы, например касситерит, с трудом изменяются. В крупнозернистых агрегатах новообразование тонкозернистой массы кристаллобластов начинается на границе зерен и двойников или по трещинкам. В процессе перекристаллизации исчезают в зернах зональное строение, двойники роста и эмульсиевидные твердые включения; в агрегатах уничтожаются структуры расплава твердых растворов, коллоидные, метаколлоидные, зернистые, метазернистые, коррозионные и катакlastические.

В этой подгруппе выделяются следующие морфологические виды структур: идиоморфнобластическая, гребенчатая, скелетная, аллотриоморфнобластическая, или гранобластическая, гипидиоморфнобластическая, ориентированнобластическая, порфировбластическая и пойкилобластическая.

Метаколлоидными структурами называются вторичные структуры, которые образовались при раскристаллизации геля в твердом состоянии. Особенно сильно видоизменяются гели сульфидов, кремнезема, карбонатов и сульфатов.

Кристаллобласты в сферических, натечных и удлиненных агрегатах — шариках, почках, фестонах, прожилках, сталактитах, сталагмитах и полосках — часто имеют лучистую и волокнистую форму и расположены перпендикулярно к внешним контурам сферических, полусферических и натечных коллоидных образований. В концентрически-зональных агрегатах бласты радиально-лучистой и волокнистой формы беспрепятственно переходят из одной зоны в другую. В дальнейшем может происходить превращение радиально-лучистых и волокнистых агрегатов с образованием гранобластических структур. При раскристаллизации коллоидных

масс образуются мелкие пустоты и поры неправильной формы, распределенные незакономерно и ничем не заполненные или заполненные поздними минералами. В метакolloидных агрегатах сохраняются сферическая, коллоидно-полосчатая и натечная формы, а также иногда наблюдаются реликты концентрически-зонального строения коллоидного вещества и трещины усыхания. Морфологическими видами структур в этой подгруппе являются радиально-лучистая, или сферолитовая, волокнистая (см. прил. 2, рис. 120—124) и пластинчатая.

Структуры распада твердых растворов часто характеризуют строение отдельных минеральных зерен. Они наблюдаются в сложных по составу минералах — твердых растворах, отложившихся при относительно высоких температурах из расплава или раствора; такие минералы при медленном понижении температуры становятся неустойчивыми и распадаются в твердом состоянии на более простые химические соединения. При распаде твердого раствора происходит диффузия атомов или ионов растворенного вещества в решетке главного минерала до полного обособления компонентов друг от друга. Вначале в твердом растворе образуются весьма тонкие, беспорядочно расположенные каплевидные частицы нового минерала (например, эмульсии халькопирита в сфалерите) или скелетной формы мелкие кристаллобласты (например, звездочки сфалерита в халькопирите).

При медленном охлаждении продукты распада ориентируются по кристаллографическим направлениям или по зональности в зернах главного минерала (например, тонкие пластинки и линзочки ильменита располагаются вдоль плоскостей спайности в магнетите; эмульсии халькопирита заполняют трещинки зональности и двойниковые швы в сфалерите). Так образуется пластинчатое, решетчатое и зональное строение в отдельных зернах минералов. Иногда продукты распада диффузионно перемещаются к границам зерен главного минерала и заполняют пространство между ними в виде выделений неправильной формы (например, петельчатые выделения пентландита в пирротине). Нередко продукты распада в форме клиновидных выделений, параллельно ориентированных, располагаются в главном минерале вдоль трещинок или по границам включений других минералов. К такому типу сростаний относится пламенивидная структура пентландита и пирротина. Наблюдаются продукты распада в форме неправильных выделений и зерен. Границы между включениями продуктов распада и главным минералом прямые. Характерной особенностью структур распада твердых растворов являются форма включений и постоянные количественные соотношения между главным минералом и продуктами распада.

В рудах явления распада твердого раствора характерны для таких минералов, которые отличаются близкими кристаллохимическими свойствами, например магнетит — ильменит, пирротин — пентландит, сфалерит — халькопирит, халькопирит — кубанит,

борнит — халькопирит, борнит — халькозин, платина — иридий, халькозин — неодигинит, сфалерит — станнын, халькопирит — блеклая руда, шпинель — магнетит, хромит — ильменит, гаусманит — якобит и др. В книге П. Рамдора [32] приведен обзор различных форм распада твердых растворов в минералах.

Срастания бластов нового минерала с главным минералом называются структурами распада твердых растворов. Характерные морфологические виды структур в этой подгруппе: эмульсионная, ориентированно эмульсионная, звездчатая, пластинчатая, решетчатая, графическая, субграфическая, пламенивидная и петельчатая (см. прил. 2, рис. 125—130).

При перекристаллизации агрегатов под влиянием агентов метаморфизма структуры распада твердых растворов преобразуются в гранобластические (прил. 2, см. рис. 121).

Катакластические и *кластические* структуры характеризуются кластическими зернами — обломками, которые образуются при дроблении и смятии минералов под влиянием агентов динамометаморфизма или выветривания. Если кластические зерна не распадаются, а разделены трещинами дробления или растрескивания — это катакластические структуры. Если кластические зерна распадаются, переносятся водой, воздухом или ледником на определенные расстояния и вновь отлагаются в виде окатанных, полуокатанных и остроугольных обломков — это кластические структуры. Катакластические структуры развиваются в минеральном агрегате после его отложения, а кластические формируются одновременно с минеральным агрегатом, в котором они развиты.

Среди катакластических структур выделяются следующие морфологические виды: раздробленная, или дробления, гранокластическая, тонкокластическая, порфиروкластическая, ориентированнокластическая, ориентированно-зернистая, смятия и расщепления (см. прил. 2, рис. 131—137).

Твердые и хрупкие минералы при сжатии и расширении разбиваются на остроугольные обломки — раздробленная структура. Если обломки в агрегате более или менее одинаковые по размерам, такая структура называется гранокластической; в агрегатах, сложенных обломками разной величины, выделяется порфиروкластическая структура. При тонком дроблении минералов образуются мельчайшие обломки (меньше 0,01 мм) в глинах трения и выветривания. Минеральные массы, состоящие из таких обломков, характеризуются тонкокластической структурой.

В хрупких минералах часто развиты трещины дробления и растрескивания, наблюдаются микросбросы в двойниках, в минералах мягких развиты фигуры смятия. При направленном давлении обломки в агрегате приобретают линзовидную форму и вытянуты параллельно полосчатости или сланцеватости — ориентированнокластическая структура.

Мягкие минералы под действием давления подвергаются пластической деформации, что выражается в смятии зерен, трещинок спайности и двойниковых швов,—структура смятая. Удлиненные зерна пластичных минералов, подвергшихся одностороннему давлению, часто располагаются параллельно друг другу — ориентированно зернистая структура. Пластичные минералы служат цементом для обломков хрупких минералов и залечивают в них трещины без следов коррозии. Некоторые волокнистые и пластинчатые минералы, например молибденит, графит, слюда, хризотил-асбест и др., под влиянием одностороннего давления расщепляются на весьма тонкие пластинки или волоконца — структура расщепления. При развальцовке минералов происходит перегруппировка вещества, что выражается в появлении волнистого погасания, образовании тонких полисинтетических двойников и фигур смятия в зернах; в деформированных кристаллах рудообразующих минералов разрушаются и полностью исчезают зональные фигуры. В некоторых минералах под действием давления отчетливо проявляется спайность или отдельность (так, например, в кристаллах пирита, испытавших давление, хорошо выражена спайность по 100 и 110). Все эти признаки деформации выявляются после структурного травления или в отраженном поляризованном свете.

Среди кластических структур широко распространена обломочная (см. прил. 2, рис. 138). Обычно перемещенные обломки пород или руд скреплены цементом, отложившимся в момент их осаждения. Разновидностями обломочной структуры являются псефитовая, псаммитовая, алевролитовая и пелитовая. Все эти термины заимствованы из осадочной петрографии. Псефитовая структура характеризуется обломками размером от 1 до 100 мм и более: псаммитовая структура выделяется при размере обломков от 0,1 до 1 мм, алевролитовая — от 0,01 до 0,1 мм, пелитовая — при размере обломков менее 0,01 мм.

Катакластические и кластические текстуры и структуры имеют сходные морфологические особенности. В этих текстурах и структурах морфологические единицы (минеральные агрегаты и кластические зерна) представляют собой обломки, которые внешне очень сходны, но характер их расположения различен. Например, в рудах с катакластическими текстурами обломки горной породы или руды всегда перемещены относительно друг друга и большей частью скреплены цементом, отложившимся в другую стадию или этап минерализации. В мономинеральных агрегатах с катакластическими структурами обломки минерала находятся в первоначальном положении и не сцементированы.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ТЕКСТУР И СТРУКТУР

Текстуры и структуры руд принято разделять на первичные и вторичные. Первичные — такие формы срастания, которые образуются при отложении и переотложении минерального вещества в

Классификация текстур руд

Первичные текстуры					Вторичные текстуры	
магматической ликвации и кри- сталлизации	седиментации и диагенеза осадка	заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд		выветривания (дробление, выщелачивание)	диагенеза и мета- морфизма
			коррозионные и метакристалли- ческие	унаследованные		
Массивная Вкрапленная Пятнистая Нодулярная Полосчатая Псевдослоистая Линзовидная	Массивная Вкрапленная Пятнистая Полосчатая Слоистая Линзовидная Оолитовая Почковидная Конкреционная Колломорфная Концентрически- скорлуповатая Порошковатая Брекчиевая Брекчиевидная Конгломератовая Цементная Органогенная	Массивная Вкрапленная Пятнистая Полосчатая Крустификацион- ная Прожилковая Корковая Дендритовая Друзовая Секретионная Жеодовая Почковидная Колломорфная Концентрически- скорлуповатая Сталактитовая Сталагмитовая Брекчиевая Кокардовая Цементная	Вкрапленная Пятнистая Полосчатая Прожилкооб- разная Друзовая Реликтовая Каемочная Петельчатая Графическая Разъедания Эмульсиевид- ная	Массивная Вкрапленная Пятнистая Полосчатая Гнейсовидная Слоистая Линзовидная Сланцеватая Плойчатая Прожилкообраз- ная Оолитовая Колломорфная Брекчиевидная Цементная Органогенная	Трещиноватая Брекчиевая Брекчиевидная Порошковатая Пористая Ячеистая Ящичная Кавернозная	Массивная Вкрапленная, или очковая Пятнистая Трещиноватая Брекчиевая Брекчиевидная Порошковатая Метаколлоидные: оолитовая, поч- ковидная, кон- креционная, кол- ломорфная, на- течно-скорлупо- ватая и др. Просечковая Гнейсовидно-пол- осчатая Гнейсовидная Линзовидная Сланцеватая Плойчатая

Примечание. В табл. 11 и 12 шрифтом выделены типоморфные текстуры и структуры.

Таблица 12

Классификация структур руд

Первичные структуры				Вторичные структуры			
зернистые	коррозионные	метазернистые	коллоидные	кристаллобластические			катакластические и кластические
				собственно кристаллобластические	метаколлоидные	распада твердых растворов	
Идиоморфно-зернистая Гребенчатая	Разъедания Скелетная	Идиоморфнометазернистая Аллотриоморфнометазернистая Гипидиоморфнометазернистая	Гелевая Скрытокристаллическая	Идиоморфнобластическая Гипидиоморфнобластическая	Радиально-лучистая Волокнистая	Эмульсионная Пластинчатая	Раздробленная Гранокластическая
Радиально-лучистая	Реликтовая	Гипидиоморфнометазернистая	Концентрически-зональная	Порфиروбластическая	Скрытобластическая	Решетчатая	Порфирокластическая
Аллотриоморфнозернистая		Скрытометазернистая	Шариковая, или перлитовая	Пойкилобластическая		Петельчатая	Ориентированнокластическая
Гипидиоморфнозернистая Сидеронитовая		Порфирометазернистая Пойкилометазернистая		Гранобластическая Ориентированнобластическая		Пламеневидная	Смятия
Порфировидная Пойкилитовая Скрытокристаллическая						Графическая и субграфическая	Расщепления Обломочная*

* В осадочных месторождениях первичная структура.

определенных физико-химических и геологических условиях в эндогенных и экзогенных месторождениях полезных ископаемых (табл. 11, 12). Вторичные — новые формы строения, которые образуются после отложения руды в результате ее изменения в процессе дробления, смятия, выщелачивания и перекристаллизации. Они встречаются в основном в месторождениях выветривания и метаморфогенных месторождениях (см. табл. 11, 12). Вторичные текстуры и структуры накладываются на первичные и затушевывают их по-разному.

В этой книге выделяются генетические группы текстур и структур (см. прил. 1). Каждая генетическая группа объединяет такие типоморфные текстуры и структуры, которые свидетельствуют об определенном процессе, при котором происходило отложение или изменение руды.

Генетические группы первичных текстур и структур

В зависимости от геологических и физико-химических условий отложения минерального агрегата, минерального зерна и коллоидного вещества первичные текстуры и структуры подразделяются на четыре генетические группы, образующиеся в процессе: I — дифференциации магмы; II — седиментации и диагенеза осадка; III — заполнения открытых пустот в породах и рудах; IV — метасоматического замещения пород и руд. Первые две группы текстур и структур характерны для сингенетических месторождений полезных ископаемых (табл. 13). Третья и четвертая группы текстур и структур типоморфны для эпигенетических месторождений полезных ископаемых (табл. 14).

I. Текстуры и структуры, образующиеся в процессе дифференциации магмы (см. табл. 13). Текстуры и структуры руд собственно магматических месторождений сформировались в процессе ликвации и кристаллизации магмы. Характер дифференциации в магме определяет строение руды и генетический тип месторождения. Магматические месторождения по условиям образования принято разделять на раннемагматические, позднемагматические и ликвационные. К магматическим месторождениям относятся также некоторые разновидности пегматитов, образовавшихся из остаточных расплавов, обогащенных летучими компонентами.

В раннемагматических месторождениях первыми кристаллизуются из магмы рудные минералы (хромит, магнетит, ильменит, самородная платина и металлы ее группы); порообразующие силикаты (оливин, пироксены, плагиоклазы) выделяются одновременно или позже и разъедают ранние минералы. Рудообразующие минералы в этих месторождениях представлены идиоморфными, скелетными, гипидиоморфными и аллотриоморфными зернами, которые, срастаясь друг с другом, образуют зернистые и коррозионные структуры. Кристаллические зерна рудных минералов обособляются в магматических расплавах в виде капель, небольших гнезд и полосок, поэтому в раннемагма-

**Главнейшие текстуры и структуры руд сингенетических
месторождений полезных ископаемых**

Морфологические виды	Месторождения		Морфологические виды	Месторождения	
	магматические	осадочные		магматические	осадочные
<i>Текстуры первичные</i>			<i>Структуры первичные</i>		
Вкрапленная, пятнистая	+++	+++	Зернистые	+++	+++
Массивная	+++	+++	Метазернистые	+	+
Нодулярная	+	—	Коррозионные	+++	+
Слоистая, псевдослоистая	+	+++	Коллоидные	—	+++
Полосчатая, линзовидная	+	+++	Обломочные	—	+++
Оолитовая, псевдооолитовая	—	+++	<i>Структуры вторичные</i>		
Концентрически-слоистая	—	+++	Распада твердых растворов	+++	—
Конкреционная	—	+++	Кристаллобластические	+++	+++
Конгломератовая	—	+++	Катакластические	+++	+++
Органогенная	—	+++	Метаколлоидные	+	+
Цементная	+	+++			
Землистая, порошковатая	—	+++			
Колломорфная, почковидная	—	+++			
Брекчиевая, брекчиевидная	+	+++			
Прожилковая	+	—			
<i>Текстуры вторичные</i>					
Трещиноватая	+	+			

Примечание. Текстуры и структуры наблюдаются: +++ часто; + редко; — не наблюдаются.

тических месторождениях типичными текстурами являются равномерновкрапленная, пятнистая и полосчатая.

В позднематматических и ликвационных месторождениях рудные минералы (хромит, самородная платина, магнетит, ильменит, пирротин, пентландит, халькопирит) кристаллизуются после силикатов ультраосновных и основных изверженных пород (оливин, пироксены, плагиоклазы). В редких случаях рудные минералы и силикаты кристаллизуются одновременно. Зерна силикатов имеют правильные кристаллографические формы или округлые очертания. Промежутки между кристаллами силикатов и трещинки в них заполняют аллотриоморфные зерна рудных минералов. Для таких сростаний характерны крупно- и среднезернистые структуры (гипидиоморфнозернистая, порфировидная и аллотриоморфнозернистая). В некоторых типах вкрапления руды (титаномagnetитовых, ильменит-гематитовых, ильменитовых, пентландит-халькопирит-пирротинных) рудные минералы цементи-

**Главнейшие текстуры и структуры руд эпигенетических
месторождений полезных ископаемых**

Морфологические виды	Месторождения заполнения пустот			Месторождения метасоматического замещения		
	после- магма- тиче- ские	мета- морфи- ческие	инфильт- рацион- ные	после- магма- тиче- ские	мета- морфи- ческие	инфильт- рацион- ные
<i>Текстуры первичные</i>						
Крустификационная	+++	+++	+++	—	—	—
Кокардовая	+++	+++	+++	—	—	—
Прожилковая, прожилкообразная	+++	+++	+++	+	+	+
Колломорфная, почковидная	+	+	+++	+	+	+
Концентрически-слоистая, конкрецион- ная	+	+	+++	++	++	+++
Друзовая	+++	+	+++	+	+	+
Жеодовая, секреторная	+	—	+++	—	—	—
Сталактитовая, сталагмитовая	+++	—	+++	—	—	—
Каемочная, реликтовая	—	—	—	+++	+	+++
Петельчатая, решетчатая, нитеобраз- ная, графическая, субграфическая	—	—	—	+++	+++	+++
Линзовидная	—	—	—	++	++	++
Слоистая	—	—	—	++	++	++
Органогенная	—	—	—	++	++	++
Полосчатая, ленточная	+++	+++	+++	++	++	++
Дендритовая, корковая	+	+	+	+	+	+
Брекчиевая, брекчиевидная, цемент- ная	+++	+++	+++	++	++	++
Вкрапленная, пятнистая, эмульсие- видная	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Массивная	+++	+	+	++	++	++
<i>Структуры первичные</i>						
Зернистые	+++	+++	+++	—	—	—
Метазернистые	—	—	—	+++	+++	+++
Коррозийные	+++	+++	+	+++	+++	+++
Коллоидные	+	+	+++	+	+	+++
<i>Структуры вторичные</i>						
Распада твердых растворов	+++	+	+	+	+	+
Кристаллобластические	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Катакластические	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Примечание. Текстуры и структуры наблюдаются: +++ часто; + редко; — не наблюдаются; +? предполагаются в данном генетическом типе; ++ унаследованные.

руют кристаллы силикатов с образованием сидеронитовой структуры. Метазернистые структуры в магматических месторождениях играют второстепенную роль.

Рудные минералы отлагаются из остаточных расплавов, обогащенных летучими компонентами. Такие рудные магмы, обособляющиеся в магматическом очаге в процессе ликвационной, кристаллизационной и гравитационной дифференциации, слагают по-

досы, линзы, прослойки, гнезда и вкрапления. При кристаллизации силикатного, а затем рудного расплавов формируются текстуры полосчатая, петельчатая, линзовидная, псевдослоистая, нодулярная, пятнистая, вкрапления. Между перечисленными видами текстур наблюдаются постепенные переходы.

Иногда между отложением породообразующих силикатов и рудных минералов имеют место перерывы, которые устанавливаются в месторождениях по характерным текстурам заполнения пустот (брекчиевой, брекчиевидной, петельчатой и прожилковой) или по характерным текстурам метасоматического замещения (реакционно-каемочной, сетчатой и реликтовой). В таких текстурах поздний агрегат часто сложен рудными минералами (хромитом, магнетитом, пирротинном и др.).

Минералы пегматитов кристаллизуются из остаточного магматического расплава, обогащенного летучими компонентами и редкими элементами, одновременно или почти одновременно. Поэтому в пегматитах широко развиты такие структуры, как идиоморфнозернистая, гребенчатая, аллотриоморфнозернистая, графическая, или письменная. Характерная особенность пегматитов — крупнозернистые агрегаты. Структура агрегата, сложенного крупными или даже гигантскими зернами кварца и полевого шпата, называется пегматоидной, или блоковой. Для пегматитов типичны текстуры: массивная, пятнистая, вкрапленная, зональная и полосчатая. В пегматитах широко развиты текстуры и структуры заполнения пустот (группа III) и метасоматического замещения (группа IV) в связи с проявлением более поздних этапов минералообразования (пневматолитового и гидротермального).

II. Текстуры и структуры, образующиеся в процессе седиментации и диагенеза осадка (см. табл. 13). В водных бассейнах (моря, лагуны, озера, болота и реки) минеральные агрегаты отлагаются из поверхностных и гидротермальных истинных и коллоидных растворов, содержащих также обломочный материал. В процессе осаждения из растворов выпадают кластические, кристаллические, коллоидные и органические осадки. Последние накапливаются на дне бассейна и подвергаются сложным диагенетическим изменениям. Поэтому минеральные агрегаты, слагающие осадки, с течением времени перекристаллизуются и переотлагаются.

Типоморфными текстурами в осадочных месторождениях являются слоистая (тонкослоистая и грубослоистая), линзовидная и полосчатая. Помимо этих текстур для различных генетических типов осадочных месторождений характерны определенные морфологические группы и виды текстур и структур. Так, например, в механических осадках, образующихся при накоплении на дне бассейна кластического материала, широко развиты кластические текстуры и структуры (см. прил. 1).

В химических осадках, представляющих собой отложения из истинных и коллоидных растворов, типоморфными являются удлиненные, коллоидные и цементные текстуры. В этих минеральных агрегатах наблюдаются разнообразные морфологические

виды зернистых, коррозионных, метазернистых и коллоидных структур (см. прил. 1). Для биохимических осадков, образующихся при накоплении и диагенезе органических остатков, характерны органогенные и унаследованные органогенные текстуры. Структуры в этих отложениях зернистые, коррозионные, метазернистые, коллоидные и скрытокристаллические.

III. Текстуры и структуры, образующиеся в процессе заполнения открытых пустот в породах и рудах (см. табл. 14). Эпигенетические минеральные агрегаты заполняют разнообразные по форме и размерам пустоты в горных породах или рудах. Они образуются из магматических расплавов, газоводных растворов магматического происхождения, подземных вод атмосферного происхождения и метаморфических вод. Эпигенетические руды характеризуются большим разнообразием состава и строения. В открытых пустотах минералы и минеральные агрегаты отлагаются из растворов одновременно или в определенной последовательности.

В трещинах шириной более 1 см рудообразующие минералы нарастают на стенках в виде последовательных полосок, которых может быть несколько. Полоски, прилегающие к стенкам трещины, наиболее ранние, поздние полоски выполняют центральную часть жилы. Такое строение жилы называется крустификационным. В рудных жилах иногда наблюдается симметричная крустификационная полосчатость, образующаяся при одновременном отложении вдоль обеих стенок трещины минеральных агрегатов в виде полос, одинаковых по составу и строению. Чаще в жилах наблюдается несимметричная крустификация, когда вдоль противоположных стенок трещины отлагаются минеральные агрегаты, отличающиеся друг от друга по составу и строению. Крустификацию можно также наблюдать при последовательном отложении минеральных агрегатов в виде полос-колец вокруг обломков вмещающих пород или руд, заполняющих частично полость трещины. Число колец вокруг обломков иногда достигает 10—12. Так образуется кокардовая, или кольчатая, текстура. В крустификационных полосках развиты зернистые структуры — гребенчатая, гипидиоморфнозернистая и реже аллотриоморфнозернистая.

Если пустоты между обломками заполнены минеральным цементом, в котором не наблюдается закономерности в распределении рудообразующих минералов, то образуется брекчиевая, или цементная, текстура. В практике чаще принято первое название.

Заполнение минералами открытых трещин в раздробленных горных породах или рудах приводит к образованию прожилков, иногда разобщенных, иногда пересекающихся в виде сетчатых или решетчатых минеральных сростаний. Если прожилки выполняют серию параллельных трещин, то образуются руды с полосчатой текстурой. Прожилковая текстура является самой обычной и видоизменяется в зависимости от формы, размеров и расположения прожилков в пространстве. Прожилки заполнения характеризуются параллельными стенками. Однако совершенное совпадение

стенок трещины не всегда наблюдается из-за перемещения их в плоскости разрыва.

В трещинах менее 2 мм заполняющие минералы обычно распределены беспорядочно, и возрастные взаимоотношения между ними устанавливаются с трудом. Иногда мелкие прожилки имеют сегментное строение, выражающееся в том, что минералы, слагающие прожилки, чередуются друг с другом. Так, например, кварц-энаргитовые прожилки мощностью 0,3—0,5 мм попеременно заполнены кварцем и энаргитом. Границы между минералами, слагающими сегменты, прямые и располагаются перпендикулярно к стенкам прожилка. Сегментные прожилки, по-видимому, образуются при заполнении мелких трещин двумя минералами или более, зерна которых одновременно кристаллизовались из растворов до тех пор, пока не пришли в соприкосновение друг с другом. Вдоль очень тонких трещин отлагаются плоские и ветвящиеся зернистые минеральные агрегаты, называемые дендритами.

Вкрапленная и пятнистая текстуры формируются при заполнении всего пространства пор или мелких пустот рудообразующими минералами. Если пустоты частично заполнены минеральными агрегатами в форме щеток хорошо образованных кристаллов, то такое строение называется друзовой текстурой. При неполном заполнении округлых или удлинённых пустот корками минералов, нарастающих от периферии к центру, образуются жеодовая и секретионная текстуры.

В минеральных агрегатах, выделившихся из расплавов и растворов при кристаллизации в пустотах, наблюдаются зернистые и коррозионные структуры. Иногда в минеральных агрегатах, отложившихся при кристаллизации, наблюдаются метазернистые структуры, образующиеся при замещении кристаллических зерен ранних минералов остаточными растворами. Метазернистые структуры в этой группе имеют второстепенное значение.

При отложении в пустотах коллоидного вещества нельзя установить определенную последовательность выделения минералов. В таких рудах минералы отлагаются одновременно и беспорядочно с образованием сферических и натечных форм. Коллоидные отложения характеризуются оолитовой, почковидной, конкреционной, колломорфной, корковой, концентрически-слоистой, сталактитовой и сталагмитовой текстурами, которые постепенно на небольших расстояниях переходят одна в другую. Из структур в коллоидных минеральных агрегатах развиты гелевая, скрытокристаллическая, концентрически-зональная и перлитовая.

IV. Текстуры и структуры, образующиеся в процессе метасоматического замещения пород и руд (см. табл. 14). Эпигенетические минеральные агрегаты разнообразного состава отлагаются из растворов при метасоматическом замещении горных пород, руд и отдельных минералов. Процессы замещения протекают с различной интенсивностью в зависимости от температуры и давления в окружающей среде, состава замещающих растворов и состава, пористости и строения замещаемых горных пород и руд.

Особенно хорошо замещение происходит в карбонатных породах и сульфидных рудах. Текстуры и структуры замещения наблюдаются в месторождениях различных генетических типов, но типоморфными они являются для некоторых месторождений пегматитов, скарновых, гидротермально-метасоматических, выветривания (коры выветривания, шляпы, зоны вторичного сульфидного обогащения) и метаморфогенных. В месторождениях, образующихся при кристаллизации расплавов и растворов (магматические, жильные и гидротермальные), встречаются единичные метакристаллы и метазерна, которые образуются при замещении ранних минералов остаточными растворами.

Растворы и газы могут проникать в замещаемый минерал или агрегат вдоль плоскостей спайности, отдельности, сланцеватости, слоистости, по двойниковым швам, а также по трещинкам дробления. Такое замещение, зависящее от путей проникновения, называется направленным. Иногда растворы или газы способны проникать в минеральный агрегат по капиллярным пустотам с почти равной скоростью в нескольких направлениях. В этих случаях развивается диффузионное замещение. При диффузионном замещении происходит обмен ионами или атомами между минеральным веществом и раствором, и замещающий минерал иногда унаследует форму и внутреннее строение зерен замещаемого минерала. Диффузионное замещение может контролироваться плоскостями спайности, отдельности, слоистости, сланцеватости, трещинками дробления, границами зерен и мономинеральных выделений. В природных условиях направленное и диффузионное замещения развиваются одновременно.

По форме различают главные типы замещения: коррозионное, или направленное, псевдоморфное, или унаследованное, и метакристаллическое. В метасоматических рудах наблюдаются все формы замещения, проявленные с различной интенсивностью.

При коррозионном замещении растворы и газы проникают вдоль тонких текстурно-структурных проводников (трещинки спайности и дробления в минералах; плоскости двойникования, слоистости, сланцеватости; границы минеральных зерен и выделений) и метасоматически замещают граничащие с ними минералы. При этом замещающий агрегат образует каемки, прожилки и выделения с извилистыми, округлыми очертаниями и зазубренными границами. В прожилках замещения не наблюдается соответствия стенок.

В одних случаях ранний минерал замещается вдоль микроскопических проводников только одним поздним минералом, в других — ранний минерал последовательно замещается несколькими минералами, которые отлагались из различных по химическому составу растворов. В процессе направленного замещения формируются коррозионные и удлиненные текстуры. В замещающем минеральном агрегате наблюдаются различные морфологические виды метазернистых, коррозионных и коллоидных структур (см. прил. 1).

При псевдоморфном замещении новый минерал или минеральный агрегат унаследует форму и строение замещаемого агрегата или форму и строение замещаемого зерна или коллоидного вещества или органических остатков (например, псевдоморфозы лимонита по пириту, повеллита по молибдениту, скородита по арсенопириту, гематита по магнетиту, халькозина, галенита, пирита, марказита, сидерита по древесине и т. д.). Список минералов, образующих псевдоморфозы, довольно велик. В осадочных породах широко распространены псевдоморфозы по остаткам животных и растительных организмов. Псевдоморфозы широко развиты в месторождениях выветривания.

При псевдоморфном замещении сохраняется в руде текстура замещенной породы, например вкрапленная, пятнистая, слоистая, сланцеватая, цементная, оолитовая, органогенная и др. Такие текстуры называются унаследованными, или реликтовыми. Для текстур псевдоморфного замещения принято давать двойные названия, например: унаследованная слоистая текстура. Часто известняки полностью замещаются рудообразующими минералами (магнетитом и др.) без сохранения унаследованных текстур. При этом образуются руды с массивной текстурой. Иногда при замещении унаследуются структура замещаемой породы. В замещающем минеральном агрегате нередко наблюдаются детали внутреннего строения зерен (двойниковое и зональное) или характерные трещины и фигуры выкрашивания, присущие раннему минералу (например, в церуссите, образовавшемся по галениту, наблюдаются треугольники выкрашивания и спайность; псевдоморфный повеллит повторяет все особенности смятия молибденита и т. д.).

Границы замещаемого минерала или минерального агрегата при псевдоморфном замещении становятся выпуклыми и зазубренными. В массе замещающего минерала развиты остатки замещаемого минерала. Для руд, образовавшихся в процессе псевдоморфного замещения, характерны такие формы сростаний, которые унаследуются при избирательном замещении горных пород или руд с удлиненными, пятнистыми, натечными, катакlastическими, цементными и органогенными текстурами. В агрегатах, отложившихся при псевдоморфном замещении, развиты метазернистые и коллоидные структуры. Особенно характерны для псевдоморфных агрегатов скрытокристаллические и тонкозернистые структуры.

При метакристаллическом замещении замещающий минерал развивает свою собственную кристаллографическую форму (например, развиваются метакристаллы пирита в хлорит-серицитовом сланце или метакристаллы арсенопирита в известняке). Метакристаллическое замещение объясняется большой силой кристаллизационного роста некоторых минералов в твердой среде (например, пирита, арсенопирита, кобальтина, магнетита, энаргита, кварца, доломита и др.).

Главнейшие текстуры и структуры руд месторождений выветривания
и метаморфизованных

Морфологические виды	Месторождения		Морфологические виды	Месторождения	
	выветривания	метаморфизованные		выветривания	метаморфизованные
<i>Текстуры первичные</i>			<i>Структуры первичные</i>		
Вкрапленная, пятнистая	+	+	Зернистые	+	+
Массивная	—	+	Метазернистые	+++	+++
Прожилковая, полосчатая	+	+	Коррозийные	+	+
Друзовая, секреторная	+	+	Коллоидные	+++	+
Слоистая	—	++++	<i>Структуры вторичные</i>		
Брекчиевая, брекчиевидная, цементная	+++	+	Метаколлоидные	+++	+
Колломорфная, почковидная, конкреционная	+++	+++	Катакластические	+++	+++
Сажистая, охристая	+++	+	Кристаллобластические	+	+++
Нитеобразная, касмочная, пестельчатая, решетчатая, реликтовая	+++	+	Распада твердых растворов	+	+
Дендритовая, корковая	+++	+			
<i>Текстуры вторичные</i>					
Пористая, ячеистая, ящичная, кавернозная	+++	—			
Землистая	+	+			
Брекчиевидная	+++	+++			
Сланцеватая, гнейсовидная, пльчатая	—	+++			
Линзовидная, очковая	—	+++			
Метаколлоидная (колломорфная, почковидная и др.)	+	+			
Трещиноватая	+++	+++			

Примечание. Текстуры и структуры наблюдаются: ++ часто; + редко; — не наблюдаются; +? предполагаются в генетическом типе.

При метакристаллическом замещении агрегаты обычно имеют мономинеральный состав. По химическому составу метакристаллы или резко отличаются от вмещающих горных пород и руд (например, метакристаллы кобальтина в измененном гранат-магнетитовом скарне Дашкесанского месторождения), или содержат химические элементы, заимствованные из замещаемых минералов (например, метакристаллы доломита в плагиоклазах). Метакристаллические агрегаты развиваются в виде вкрапленников, образуют гнезда, реакционные каемки и прожилкообразные выделения.

Метакристаллы обычно растут равномерно во все стороны, имеют простую кристаллографическую форму и прямые границы с окружающими их минералами. Иногда развиты гипидиоморфные и скелетные формы метакристаллов. В метасоматических агрегатах наблюдаются метакристаллы самой разнообразной величины. Для метакристаллов иногда характерно зональное, секториальное и двойниковое внутреннее строение. При метаморфизме разрушаются и полностью исчезают зональные фигуры в метакристаллах или же сохраняются реликты зональности. В метакристаллах всегда развиты твердые включения, наблюдаемые под микроскопом в полированных шлифах. Твердые включения представляют или остатки замещаемых минералов, или минералы, не поддающиеся замещению и захваченные метакристаллами при росте. В рудах, отложившихся в процессе метакристаллического замещения, наблюдаются вкрапленная, пятнистая, прожилкообразная и полосчатая текстуры, а из структур в них развиты идиоморфно-метазернистая, радиально-лучистая, гребенчатая и перфиро-метазернистая.

Генетические группы вторичных текстур и структур

В зависимости от условий, в которых происходит изменение минерального агрегата, минерального зерна и коллоидного вещества, вторичные текстуры структуры подразделяются на две генетические группы: Ia — диагенеза и Ib — метаморфизма; II — выветривания.

Ia. **Текстуры и структуры, образующиеся в процессе диагенеза пород и руд** (табл. 15). Явления диагенеза обусловлены изменением физико-химических условий среды, наступивших после отложения руды и не связанных с процессами выветривания и метаморфизма. В условиях диагенеза изменяются главным образом форма и строение минерального зерна и коллоидного вещества. При постепенном понижении температуры происходят распад твердых растворов в связи с переходом неустойчивых минералов в более устойчивые (как, например, твердый раствор титаномагнетита переходит в магнетит+ильменит) и параморфные превращения минералов из одной модификации в другую (например, при температуре 103° С высокотемпературный гексагональный халькозин переходит в низкотемпературный ромбический халькозин).

Перекристаллизация минералов происходит при превращении или инверсии вещества из одной кристаллографической модификации в другую. При инверсии минералов изменяются форма и внутреннее строение кристаллов и метакристаллов. В них развиваются двойники превращения и трещиноватость.

Изменение химического состава (потеря воды и газов), а также медленное понижение температуры вызывают перекристаллизацию гелей и скрытокристаллических агрегатов. При старении коллоидов в них происходит собирательная перекристаллизация. Гелевые массы в связи с уменьшением их объема при усыхании

растрескиваются. Форма минеральных агрегатов при диагенезе существенно не изменяется, но изменяется их строение в связи с тем, что в минеральных агрегатах формируются кристаллобластические и катакластические структуры.

Из вторичных текстур при диагенезе образуются метаколлоидные. Структуры распада твердых растворов и собственно кристаллобластические характерны для руд магматического и послемагматического генезиса, отложившихся при высоких и средних температурах. Метаколлоидные текстуры и структуры и собственно кристаллобластические и катакластические структуры широко развиты в месторождениях выветривания и осадочных и реже встречаются в гидротермальных, например в колчеданных рудах [44].

16. Текстуры и структуры, образующиеся в процессе метаморфизма пород и руд (см. табл. 15). В этой группе объединяются такие вторичные текстуры и структуры, которые формируются в процессе изменения руды под действием ориентированного давления и высокой температуры, развивающихся при метаморфизме. Главным фактором, определяющим образование вторичных текстур и структур в метаморфизованных рудах, является интенсивное направленное давление. Под действием агентов метаморфизма руды дробятся, сминаются и перекристаллизуются. При этом резко изменяются форма и строение минерального агрегата, минерального зерна и коллоидного вещества. Такие изменения в рудах наблюдаются на тех участках месторождений, где развиты зоны расщелачивания и смятия, сдвиги, сбросы и надвиги. Термический метаморфизм в рудах чаще всего обусловлен влиянием послерудных даек и интрузий, а также горячих растворов поздних стадий минерализации. Грубая перекристаллизация руды происходит при региональном метаморфизме.

На ранних или начальных стадиях динамометаморфизма хрупкие и твердые минералы становятся трещиноватыми, дробятся на обломки различных форм и размеров, а мягкие и пластичные минералы подвергаются смятию, что выражается в изменении формы зерен, ориентированном расположении трещин спайности и отдельности, двойниковых швов. Пластичные мягкие минералы расщепляются в минеральных агрегатах с минералами высокой и средней твердости (в агрегатах таких минералов, как пирит, гипс, колумбит, киноварь, арсенопирит, тетраэдрит, теннантит, энаргит, джемсонит, бравоит, касситерит, станнин, пентландит, ильменит, гематит, хромит, кобальтин, глаукоdot, шеелит, ульманит и др.). Пластические деформации наблюдаются в рудообразующих минералах со средней и низкой твердостью, например в самородных металлах (золото, серебро, медь, платина, висмут, сурьма и др.), галените, аргентите, молибдените, халькозине, борните, халькопирите, сфалерите, висмутине, пирротине, антимоните, миллерите, графите, витерите, кальците, доломите, сидерите, родохрозите, тальке, галите, сильвине, карналлите, флюорите, хлорите, сериците и в других минералах.

На более высоких стадиях динамометаморфизма кристаллические, метасоматические и кластические зерна приобретают округлую и линзообразную форму и ориентированно располагаются в агрегате. Пластичные минералы под влиянием давления текут и заполняют трещинки дробления в хрупких минералах (например, в пирите и кварце) с образованием мелких прожилков—просечек. В кристаллических и метасоматических зернах под влиянием динамометаморфизма частично или полностью утрачивается зональное строение и в некоторых из них образуются полисинтетические двойники давления. Минеральное коллоидное вещество раскристаллизовывается. Происходит распад твердых растворов. При интенсивном воздействии агентов контактового и регионального метаморфизма коллоидные и метаколлоидные текстуры и структуры, а также структуры распада твердых растворов нацело стираются в рудах.

Полная перекристаллизация зернистых и кластических агрегатов происходит в условиях регионального метаморфизма. Как известно, перекристаллизация минерального вещества происходит в результате атомно-молекулярной перегруппировки, при диффузии в твердом состоянии и при участии поровых растворов.

При метаморфизме руды изменяется ее состав, образуются более устойчивые и простые минеральные виды (например, гидрокислы железа превращаются в гематит и магнетит и т. д.). Формируются новые минералы при перекристаллизации гелевого вещества (например, арсенопирит образуется из гелъпирита, содержащего мышьяк) и распаде твердых растворов (например, сфалерит, богатый железом, распадается на сфалерит и пирротин). Особенно сильно изменяется при перекристаллизации минеральный и химический состав в рудах и породах осадочного генезиса и в месторождениях выветривания (например, каменный уголь переходит в антрацит, фосфорит — в апатит, гётит — в магнетит и гематит, псиломелан — в пиролюзит, яковсит — в браунит, гипс — в ангидрит, опал — в кварц и т. д.).

В рудах метаморфизованных месторождений распространены следующие морфологические виды вторичных текстур: брекчиевая, брекчиевидная, порошокватая, метаколлоидная, полосчатая, гнейсовидная, плейчатая, линзовидная, сланцеватая, пятнистая, очковая и массивная. Из вторичных структур при метаморфизме широко развиваются катакластические и кристаллобластические. Морфологические виды текстур метаморфизованных руд и руд, образовавшихся при метасоматическом замещении метаморфических горных пород, могут быть сходными (например, полосчатая, гнейсовидная, линзовидная и др.); Признаками различия между перечисленными генетическими типами руд кроме парагенетических ассоциаций и рудовмещающих пород являются структуры агрегатов и внутреннее строение зерен. В рудах замещения отсутствуют катакластические структуры, но характерны метазернистые структуры, а также зональное и ситообразное строение зерен.

В метаморфизованных рудах иногда сохраняются реликты первичных текстур и структур. В них нередко развиты текстуры и структуры заполнения пустот (группа III) и метасоматического замещения (группа IV), сформировавшиеся в процессе переотложения вещества под влиянием агентов метаморфизма.

II. Текстуры и структуры, образующиеся в процессе выветривания (см. табл. 15). В зоне окисления при действии агентов выветривания горные породы и руды изменяют состав и строение. При дроблении и выщелачивании минеральных агрегатов и зерен в них формируются катакластические, кластические и каркасные текстуры и катакластические и кластические структуры (см. прил. 1), характерные для остаточных месторождений выветривания (шляпы на коренных рудных месторождениях, коры выветривания на корных породах, элювиальные и делювиальные россыпи).

Породы и руды при действии агентов выветривания расстрескиваются, дробятся и превращаются в обломочные и порошковатые агрегаты. Такие агенты состоят из кластических зерен труднорастворимых минералов. При химическом выветривании в породах и рудах развиваются прожилки, каемки, сетка, решетка и другие формы выделений гипергенных минералов, устойчивых в данных условиях (например, каемки, прожилки и сетка гидроокислов железа по пириту, каемки и решетка англезита и церуссита по галениту и т. д.). В результате выщелачивания легкорастворимых гипогенных минералов в рудах и породах формируются пустоты разнообразной формы и размеров, располагающиеся между прожилками, каемками, решетками и другими выделениями устойчивых минералов. Так образуется каркасное строение. Кроме вторичных текстур и структур при выветривании горных пород и руд также формируются первичные текстуры и структуры метасоматического замещения и заполнения пустот. Такие формы сростаний рассматриваются в генетических группах III и IV (см. прил. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основу таблицы для определения текстур и структур руд (см. прил. 1) положены морфологические и генетические особенности минеральных агрегатов и минеральных зерен.

По форме и условиям образования минеральных агрегатов и минеральных зерен текстуры и структуры делятся на морфогенетические группы. Некоторые морфогенетические группы текстур и структур имеют одинаковые названия, например коррозионные, коллоидные, метаколлоидные, катакластические (кластические). В прил. 1 показаны отличительные особенности морфологических единиц для текстур и структур с одинаковыми названиями групп. Дальнейшее подразделение текстур и структур на морфологические виды определяется формой и строением морфологической единицы (агрегат для текстур, зерно для структур). В этом при-

ложении также выделены генетические группы первичных и вторичных текстур и структур. Первичные текстуры и структуры делятся на четыре группы в зависимости от процессов, при которых происходило отложение минерального агрегата и минерального зерна. Вторичные текстуры и структуры подразделяются на две группы в зависимости от процессов изменения минерального агрегата и минерального зерна. В каждой генетической группе перечислены типоморфные текстуры и структуры.

В генетических группах первичные структуры приведены для тех минеральных агрегатов, которые отложились в определенных физико-химических условиях, характерных для этой группы (например, в группе метасоматического замещения пород и руд перечислены первичные структуры для минеральных агрегатов, отложившихся в процессе замещения, и не даны структуры для ранних агрегатов, которые замещаются).

При изучении строения руды (см. прил. 1) вначале определяют морфогенетические группы и морфологические виды текстур по характерным особенностям минеральных агрегатов или минеральных выделений (форма, размер, пространственная ориентировка и способы срастания друг с другом). Затем определяют по таблице генетическую группу текстуры. Если текстура встречается в нескольких группах, то выбирают необходимую с учетом парагенезиса минералов, характера границ в агрегате и строения агрегата. Установив генетическую группу текстуры, определяют по таблице типоморфные структуры, которые могут быть развиты в минеральных агрегатах, отложившихся или изменившихся в этих физико-химических условиях.

При макро- и микроскопическом изучении характерных особенностей минеральных зерен (их форма, размер и внутреннее строение) уточняют, какие из типоморфных структур, перечисленных в генетической группе, встречаются в данном агрегате. В сложных случаях при определении генетической группы текстуры, кроме парагенезиса минералов и типоморфных структур в агрегате, необходимы сведения о форме рудных тел и о составе и строении рудовмещающих пород.

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

С целью детального изучения таблицы-определителя текстур и структур руд (см. прил. 1) ниже рассмотрены примеры определения текстур и структур в рудах различного генезиса.

Пример 1. В габбро-диабазе (рис. 1) вкраплены рудные агрегаты состава: пирротин — пентландит — халькопирит. Форма выделений сульфидов линзообразная, изометричная; границы их прямые. По характеру срастаний минеральных агрегатов в данном типе руды определена пятнистая, или нодулярная, текстура отложения в процессе ликвационной дифференциации магмы (генетическая группа I первичных текстур; см. прил. 1).

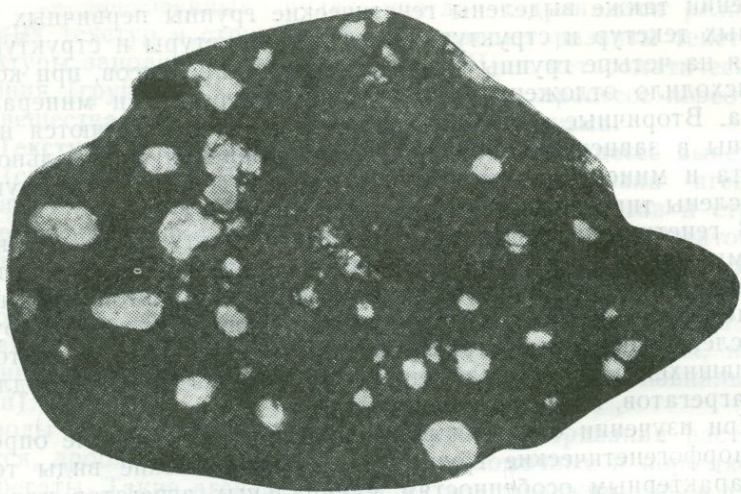


Рис. 1. Нодули сульфидов (белое) в габбро-диабазе (черное). Норильское месторождение. Карьер «Медвежий ручей». Горизонт 285 м. Полированный шлиф.

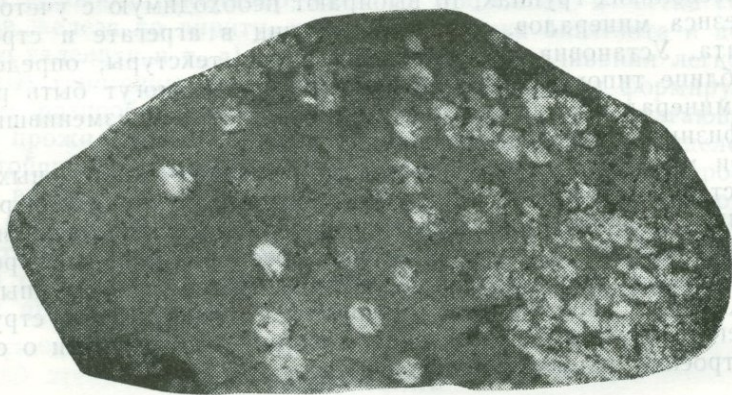


Рис. 2. Порфировидная структура медно-никелевой руды. Крупные изометричные зерна пентландита (белое) развиты в мелкозернистой массе зерен пирротина (серое). Месторождение Норильское. Полированный шлиф. С одним никелем. Ув. 90

Под микроскопом в полированных шлифах были изучены минеральный состав и строение рудного агрегата. Для сростаний пирротина и пентландита I определена зернистая порфировидная структура (рис. 2); для сростаний пирротина и халькопирита — коррозионная структура разъедания (генетическая группа I первичных структур; см. прил. 1). Для сростаний пирротина и пентландита II — пламенивидная, пластинчатая и петельчатая струк-

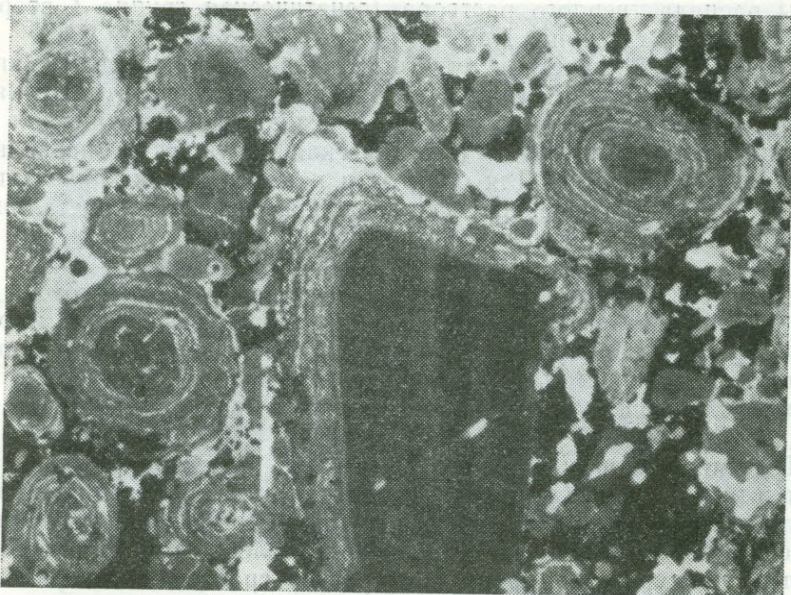


Рис. 3. Оолитовая и конгломератовая текстуры железной руды. Структуры — concentрически-зональная, гелевая и скрытокристаллическая. Месторождение Никопольское, УССР. Полированный шлиф

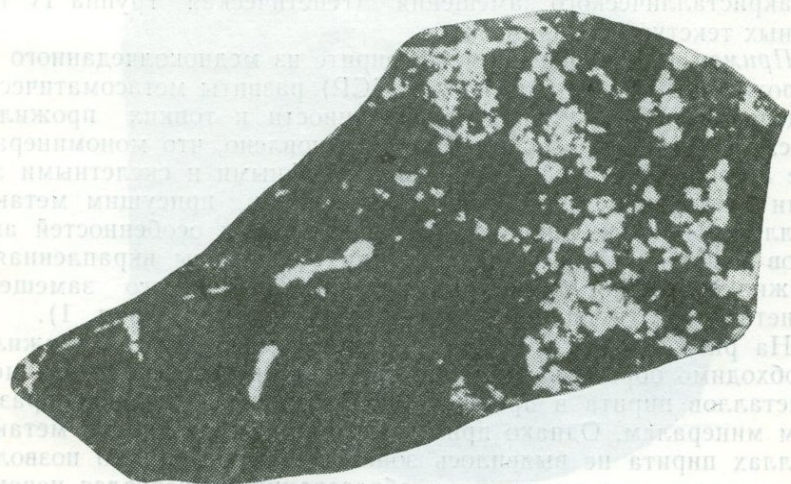


Рис. 4. Прожилковая и вкрапленная текстуры. Метакристаллы кобальтина (белое) слагают вкрапленность и прожилки в склоне (черное). Месторождение Дашкесан, Азербайджанская ССР. Полированный шлиф

туры распада твердого раствора (генетическая группа I вторичных структур; см. прил. 1).

Пример 2. В железной руде выделены два минеральных агрегата: оолиты и цемент (рис. 3). Оолитовая текстура отложения в процессе седиментации и диагенеза осадка типоморфна для гётитовых осадочных руд (генетическая группа II первичных текстур; см. прил. 1). Для оолитов и цемента характерны коллоидные (гелевая, концентрически-зональная) и скрытокристаллические структуры (генетическая группа II первичных структур; см. прил. 1).

Пример 3. Макроскопически в руде (рис. 4) различаются два минеральных агрегата: рудовмещающая порода — скарн и рудный агрегат — кобальтин, образующий в породе вкрапленность идиоморфных кристаллов различного размера и удлинённые агрегаты, слагающие прерывистые прожилки непостоянной мощности.

Под микроскопом в отраженном свете было обнаружено, что кобальтиновый агрегат сложен метакристаллами с зональным и секториальным строением и его структура поэтому названа идиоморфнометазернистой (рис. 5). При определении морфологической группы текстуры, зная форму и характер срастания минеральных агрегатов, выбираем группу пятнистых и удлинённых текстур. Из имеющихся морфологических видов в каждой группе наиболее подходят вкрапленная и прожилкообразная текстуры. При определении генетической группы текстуры основное значение имеют вещественный состав руды и идиоморфнометазернистая структура агрегата. Учитывая эти особенности, можно сделать вывод, что в руде развиты вкрапленная и прожилкообразная текстуры метакристаллического замещения (генетическая группа IV первичных текстур; см. прил. 1).

Пример 4. В изменённом порфирите из медноколчеданного месторождения Кафан (Армянская ССР) развиты метасоматические выделения пирита в виде вкрапленности и тонких прожилков (рис. 6). Под микроскопом было установлено, что мономинеральные агрегаты пирита сложены идиоморфными и скелетными зёрнами с типичным ситообразным строением, присущим метакристаллам. По совокупности морфогенетических особенностей агрегатов в данном типе минерализации определены вкрапленная и прожилкообразная текстуры метакристаллического замещения (генетическая группа IV первичных текстур; см. прил. 1).

На рис. 7 показано строение метасоматического прожилка. Необходимо обратить внимание на идиоморфные очертания метакристаллов пирита в прожилке по отношению к породообразующим минералам. Однако при структурном травлении в метакристаллах пирита не выявилось зональное строение, что позволяет предполагать, что пирит после образования подвергался перекристаллизации.

Пример 5. В серноколчеданной руде макроскопически выделяются два минеральных агрегата: первый — кремнистая порода,

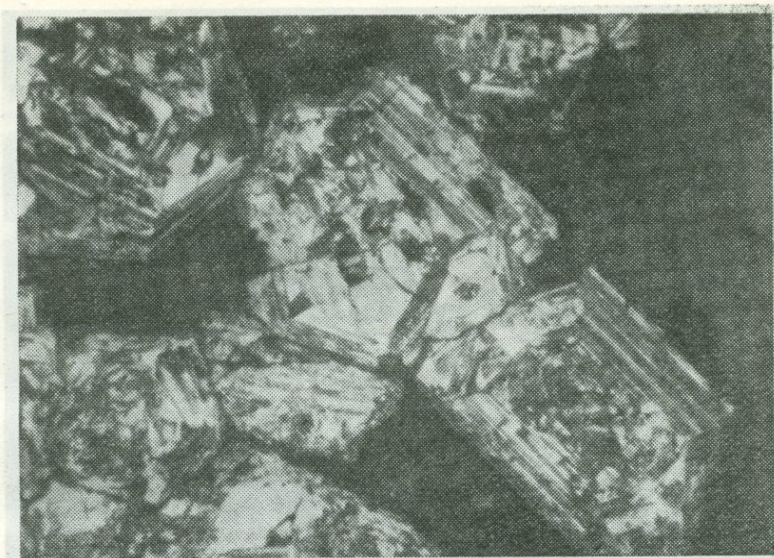


Рис. 5. Метакристаллы кобальтина с зональным строением. Минерал протравлен $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ + несколько капель H_2SO_4 в течение 3 мин. Полированный шлиф. Ув. 40

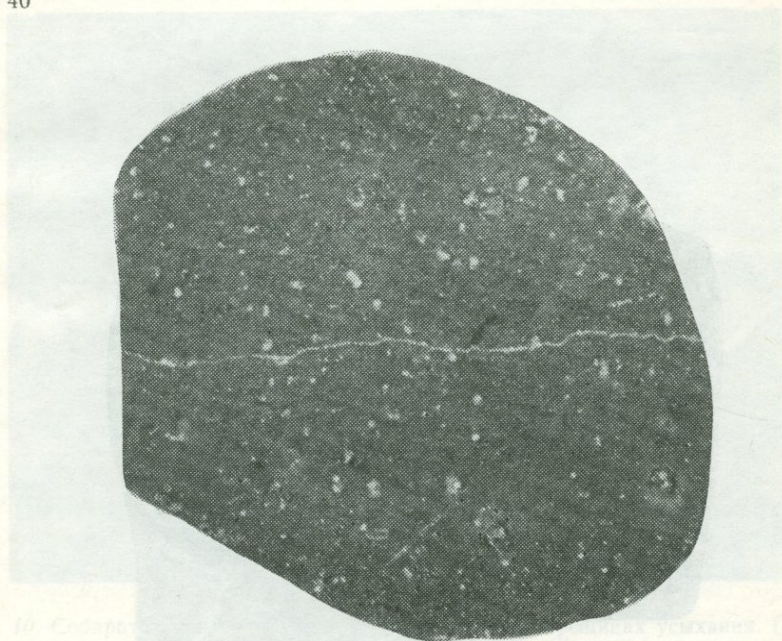


Рис. 6. Вкрапленная и прожилковая текстуры. В порфирите (черное) развиты метасоматические вкрапления и прожилки пирита (белое). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный штуф

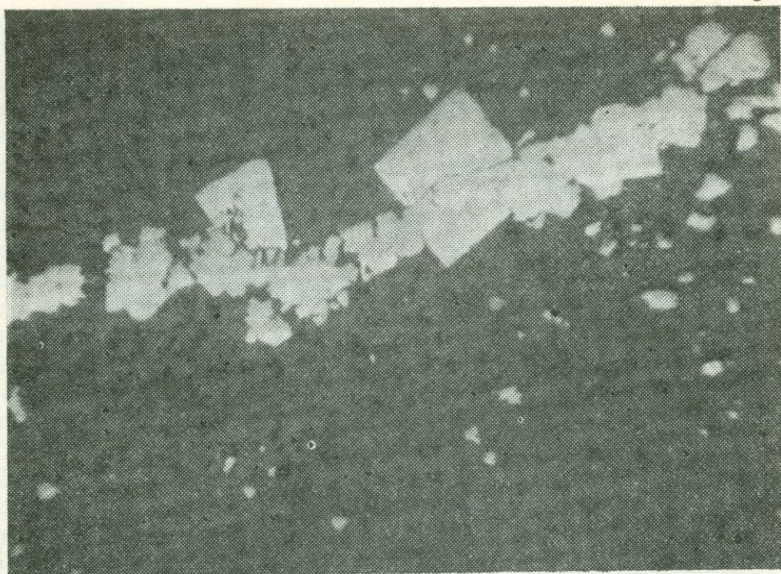


Рис. 7. Идиоморфнометазернистая структура в пиритовом прожилке. Полированный шлиф. Ув. 40

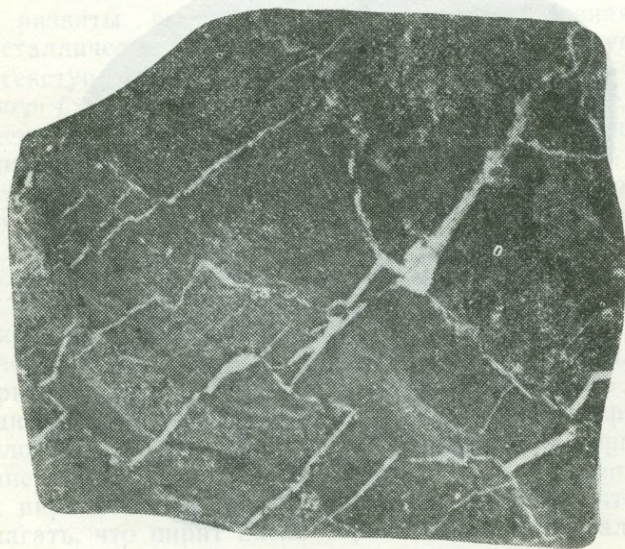


Рис. 8. Тонкая вкрапленность и прожилки пирита (белое) в кремнистой породе (темно-серое). Полированный штуф



Рис. 9. Гранобластическая структура агрегата пирита (белое) в прожилке. Полированный шлиф. Ув. 40

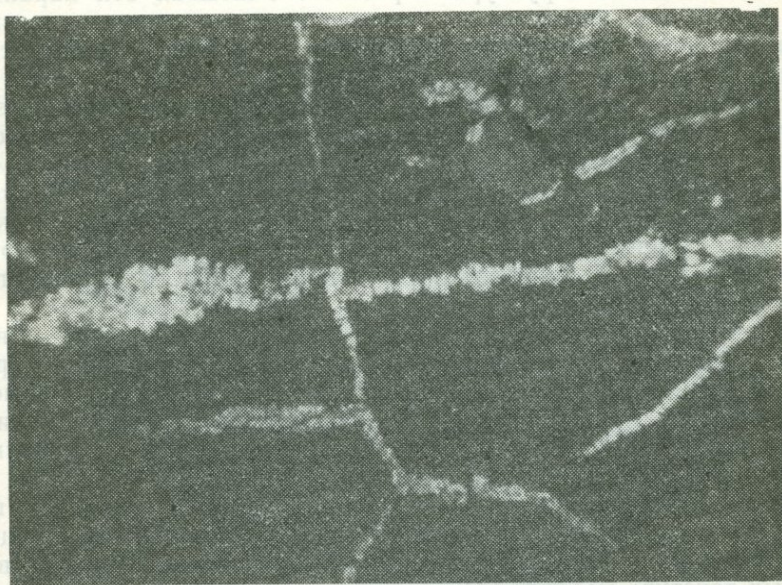


Рис. 10. Собирательная перекристаллизация пирита в трещинах усыхания. Пирит перекристаллизованный (белое); пирит аморфный и скрытокристаллический (черное); зерна кварца (серое). Минерал протравлен HNO_3 конц. + CaF_2 в течение 3 мин. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

сложенная халцедоном, с вкрапленностью зерен пирита (рис. 8); второй — мономинеральные прожилки пирита, заполняющие трещинки в породе. По совокупности морфологических особенностей минеральных агрегатов текстуры руды относится к группе пятнистых и удлинённых. Из морфологических видов текстур, перечисленных в этих группах, выбираем вкрапленную и прожилковую.

Изучение руды под микроскопом в проходящем и отраженном свете с применением структурного травления показало, что кварц и пирит представлены зернами различного размера, округлой и правильной формы с однородным внутренним строением.

В прожилках зерна пирита, претерпев собирательную перекристаллизацию, более укрупненные по сравнению с вкрапленностью пирита в породе. Форма их удлинённая, округлая, границы прямые, строение однородное (рис. 9). По морфологическим особенностям минеральных зерен пирита, кварца и халцедона структуры агрегатов относятся к подгруппе собственно кристаллобластических. Из приведенных в этой подгруппе морфологических видов структур наиболее подходят grano- и порфиروбластическая.

При определении генетической группы текстур исследуемой серноколчеданной руды типоморфное значение имеют grano- и порфиروбластическая структуры агрегатов. Учитывая эти характерные структуры, приходим к заключению, что в руде развиты вкрапленная и просечковая вторичные текстуры (генетическая группа I; см. прил. 1).

Пример 6. Серноколчеданная руда сложена неравномернозернистым пиритом. При травлении полированной поверхности серноколчеданной руды реактивом HNO_3 конц. + CaFe_2 основная масса пирита сильно протравилась и почернела (рис. 10). В слабо протравленных участках пирита выявилось почковидное и концентрически-зональное строение. В массе протравленного пирита хорошо выделились прожилки различной мощности перекристаллизованного пирита.

Зерна пирита не изменились под действием реактива. Лишь четко выявились границы зерен и однородное их строение (рис. 11). В этом образце серноколчеданной руды развиты первичные и вторичные текстуры и структуры; первичная текстура в пиритовом агрегате, по-видимому, почковидная натечная, а первичная структура — гелевая и концентрически-зональная.

Вторичная текстура руды — просечковая, образующаяся при собирательной перекристаллизации гелевого пирита по трещинкам усыхания в процессе диагенеза (генетическая группа I вторичных текстур; см. прил. 1); структура в просечках перекристаллизованного пирита granoбластическая.

Пример 7. Образец малахита состоит из тесно сросшихся почек и корочек (рис. 12). При макро- и микроскопическом изучении образца обнаружено, что одни почки и корки малахита имеют тонкое строение (аморфное, скрытокристаллическое) и кон-

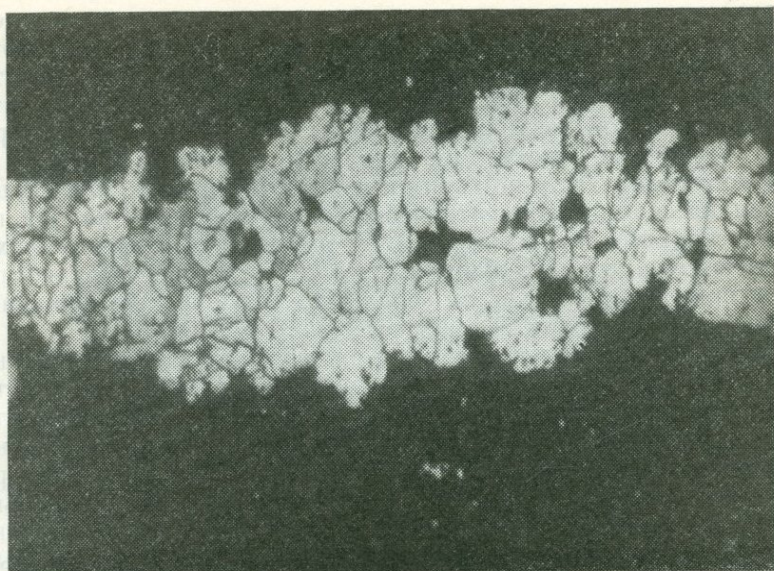


Рис. 11. Гранобластическая структура пиритового агрегата в прожилке. Сильно протравленный аморфный пирит (черное). Полированный шлиф. Ув. 160



Рис. 12. Мономинеральный агрегат малахита почковидного сложения. Одни почки малахита имеют гелевое строение, другие — радиально-лучистое. Высокогорское месторождение, Урал. Полированный штуч

центрически-зональное, а другие — радиально-лучистое со следами концентрической зональности (рис. 13). Иногда афанитовый малахит наблюдается в центре почек с радиально-лучистым строением. В данном мономинеральном агрегате развиты натечные текстуры: почковидная и корковая заполнения пустот (группа III первичных текстур; см. прил. 1); первичное строение почек и корок малахита, по-видимому, было аморфное, или скрыто-кристаллическое, и концентрически-зональное (группа III первичных структур; см. прил. 1). В процессе диагенеза в малахите развиваются радиально-лучистая структура (генетическая группа I вторичных структур; см. прил. 1), а также почковидная и корковая метаколлоидные текстуры.

Пример 8. Молибденовая руда сложена двумя минеральными агрегатами (рис. 14). Один представлен округленными и остроугольными обломками измененного порфирита, а другой, состоящий из молибденита и небольшого количества кварца, цементирует обломки породы. Вначале определяем текстуру руды (см. прил. 1). По совокупности морфологических особенностей минеральных агрегатов текстура руды относится к группе катакластических. Из перечисленных морфологических видов в этих группах выбираем брекчиевидную текстуру. Остановимся на брекчиевидной текстуре, так как она наиболее часто применяется для этого типа сростаний. По определителю устанавливаем, что брекчиевидная текстура встречается в генетических группах II, III, IV первичных текстур и в генетических группах II, III вторичных текстур. Учитывая характер сростаний минеральных агрегатов и их вещественный состав, для этого типа руды наиболее подходит первичная брекчиевидная текстура (генетическая группа IV первичных текстур; см. прил. 1). Затем переходим к изучению строения минерального агрегата цемента, образовавшегося при метасоматическом замещении тектонической брекчии. Эти типы строения показаны в генетической группе IV первичных структур. Под микроскопом в молибденитовом агрегате определяем идиоморфно-метазернистую структуру (рис. 15).

Пример 9. Медно-мышьяковая руда (рис. 16) сложена двумя минеральными агрегатами. Один представлен обломками пирита неправильной и округлой формы, другой цементирует обломки пирита и состоит из энаргита с примесью люцонита и теннантита. В агрегате цемента развиты мельчайшие реликты пирита, сохранившиеся от замещения раздробленной массы пирита. По морфологическим особенностям минеральных агрегатов текстура руды относится к группе катакластических. Для этого типа руды с ясно выраженным метасоматическим типом цемента наиболее подходит первичная брекчиевидная текстура унаследованного замещения (генетическая группа IV первичных текстур; см. прил. 1).

При изучении строения каждого минерального агрегата в отдельности получаем следующие результаты: в энаргитовом агрегате, образовавшемся в процессе метасоматического замещения

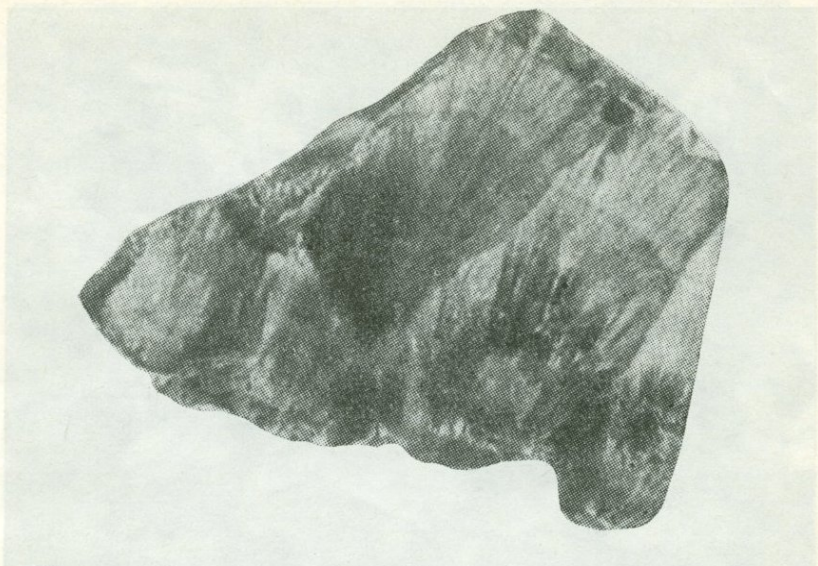


Рис. 13. Радиально-лучистая метаколлоидная структура малахита со следами первичного концентрически-зонального строения. Деталь строения малахитового штуфа. Ув. 4



Рис. 14. Брекчиевидная текстура. Обломки измененного порфирита (серое) сцементированы молибденитом (черное); прожилки карбоната (белое). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный штуф



Рис. 15. Идиоморфометазернистая структура. Метакристаллы молибденита (белое, светло-серое) в измененном порфирите (черное). Тот же штупф, что и на рис. 14. Ув. 160

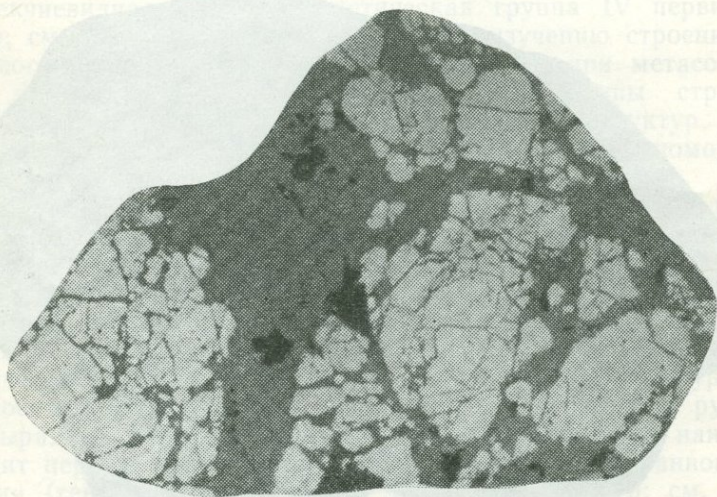


Рис. 16. Брекчиевидная текстура замещения. Обломки пирита (белое, раздробленное) сцементированы энаргитом (серое с черными выбоинами). Месторождение Аравус, Армянская ССР. Полированный штупф

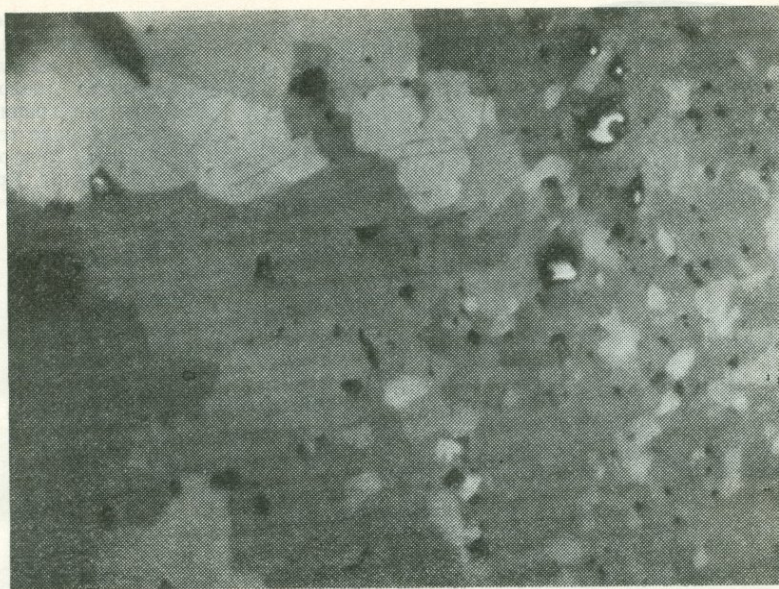


Рис. 17. Аллотриоморфнометазернистая структура эскаргитового агрегата в цементе. Видны реликты пирита. Полированный шлиф. Николи скрещены. Ув. 165



Рис. 18. Гранобластическая структура пиритового агрегата в обломках. Протравлен HNO_3 конц + CaF_2 в течение 3 мин. Полированный шлиф. Ув. 80



Рис. 19. Субграфическая текстура замещения. Извилистые выделения халькопирита (белое) с зазубренными границами развиты в породе (серое, темно-серое). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный штуф



Рис. 20. Метазерна халькопирита (белое, серое, темно-серое) в породе. В халькопирите включены реликты нерудных минералов (почти черное, рельефное). Халькопирит протравлен в парах царской водки. Полированный шлиф. Ув. 70

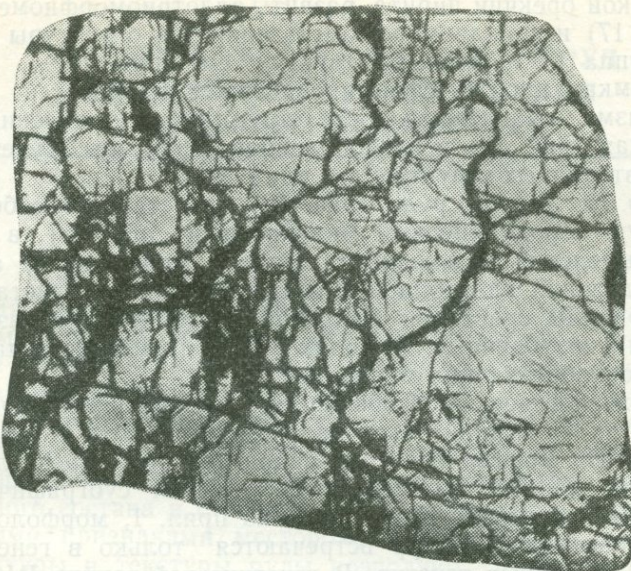


Рис. 21. Нитеобразная и сетчатая микротекстуры. Агрегат пирита (белое) замещается по трещинам гётитом (черное). Месторождение Дегтярское, Урал. Полированный шлиф. Ув. 2

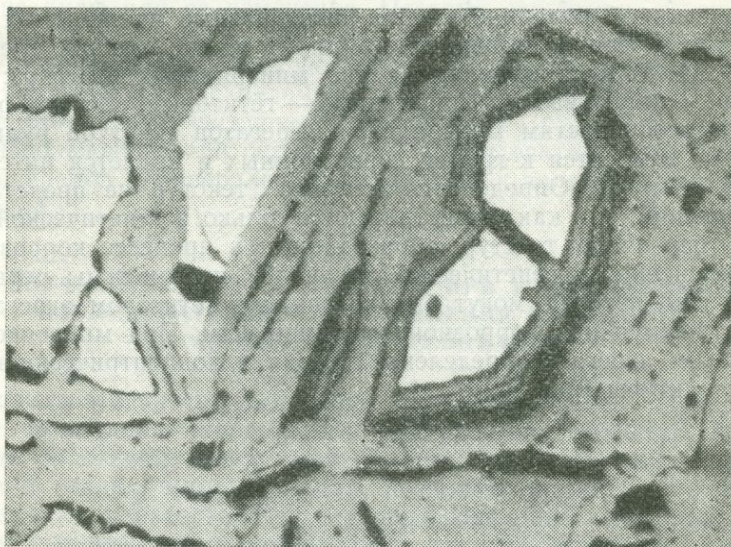


Рис. 22. Агрегат гётита (серое) с концентрически-зональным строением. Видны реликты пирита (белое). Полированный шлиф. Ув. 80

тектонической брекчии пирита, развиты аллотриоморфнометазернистая (рис. 17) и гипидиоморфнометазернистая структуры (генетическая группа IV первичных структур; см. прил. 1).

В обломках пирита, сформировавшихся в процессе динамометаморфизма, выявляются после структурного травления грано-бластическая (рис. 18) и раздробленная структуры (генетическая группа II вторичных структур; см. прил. 1).

Пример 10. Медная руда (рис. 19) представляет собой рудовмещающую породу (первый минеральный агрегат), в которой развиты выделения халькопирита (второй минеральный агрегат). Форма выделений халькопирита неправильная, извилистая, удлиненная; границы срастания халькопирита с породообразующими минералами зазубренные. В полях халькопирита встречаются реликты породообразующих минералов.

По морфологическим особенностям минеральных агрегатов и характеру их срастаний текстура руды относится к группе коррозионных. Из морфологических видов текстур, перечисленных в этой группе, данный тип срастаний отвечает субграфической и графической текстурам. Как видно из прил. 1, морфологические виды коррозионных текстур встречаются только в генетической группе IV первичных текстур. В генетической группе IV перечислены первичные структуры, которые могут быть развиты в халькопиритовом агрегате, образовавшемся при коррозионном замещении. Под микроскопом в халькопиритовом агрегате определена аллотриоморфнометазернистая структура (рис. 20).

Пример 11. При макро- и микроскопическом изучении в серноколчеданной руде наблюдаем нитеобразные прожилки и сетку прожилков гётита, замещающего пирит вдоль тонких трещинок (рис. 21). В руде выделяются два минеральных агрегата: гипогенный — пиритовый и гипергенный — гётитовый. По морфологическим особенностям минеральных агрегатов текстура руды (см. прил. 1) относится к группе коррозионных и является нитеобразной и сетчатой. Определение генезиса текстур не представляет затруднений, так как они встречаются только в генетической группе IV первичных текстур, образованных в процессе коррозионного замещения. В генетической группе IV перечислены первичные структуры, которые могут быть развиты в гётитовом агрегате, образовавшемся при коррозионном замещении. Под микроскопом в гётитовом агрегате определены гелевая и концентрически-зональная структуры (рис. 22).

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В рудах различного генезиса часто наблюдаются весьма сходные по морфологии рисунка структуры и текстуры, что снижает значение структурно-текстурных признаков как критериев условий образования. Поэтому при изучении руды приходится учитывать не отдельные типы минеральных сростаний, а совокупность таких особенностей, как структуры, текстуры и парагенетические ассоциации минералов. Как правило, результаты изучения вещественного состава и строения руды увязываются с другими характерными признаками месторождения полезного ископаемого.

Структуры и текстуры руды позволяют судить о последовательности выделения минералов и минеральных ассоциаций и дальнейшем их изменении. Строение руды и состав парагенетических ассоциаций минералов могут косвенно свидетельствовать о всех тех условиях (температуре, давлении, времени образования и исходном вещественном составе), при которых происходило отложение руды или ее изменение. Поэтому структурно-текстурные особенности руды имеют большое значение при определении генезиса и объяснении последующей геологической истории месторождения полезного ископаемого. Ниже рассматриваются характерные структурно-текстурные особенности руд, которые могут быть использованы при определении последовательности выделения минералов и минеральных ассоциаций и явлений метаморфизма в руде.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ

Последовательность выделения минералов любой парагенетической ассоциации определяется при изучении структур. Исследование сростаний между минералами, отложившимися в один этап или стадию минерализации, позволяет установить одновременное, последовательное и перекрывающее их выделение.

Зерна минералов, выделяющиеся одновременно при кристаллизации растворов, срстаясь, образуют идиоморфнозернистую, гребенчатую и аллотриоморфнозернистую структуры. Гелевая и скрытокристаллическая структуры — надежное доказательство одновременного выделения минералов в коллоидном агрегате. Од-

нозначным доказательством одновременного выделения минералов также служат структуры распада твердых растворов — решетчатая, пластинчатая, эмульсионная и др.

При установлении последовательного выделения минералов в ассоциации должны учитываться в совокупности следующие главнейшие признаки: 1) форма минерального зерна — идиоморфная, гипидиоморфная, аллотриоморфная и скелетная; 2) коррозия (разъедание) одного минерала другим; 3) цементация трещинок одного минерала другим.

Идиоморфные и гипидиоморфные очертания зерен образуются тремя способами: при ранней кристаллизации в растворе, при перекристаллизации вещества и при метакристаллическом замещении. Из них только первый тип кристаллов может свидетельствовать о последовательности выделений минералов. Аллотриоморфные зерна, заполняющие промежутки между идиоморфными и гипидиоморфными, образуются последними.

Минеральные зерна, выделяющиеся из растворов при последовательной кристаллизации, имеют зональное строение. Другой их характерной особенностью является коррозия, развивающаяся в процессе кристаллизации. Коррозия одного минерала другим определяется по характеру границ и заливов. Обычно выпуклые, слабо выдающиеся наружу границы минерала свидетельствуют о более раннем образовании его, а зазубренные границы, заходящие глубоко внутрь раннего минерала в виде узких заливов, характерны для более позднего минерала. Вдоль коррозионных границ в замещающем минерале почти всегда наблюдаются реликты — остатки замещаемого минерала. Вследствие резорбции (повторное растворение минералов) идиоморфных кристаллов образуются скелетные формы зерен. Иногда зерна более ранних минералов данной парагенетической ассоциации цементируются минералами, выделившимися последними.

Все перечисленные особенности последовательного выделения кристаллических зерен наблюдаются при изучении структур. Характерными структурами, указывающими на последовательное выделение минералов, являются гипидиоморфнозернистая, сидеритовая, скелетная и реликтовая. Изучение большого числа полированных и прозрачных шлифов руды часто позволяет наблюдать как одновременное отложение пары минералов в одних образцах руды (например, хромит и оливин), так и последовательное отложение этих же минералов в других. Такие особенности их взаимоотношений указывают на явление перекрывающего отложения.

Возрастные взаимоотношения между минеральными агрегатами (ассоциациями), слагающими руду данного месторождения, определяются на основе текстур, структур и вещественного состава. Текстуры — один из важных критериев при выделении стадий минерализации. Каждая выделяемая стадия минерализации характеризуется определенными условиями минералооб-

разования, которые прежде всего отражаются на морфогенетических особенностях минеральных зерен и агрегатов, а также на минеральном и химическом составе ассоциации.

Для минеральных агрегатов, образовавшихся в одну стадию минерализации, может быть установлено одно временное или последовательное отложение, а между минеральными агрегатами, отложившимися в разные стадии, устанавливается разновременное отложение.

При одновременном отложении минеральных агрегатов в рудах наблюдаются массивная, вкрапленная, пятнистая и коллоидно-морфная текстуры. При последовательном отложении минеральных агрегатов образуются руды с полосчатыми, крустификационными и слоистыми текстурами. Характерными особенностями минеральных агрегатов, выделившихся последовательно один за другим, являются постепенные переходы между ними и отсутствие в них следов тектонического перерыва или несогласия.

Текстуры, свидетельствующие о последовательном отложении минеральных агрегатов в течение определенного этапа или определенной стадии минерализации, наблюдаются в рудах, отложившихся в процессе заполнения пустот, при кристаллизации магмы и седиментации осадков.

Разновременные минеральные агрегаты образуются при заполнении пустот и при процессах замещения. В этом случае более поздний минеральный агрегат или заполняет трещины и полости в раннем минеральном агрегате, или цементирует его обломки. При этом образуются текстуры: прожилковая, брекчиевая, кокардовая, друзовая, жеодовая, дендритовая и корковая. Разновременное отложение минеральных агрегатов легко устанавливается также по текстурным признакам, которые получаются при замещении ранних минеральных агрегатов поздними. Формирующиеся при этом коррозионные текстуры (реликтовая, петельчатая, решетчатая, каемочная, графическая и др.) и разнообразные унаследованные текстуры являются наилучшим доказательством того, что процесс минералообразования происходил в несколько этапов или стадий минерализации. В табл. 16 сведены главнейшие структурно-текстурные признаки, характеризующие возрастные взаимоотношения между минералами и минеральными ассоциациями.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОСТРУДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

К пострудным изменениям относятся главным образом выветривание и метаморфизм. Можно отчетливо наблюдать наличие пострудных изменений (диагенез, метаморфизм и выветривание) в рудах большинства месторождений различного генезиса. Пострудные изменения развиваются локально, захватывают отдельные части рудного тела, месторождения или рудной зоны, при этом в одних участках месторождения могут преобладать первичные структурно-текстурные особенности, а в других — вторичные. На-

Текстурно-структурные признаки, указывающие и одновременное отложение минералов

Тип отложения	Минералы	
	Форма и строение минерального зерна и коллоидного вещества	
	форма	внутреннее строение
Близкоодновременный	Кристаллические зерна идиоморфной или аллотриоморфной формы	Однородное, зональное, двойники роста
	Кристаллобласти эмульсионной, пластинчатой и волокнистой формы	Однородное
	Коллоидное вещество коллоидной формы	Концентрическизональное
Последовательный	Кристаллические зерна идиоморфной, гипидиоморфной и аллотриоморфной формы	Однородное, зональное, двойники роста
	Скелетные и реликтовые очертания зерен как результат замещения	Прямые и зазубренные границы зерен
	Явления коррозии между минералами	Однородное, секториальное и зональное
Разновременный со следами перерыва	Кристаллические, метасоматические, бластические и кластические зерна различной формы	Двойники роста и двойники давления
	Коллоидное вещество	Системы трещин, твердые включения

пример, в рудах из зоны окисления наблюдаются одни текстуры и структуры, а в первичных рудах этого же месторождения развиты другие; руды, раздробленные вдоль нарушения, и руды, не измененные вдали от нарушения, будут значительно отличаться строением и т. д. Даже в сильно измененных рудах всегда остаются реликты первичных текстур и структур.

В первичных рудах под влиянием выветривания и метаморфизма развиваются различные пострудные изменения, следы которых устанавливаются в результате изучения особенностей стро-

на близкосоудновременное, последовательное
и минеральных ассоциаций

Ассоциации		Примечание
Первичные структуры минерального агрегата	Первичные текстуры руды	
Аллоотриоморфнозернистая, идиоморфнозернистая, аллотриоморфнометазернистая, идиоморфнометазернистая, гребенчатая, пойкилитовая, распада твердых растворов Кристаллобластические Метаколлоидные Коллоидные	Массивная, нодулярная, вкрапленная, пятнистая Метаколлоидная Коллоидная	Парагенетические ассоциации минералов в рудах собственно магматического, осадочного и реже постмагматического генезиса
Гипидиоморфнозернистая, сидеронитовая, гипидиоморфнометазернистая Скелетная Реликтовая Разъедания	Слоистая Псевдослоистая Оолитовая Крустификационная Полосчатая Жеодовая Конкреционная	Парагенетические ассоциации минералов в рудах собственно магматического, осадочного генезиса и гидротермальных жилах
Первичные и вторичные структуры в раннем и позднем минеральных агрегатах	Текстуры заполнения трещин и пустот (прожилковая, брекчиевая, кокардовая, полосчатая, друзовая и др.) Коррозийные текстуры (реликтовая, скелетная, каемочная, петельчатая, решетчатая, графическая и др.) Текстуры унаследованные	Парагенетические ассоциации минералов в рудах постмагматического генезиса, в зонах окисления и цементации (месторождения выветривания)

ения минеральных зерен и агрегатов. Пострудные изменения налагают отпечаток также на минеральный состав руды.

Под влиянием выветривания в минералах образуются поры и трещины, в которых отлагаются новые минералы или происходит метасоматическое замещение.

Под действием ориентированного давления и высоких температур, развивавшихся при метаморфизме, изменяются формы и строение минерального зерна и агрегата. На первых стадиях метаморфизма зерна хрупких и твердых минералов дробятся на об-

Текстурно-структурные признаки

Стадия метаморфизма	Вторичные изменения минерального зерна и коллоидного вещества	
	формы	внутреннего строения
Начальная	Дробление и смятие зерен и коллоидного вещества	Первичное строение зерен (зональное, секториальное и двойниковое) нарушается смятием или трещинами дробления
Промежуточная	Зерна минералов приобретают овальную и линзовидную форму	Образуются ориентированные полисинтетические двойники давления
	Удлиненные зерна вытянуты параллельно друг другу	В центре некоторых зерен сохраняются реликты зонального строения
Конечная	Новообразования кристаллобластов эмульсионной, пластинчатой и волокнистой формы	
	Новообразования кристаллобластов изометричной и пластинчатой формы	Кристаллобласты характеризуются однородным строением и двойниками давления

ломки различной формы и размеров, а зерна пластичных минералов сминаются, при этом в них изгибаются трещинки спайности, двойниковые полосы и т. д.

На последующих стадиях метаморфизма зерна приобретают округлую, овальную, пластинчатую и линзовидную форму. Удлиненные зерна минералов часто располагаются параллельно. Особенно легко изменяют свою форму зерна галенита, халькопирита, сфалерита, пирротина, молибденита, антимонита и графита. Полная перекристаллизация минералов в порфировидный и гранобластовый агрегаты наблюдается на последних стадиях метаморфизма.

При динамометаморфизме изменяется внутреннее строение кристаллов и метакристаллов. Первичное секториальное и зональное строение некоторых зерен частично или полностью уничтожается и образуются полисинтетические двойники давления, характеризующиеся одинаковой шириной полосок. Такие двойники особенно легко возникают в антимоните, молибдените, пирротине, сфалерите и др. В сланцеватых и полосчатых рудах наблюдается ориентированное расположение двойниковых полосок, обычно вытянутых длинной осью перпендикулярно к давлению. В полосчатых и массивных перекристаллизованных рудах кри-

метаморфизма в рудах

Вторичные структуры в минеральном агрегате	Вторичные текстуры руды	Примечание
Раздробленная Смятия	Брекчиевая Брекчиевидная Трещиноватая	Первичный минеральный состав руды в основном не изменяется
Ориентированнокластиче- ская Ориентированнобластиче- ская Ориентированнозернистая Гранобластическая Распада твердых растворов Метаколлоидные Реликты коллоидных струк- тур	Плойчатая Сланцеватая Гнейсовидная Тонкополосчатая Метаколлоидная	Минералы первичных руд освобождаются от примесей Выделяются новообразо- вания при распаде твер- дых растворов
Собственно кристаллобла- стические	Очковая Гнейсовидная Массивная	Особенно сильно изме- няется вещественный со- став в рудах и породах осадочного генезиса и выветривания

сталлобласты с полисинтетическим двойниковым строением рас-
полагаются в беспорядке.

Коллоидное минеральное вещество под влиянием агентов диа-
генеза и метаморфизма раскристаллизовывается. При этом иногда
сохраняются реликты колломорфных текстур и концентрически-
зональных структур, наблюдаемых в полированных и прозрач-
ных шлифах.

При глубоком метаморфизме руд, например медноколчедан-
ных, происходит образование венчиков и хвостов нарастания из
удлиненных зерен переотложенных пластичных минералов вокруг
порфиروبластов пирита. Такие нарастания сложены халькопиритом,
галенитом, хлоритом, серицитом и кварцем и развиты в «те-
нях давления», т. е. в участках наименьшего давления. При ме-
таморфизме руды изменяется ее минеральный состав: откладываются
более устойчивые и простые минеральные виды (например,
гидроокислы железа в процессе метаморфизма переходят в маг-
нетит и гематит, пирротин превращается в агрегат пирита и маг-
нетита и т. д.). Для руд метаморфизованных месторождений ха-
рактерны вторичные структуры — катакластические и кристалло-
бластические.

Минеральные агрегаты под влиянием агентов динамометамор-

физма подвергаются дроблению и смятию. В них происходят пластическая деформация и переотложение отдельных минералов. Так, например, массивная серноколчеданная руда дробится на обломки различной формы и размеров. Минеральные агрегаты, сложенные галенитом, сфалеритом, халькопиритом и другими пластичными минералами, образуют полосы, линзочки, микроскладки. Они затираются по трещинкам дробления в кварце и пирите с образованием мелких прожилков — просечек. При глубоко метаморфизме происходит переотложение пластичных минералов, возможно, также под влиянием гидротермальных растворов. Такие минералы цементируют тонкие трещинки дробления, расположенные в беспорядке или перпендикулярно к господствующей полосчатости или сланцеватости в руде. В метаморфизованных рудах характерными текстурами являются брекчиевая, брекчиевидная, гнейсовидная, сланцеватая, полосчатая, линзовидная, очковая, пльичатая. В табл. 17 приведены признаки, указывающие на явления метаморфизма в рудах.

ЗНАЧЕНИЕ СТРУКТУР И ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ МИНЕРАЛОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОТЛОЖЕНИЯ РУДЫ

Парагенетические минеральные ассоциации и структуры могут быть использованы как геологические термометры. В природе существует множество парагенетических ассоциаций минералов, одни из которых характерны для собственно магматических месторождений, другие — для постмагматических, третьи — для осадочных и т. д. Наглядное представление о разнообразии вещественного состава руды различного генезиса можно получить при рассмотрении рудных формаций.

Большое значение для определения термодинамических условий рудообразования имеют кристаллобластические структуры, формирующиеся при распаде твердых растворов, параморфном превращении минералов одной кристаллографической модификации в другую, явлениях перекристаллизации, вызванных нагреванием или другими процессами. В этой группе наиболее детально изучены структуры распада твердого раствора, которые могут быть надежно использованы для определения температуры рудообразования. Температура, при которой достигается гомогенное твердое равновесие пары минералов, устанавливает нижний предел отложения этих минералов.

Экспериментально доказано, что параморфный переход минералов из одной кристаллографической модификации в другую происходит при вполне определенных температурах — 103—570 °С. При этом изменяются форма, размер и внутреннее строение минеральных зерен. Последние несут следы двойникования и заметного раздробления, у них изменяются оптические свойства (явления поляризации и др.). В зернах высокотемпературных мо-

модификаций минералов развиты двойники превращения пластинчатой и веретенообразной формы. Зерна низкотемпературных модификаций характеризуются однородным строением. При параморфном превращении образуются кристаллобластические структуры. Эта группа кристаллобластических структур слабо изучена экспериментально и недостаточно описана в рудах, поэтому еще не выработаны надежные критерии для их распознавания.

Структурные и минералогические признаки параморфного превращения могут быть использованы для определения температуры отложения руды. Как известно, халькозин имеет две модификации: низкотемпературный ромбический, устойчивый при температуре меньше 103°C , и высокотемпературный гексагональный, устойчивый при температуре более 103°C . Крупнозернистые агрегаты высокотемпературного гексагонального халькозина при охлаждении ниже точки инверсии (103°C) превращаются в пластинчатые агрегаты низкотемпературного ромбического халькозина, а ромбический халькозин при нагревании переходит в гексагональный. Кроме термодинамических условий на параморфные превращения влияет химический состав среды. Так, высокотемпературный гексагональный халькозин, содержащий в твердом растворе более 8% ковеллина, становится устойчивым при нормальных температурах.

Наличие в руде агрегатов ромбического халькозина с реликтами гексагонального означает, что температура образования руды была выше 103°C . Аргентиты кубический и моноклинный представляют собой высоко- и низкотемпературные формы сульфида серебра с точкой инверсии 179°C . Они отличаются друг от друга внутренним строением зерен. Высокотемпературный крупнозернистый кубический аргентит характеризуется наличием купнопластинчатых двойников превращения. Зерна низкотемпературного ромбического аргентита не сдвойникованы. В рудах более широко распространен низкотемпературный аргентит.

Кубический сфалерит переходит в гексагональный вюртцит при 1020°C , но присутствие в сфалерите железа в количестве 17% снижает эту температуру до 880°C . В природе в определенных условиях (в кислой среде, зоне окисления или осадочных месторождениях) вюртцит образуется при низких температурах.

Точно так же гёссит, образующийся при температуре ниже 150°C , приобретает аномальную анизотропию, проявляющуюся в форме неправильных пятен. Внутреннее строение зерен характеризуется пластинчатыми двойниками превращения.

Для определения температуры минералообразования важны точки инверсии кварца и особенно переход низкотемпературного α -кварца в более высокотемпературную модификацию β -кварца. Как теперь установлено, жильный кварц не весь представлен низкотемпературной формой, в некоторых жилах развит β -кварц.

В природе известны минералы, у которых при нагревании наблюдается тенденция превращения в устойчивую форму с образованием кристаллобластических структур. Такие превращения

Минералы и структуры — геологические термометры

Структуры	Минералы	Температура, °C	Автор, год
Распада твердого раствора — эмульсионная, пластинчатая, решетчатая, графическая и др.	Магнетит+ильменит (4 : 1)	600—700	Рамдор, 1962
	Ильменит+гематит (любые)	500—700	Рамдор, 1962
	Халькопирит+сфалерит	550	Борхерт, 1934
	Халькопирит+тетраэдрит (10 : 1)	500	Эдвардс, 1946
	Халькопирит+борнит	475	Швартц, 1931
	Халькопирит+борнит	275	Филимонова, 1949
	Халькопирит+пирротин	250	Стивенсон, 1960
	Халькопирит+кубанит (любые)	450	Швартц, 1927
	Пирротин+пентландит (5 : 1)	425—450	Ньюхауз, 1927 и Хьюитт, 1938
	Станнин+халькопирит (5 : 1)	500	Альфельд, 1934
	Сфалерит+халькопирит (4 : 1)	350—400	Бюргер, 1935
	Халькозин+штромейерит	300	Швартц, 1935
	Серебро+дискразит (любые)	275—350	Карпенгер, Фишер, 1932
	Борнит+тетраэдрит (1 : 1)	275	Эдвардс, 1946
	Галенит+шапбахит (10; 1)	210—350	Рамдор, 1938

	Халькопирротин+халькопирит+кубанит+пирротин	225	Борхерт, 1934
	Аллемонтит+мышьяк+сурьма	200—250	Стиллвелл, Эдвардс, 1941
	Борнит+халькозин (2 : 1)	225	Шварц, 1928
	Халькозин+ковеллин (2 : 1)	75	Бетман, Ласки, 1932
Гранобластическая, идиобластическая, волокнистая, раздробленная и др. Двойники превращения — пластинчатые, веретенообразные	Высокотемпературный β -кварц $\rightarrow$ низкотемпературный α -кварц	573	Ларсен, Райт, 1909
	Маггемит $\rightarrow$ гематит	500	
	Высокотемпературный кубический шапбахит $\rightarrow$ низкотемпературный ромбический шапбахит	225	Эдвардс, 1947
	Высокотемпературный кубический аргентит $\rightleftharpoons$ низкотемпературный моноклинный акантит	179	Борхерт, 1935
	Высокотемпературный кубический гёссит $\rightarrow$ низкотемпературный моноклинный гессит	150	Борхерт, 1935
	Высокотемпературный гексагональный халькозин $\rightleftharpoons$ низкотемпературный ромбический халькозин	103	Бюргер, 1941
	Асбогель (аморфное вещество) $\rightarrow$ волокнистый хризотил-асбест	350 и ниже	Меренков, 1957
Гранобластическая структура с полисинтектически-двойниковым и однородным строением зерен	Зональная медь $\rightarrow$ гранобластовая медь	450—500	Эдвардс, 1947
	Зональное золото $\rightarrow$ гранобластовое золото	360	Эдвардс, 1947
	Зональное серебро $\rightarrow$ гранобластовое серебро	200—350	Эдвардс, 1947

Примечание. В скобках — количественное соотношение минералов в твердом растворе. Расширенный список минералов — твердые растворы приведен в книге П. Рамдора [32].

происходят при вполне определенной температуре. Так, например, марказит переходит в пирит при 450°C , пирит в пирротин — при 615°C , арагонит в кальцит — при 410°C , кубанит в агрегат халькопирита и халькопирротина — при 235°C , маггемит перекристаллизовывается в гематит при $210\text{—}500^{\circ}\text{C}$, метациннабарит переходит в киноварь при 400°C , сидерит в гематит — при $350\text{—}400^{\circ}\text{C}$.

Известна способность самородных металлов и некоторых зональных сульфидов перекристаллизовываться при нагревании в процессе отложения или пострудного изменения при определенных температурах. Так, например, зональное самородное серебро перекристаллизовывается при 200°C , зональная самородная медь — при $400\text{—}450^{\circ}\text{C}$, а зональное самородное золото — при 360°C . При перекристаллизации самородных металлов первичное зональное строение превращается в гранобластовое. Новообразующиеся зерна характеризуются однородным строением. Перечень кристаллобластических структур и минералов, которые могут быть использованы как геологические термометры, приведен в табл. 18.

ПОСТРОЕНИЕ СХЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ

В итоге проведенных исследований по изучению вещественного состава и строения руды составляется схема последовательности выделения минералов и минеральных ассоциаций, на которой отражаются все главнейшие особенности процесса минералообразования (см. рис. 30, 31, 47, 48). На схеме показаны рудообразующие минералы и характерные минеральные ассоциации, стадии и этапы минерализации, структуры и текстуры, а также отмечаются геохимические особенности, свойственные каждой минеральной ассоциации. Минералы перечисляются в порядке их последовательного выделения в виде вертикального столбца с левой стороны схемы. Перечень начинается с самого раннего минерала и заканчивается самым поздним по времени выделения. Если минерал встречается в нескольких парагенетических ассоциациях, то он на схеме отмечается в каждой ассоциации. Различные генерации минерала обозначены римской цифрой, иногда приводятся кристалломорфные и геохимические особенности, характеризующие генерации минералов. Различные генерации одного и того же минерала отличаются друг от друга по примесям химических элементов, форме, размеру и внутреннему строению кристаллов и зерен. Для отдельных парагенетических ассоциаций иногда характерен определенный минерал, преобладающий только в этой ассоциации и играющий роль типоморфного минерала. Количество каждого минерала и его положение на схеме показываются в виде полосок различной толщины. Длина такой полоски обозначает время кристаллизации, а толщина — относительное количество минерала в руде или минеральной ассоциации. Геологическое время нельзя измерить, поэтому принято рисовать полоски

равной длины. Над полосками иногда показаны химические элементы-примеси, встречающиеся в данной генерации минерала. Вверху схемы помещены названия этапов минерализации, стадий и минеральных ассоциаций.

Этапом минерализации, или рудообразования, называют крупные периоды процесса выделения минералов, характеризующиеся определенными геологическими и физико-химическими условиями, при которых формируется рудное тело или месторождение. Например, выделяют ассоциации, образовавшиеся в этапы магматический, постмагматический, выветривания и т. д. В постмагматических месторождениях и месторождениях выветривания (зона окисления сульфидных месторождений, кора выветривания на горных породах) процесс минералообразования внутри этапа подразделяется на стадии.

Стадией минерализации принято называть небольшой период минералообразования, характеризующийся образованием одной характерной минеральной ассоциации. Каждая стадия минерализации отделена от предыдущих и последующих тектоническими нарушениями различной интенсивности, что отражается в появлении новых минералов, текстур и структур. Стадии минерализации на схеме обозначаются арабской цифрой и редко называются по типоморфным минералам. В последнем случае названия стадий минерализации и названия характерных минеральных ассоциаций совпадают. Каждая вертикальная колонка на схеме характеризует стадии минерализации и соответствующие им минеральные ассоциации. Одновременное отложение минералов (парагенезис) показывается на схеме расположением полосок, обозначающих минералы, строго друг над другом; разновременное отложение — «ступеньками» слева направо. Если возрастное положение минерала не совсем ясно, над его полоской ставится вопросительный знак, а в объяснении приводится обоснование расположения минерала в таблице. Стадии могут быть разделены тектоническими и внутриминерализованными перерывами и даже внедрением межрудных даек. Под колонкой каждой стадии минерализации перечисляются характерные текстуры и структуры, а иногда приводятся данные по геохимии и физико-химические параметры природных минеральных систем.

Для каждого месторождения составляются две схемы последовательности минералообразования. Первая является более детальной и сложной, на ней показываются все парагенезисы и генерации минералов (см. рис. 47), вторая — обобщенная, на ней показаны только характерные минеральные ассоциации и главные генерации минералов (см. рис. 30, 31).

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РУД

Сущностью парагенетического анализа является генетический подход к выделению и исследованию закономерных ассоциаций минералов. Парагенетический анализ тесно сочетается с текстурно-структурным анализом. Теоретические основы парагенетического анализа изложены в классических работах А. Г. Бетехтина, Д. С. Коржинского, Н. В. Петровской, Т. Н. Шадлун и др. В обширной литературе на многих примерах показано значение этого метода для расшифровки генезиса минеральных месторождений и решения конкретных практических задач геологоразведочного дела. Наиболее полное и последовательное применение парагенетического анализа для исследования процессов рудообразования представляют работы Н. В. Петровской по колчеданным и золоторудным месторождениям. Характерные примеры использования этого метода будут рассмотрены дальше.

Генетические категории минеральных групп. Существуют различные научные взгляды и подходы к группировке минералов по генетическому признаку. В настоящее время наиболее широко используется (особенно геологами, изучающими руды) формулировка понятий, принадлежащая А. Г. Бетехтину [37].

Основной единицей генетической систематики групп минералов является парагенетическая ассоциация минералов (парагенезис) — группа минералов, образовавшихся совместно, одновременно или близкоодновременно в условиях равновесия, свидетельствующих об определенных физико-химических условиях отложения. Термин «парагенезис» буквально означает совместное образование. Определение парагенезисов как равновесных минеральных систем позволяет использовать для анализа этих групп минералов кроме геолого-минералогических и текстурно-структурных критериев термодинамические расчеты и эксперименты по синтезу минералов.

Парагенетическая ассоциация минералов входит как составная часть в более крупные генетические группы — характерные минеральные ассоциации или минеральные комплексы [30]. Характерные минеральные ассоциации выделяются на месторождении при детальном картировании масштабов 1:500—1:30 и обладают следующими основными чертами: 1) выдержанным устойчивым минеральным составом; 2) отличительными особенностями морфологии и строения агрегатов, структурами локализации; 3) закономерным распределением в пространстве.

Характерные минеральные ассоциации отлагаются в течение крупных периодов минералообразования, в то время как парагенетические ассоциации являются вещественным отображением небольшого отрезка времени, характеризующегося определенными физико-химическими условиями (температура, давление, концентрация и активность компонентов, режим кислорода, серы, углекислоты, pH и Eh растворов и др.). Составными членами парагенетических ассоциаций являются генерации минералов — разновозрастные выделения минерала, отличающиеся друг от друга морфогенетическими особенностями (форма, размеры, внутреннее строение зерен), тонкими вариациями химического состава и физических свойств (микротвердость и др.). В парагенезис входит одна генерация каждого минерала.

Схема генетического подразделения групп минеральных индивидов следующая: характерная минеральная ассоциация — парагенетическая ассоциация минералов — генерация минерала.

Возрастные категории процесса минералообразования. Процесс минералообразования во времени подразделяется на этапы и стадии. Этапы — длительные периоды минералообразования, разделенные значительными промежутками времени, резко отличающиеся по геолого-тектоническим и физико-химическим условиям отложения минеральных агрегатов, например магматический, гидротермальный, выветривания. В гидротермальных этапах минералообразования обычно выделяют стадии — более короткие периоды времени, в течение которых происходит отложение характерной минеральной ассоциации в определенном узком интервале физико-химических условий. Очень часто стадии разделяются тектоническими подвижками, иногда внедрением даек.

Критериями установления стадий минерализации, по А. Г. Беттину [37], являются: 1) коренное отличие минерального состава агрегатов новой стадии; 2) пересечение ранних минеральных агрегатов более поздними, отличающимися по составу и строению, а также часто по структурам локализации (изменение плана деформации); 3) брекчирование, дробление, метаморфизм ранних минеральных агрегатов, цементация более поздними.

Необходимым условием установления стадий является распространенность проявления пересечений, дробления, метаморфизма, брекчирования ранних минеральных агрегатов, прослеживающихся на разных участках и горизонтах месторождения.

Выделение стадий в гидротермальном процессе обусловлено прерывистым, пульсационным поступлением газоводных растворов и многократным отложением минеральных ассоциаций (С. С. Смирнова, 1937 г.). В последнее время наблюдается тенденция выделения стадий внутри магматического и экзогенного этапов минералообразования как периодов отложения последовательных характерных минеральных ассоциаций.

Отрезок времени, в течение которого отлагается парагенетическая ассоциация минералов, называется геохимической ступенью [30]. Геохимическая ступень характеризуется впол-

не определенными параметрами физико-химических условий отложения парагенезиса минералов как равновесной минеральной системы. Схема временного подразделения процесса минералообразования следующая: этап — стадия — геохимическая ступень.

Методы выявления генетических групп минералов. Характерные минеральные ассоциации выявляются при картировании месторождения главным образом на основе возрастных критериев: текстур заполнения пустот (прожилковая, пересечения, брекчиевая, цементная и др.) и метасоматического замещения (коррозионные, унаследованные). Кроме этого, используются и другие признаки — устойчивость минерального состава ассоциации и закономерные его вариации, обусловленные зональностью пространственного размещения; морфология и структуры агрегатов; структурные условия локализации ассоциации. Для разобщенных минеральных ассоциаций сопоставляются перечисленные признаки и выясняется их принадлежность к одной или разным характерным минеральным ассоциациям. Это требует длительного и скрупулезного исследования. Приведем пример, поясняющий выделение характерных минеральных ассоциаций (см. рис. 46). Так, при картировании рудного поля Кафанского жильного полиметаллического колчеданного месторождения (Армянская ССР) было выяснено закономерное распределение минерализации [4]. На западе рудного поля развиты безрудные кварцевые жилы широтного простиранья. В центральной части сосредоточены широтные кварц-пирит-халькопиритовые жилы и штокверковые зоны аналогичного простиранья, а на юго-востоке — кварц-халькопирит-сфалеритовые жилы близширотного простиранья.

Безрудные кальцитовые прожилки и небольшие жилы различных направлений встречаются повсеместно, и пересекают все ранние жилы, но максимально локализованы вблизи крупных разрывов. Гипс-ангидритовые гнезда и прожилки четко приурочены к зонам крупных разрывов северо-западного простиранья. Исследование текстурных отношений показало, что кварц-пирит-халькопиритовые жилы состоят из двух разновозрастных минеральных агрегатов: раннего кварцевого, аналогичного кварцу западных жил, и более молодого сульфидного, отложившегося при повторном раскрытии кварцевых жил в период тектонических подвижек. Аналогичная картина выяснена также для кварц-халькопирит-сфалеритовых жил. В забоях наблюдались текстуры пересечения, брекчирования, коррозии раннего раздробленного кварца сульфидами.

На основании этого при полевом картировании были выделены характерные минеральные ассоциации, перечисленные в последовательности их отложения (см. рис. 47): кварцевая, пирит-халькопиритовая, халькопирит-сфалеритовая, диккитовая, кальцитовая, гипсовая. Агрегаты молодых ассоциаций пересекают, цементируют и корродируют агрегаты более ранних. Установление шести перечисленных характерных минеральных ассоциаций позволяет выделить соответственно шесть стадий процесса гидротер-

мального минералообразования. Для пирит-халькопиритовой ассоциации прослежена фациальная зональность отложения: вверх по восстанию рудных тел она сменяется пирит-теннантит-халькопиритовой и выше пирит-энаргитовой и пирит-сфалеритовой фациальными минеральными ассоциациями (см. рис. 47).

Парагенетическая минеральная ассоциация является составной частью характерной минеральной ассоциации. Для первой узкой группы минералов должны иметь место три черты общности генезиса: 1) совместное отложение (минералы находятся во взаимном сростании); 2) одновременное или близкодновременное образование; 3) равновесные отношения, свидетельствующие об определенных физико-химических условиях отложения. Изучение парагенезисов минералов проводится различными методами: 1) исследование геолого-минералогических, текстурно-структурных критериев способствует установлению всех трех основных черт общности генезиса; 2) экспериментальные исследования физико-химических систем, фазовых равновесий, а также эксперименты по минеральному синтезу помогают исследованию природных парагенезисов путем сопоставления с искусственными; 3) метод термодинамических расчетов и применение правила фаз определяют возможность существования данного парагенезиса и позволяют рассчитать ряд физико-химических параметров природных минеральных систем.

Обычно в практике парагенезиса выделяются при микроскопическом изучении руд главным образом на основе типоморфных микротекстур и структур. Важное значение имеют тонкие вариации химического состава отдельных генераций минералов, изменение валентности элементов. Д. П. Григорьев [12], например, характеризует мышьяк как замечательный пример элемента, быстро отражающего в своей изменяющейся валентности условия минералообразования. Такая же способность свойственна аналогам мышьяка — сурьме и висмуту. Интересны в этом отношении сера и ее аналоги — селен и теллур.

Коррозионные микротекстуры и структуры, характеризующиеся развитием коррозионных границ, разъемлением и замещением ранних минеральных зерен и мономинеральных агрегатов новообразованными минералами, указывают на нарушение равновесия и одновременности отложения и свидетельствуют о возникновении новых парагенезисов (см. рис. 38). Тщательно изучаются степень интенсивности и направленность коррозии, локальность и широкомасштабность ее проявления, что позволяет судить о характере и диапазоне внутриминерализационного перерыва.

О наличии равновесных парагенетических отношений минералов свидетельствуют зернистые структуры кристаллизации из расплавов и растворов, метазернистые структуры (см. табл. 16), а также структуры распада твердых растворов, коллоидные и метакolloидные структуры отложения полиминеральных колломорфных агрегатов. Кристаллобластические структуры метаморфизма

одной фации указывают на парагенетические отношения одновременно растущих минералов. Коррозионные микротекстуры и структуры всегда подтверждают развитие нескольких парагенезисов. Анализ парагенетических отношений на основе минералогического правила фаз проводится по диаграммам состав — парагенезис [37].

Исследование руд колчеданных, жильных, медных и полиметаллических месторождений показывает, что в начале сульфидных стадий обычно отлагается кварц-пиритовый парагенезис (см. рис. 34, 47), который сменяется пирит-халькопиритовым или пирит-халькопирит-сфалеритовым, возможно, пирит-дигенит-борнитовым парагенезисом.

Например, борнит (см. рис. 38) интенсивно корродирует и замещает ранний колломорфный пирит (кварц-пиритовый парагенезис). Он же (см. рис. 47) отлагается одновременно и в равновесии (коррозионные границы отсутствуют) с новым пиритом (пирит-борнитовый парагенезис), образующим зональные кристаллы, нарастающие на ранний пирит. После сульфидных парагенезисов отлагаются парагенезисы сульфосолей, теллуридов, самородных металлов (см. рис. 44). Такая последовательность смены парагенезисов закономерна и указывает на цикличность изменения режима серы, кислотности — щелочности.

Значение парагенетического анализа. Выявление и исследование генетических групп минералов (характерных минеральных ассоциаций и парагенезисов минералов), изучение закономерностей их отложения во времени и пространстве способствуют выяснению развития процесса минералообразования. Подразделение процесса минерализации на этапы и стадии, а также смена характерных минеральных ассоциаций и парагенезисов во времени должны быть отражены на схеме последовательности отложения минералов. Закономерности пространственного размещения минеральных ассоциаций отображаются на геологических погоризонтных планах и разрезах.

Важное значение парагенетического анализа для практики геологоразведочного дела неоднократно подчеркивал в своих работах А. Г. Бетехтин, который приводит классический пример вертикальной зональности медно-никелевых месторождений. На поверхности наблюдается непромышленная минерализация магнетитовых прожилков с налетами малахита, сменяющая богатые халькопирит-пентландитовые руды, развитые на глубине. Парагенетический анализ позволяет объяснить это явление: в глубинных рудах преобладает характерная ассоциация пентландит-халькопирит-пирротинная, в то время как в близповерхностных условиях устойчива ассоциация магнетит-халькопирит-кубанит-борнит-виоларитовая, в которой при окислении медные сульфиды замещаются малахитом. В результате установления этой генетической связи в участках с непромышленным магнетитовым оруденением были вскрыты на глубине богатые медно-никелевые руды.

На Кафанском медноколчеданном месторождении в восточном тектоническом блоке была прослежена закономерная смена вверх по разрезу пирит-халькопиритового парагенезиса соответственно пирит-теннантит-халькопиритовым, пирит-дигенит-борнитовым, пирит-энаргитовым и на поверхности кварц-пиритовым и пирит-сфалеритовым [4].

Такая закономерность в отложении парагенезисов обусловлена возрастанием окислительного потенциала и экранирующим влиянием разлома. Парагенетический анализ позволяет установить, что непромышленные скопления и прожилки кварц-пиритового и пирит-сфалеритового состава могут свидетельствовать о наличии богатых медных руд на глубине.

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЙ И ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РУД НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СУЛЬФИДНЫХ И ОКИСЛЕННЫХ РУД МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

В медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Айгедзор, Анкаван и др.) развиты три главнейших типа руд: сульфидный, полуокисленный и окисленный. В этих рудах выделяются четыре генетические группы текстур и структур, образовавшихся в процессе: I — метасоматического замещения пород и руд; II — заполнения открытых полостей в породах и рудах; III — диагенеза и метаморфизма руд; IV — механического выветривания и выщелачивания руд.

I. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе метасоматического замещения пород и руд. К этой генетической группе относятся морфологические виды первичных текстур; вкрапленная, пятнистая, прожилкообразная, полосчатая, друзовидная, брекчиевидная, нитеобразная, петельчатая, или сетчатая, каемочная, реликтовая и графическая; первичных структур — идиоморфнометазернистая, аллотриоморфнометазернистая, радиально-лучистая метазернистая, скелетная метазернистая, скрытокристаллическая метазернистая и гелевая.

Эта группа текстур и структур наиболее распространенная и имеет весьма важное генетическое значение. Например, такие текстуры, как прожилкообразная, друзовидная, брекчиевидная и графическая, явились главнейшими критериями для выделения пиритовой, молибденитовой и кварц-халькопиритовой ассоциаций. Важную роль играют коррозионные текстуры — каемочная, реликтовая, петельчатая и др. для выделения гипогенных и гипергенных ассоциаций (теннантит-энаргитовой, гётит-каолинитовой, вторичных сульфидов и др.). Ниже приводится описание текстур и структур метасоматического замещения.

Вкрапленная текстура (рис. 23) широко распространена в бедных молибден-медных и медных рудах всех месторождений. Рассеянную метасоматическую вкрапленность единичных зерен и мелких агрегатов с размерами выделений в десятые — сотые доли миллиметра, редко до нескольких миллиметров образуют в горных породах и жильном кварце пирит, халькопирит, молибденит, энаргит, сфалерит, галенит, вторичные сульфиды меди и другие минералы. Вкрапленность метакристаллов пирита и метазерен халькопирита развита в биотите, плагиоклазе и жильном кварце.

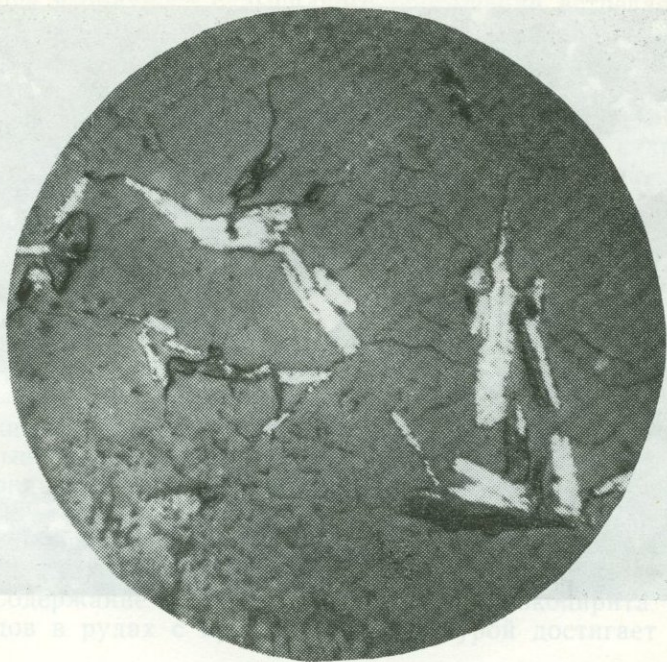
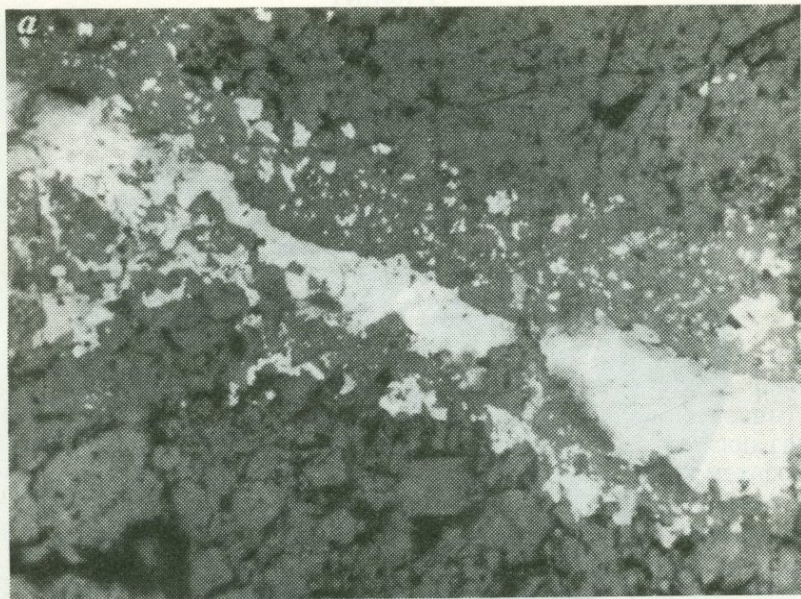


Рис. 23. Вкрапленная микротекстура замещения. Вкрапленность метакристаллов молибденита (белое) развита в жильном кварце (серое). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 47

Сульфиды метасоматически замещают темноцветные минералы, полевые шпаты и кварц, а также друг друга. Например, молибденит замещает пирит, а халькопирит — пирит и молибденит. Наблюдается сгущение вкрапленности сульфидов в виде цепочек и линзочек вблизи трещин, вдоль зальбандов кварцевых прожилков, а также в окварцованных и серицитизированных участках пород. Содержание пирита, молибденита, халькопирита и других сульфидов колеблется во вкрапленных рудах от 1 до 5%.

В зоне окисления часто встречается унаследованная вкрапленная текстура с псевдоморфозами халькозина по вкрапленности пирита и халькопирита, повеллита — по чешуйкам молибденита, гётита — по мелким выделениям халькопирита и пирита.

Пятнистая текстура характеризуется обособлением выделений магнетита, пирита, халькопирита, борнита, молибденита, энаргита, кварца, серицита и других минералов в интрузивных породах и жильном кварце. Размеры метасоматических агрегатов достигают нескольких сантиметров, форма их неправильная, границы зазубренные. Количество сульфидов в рудах с пятнистой текстурой достигает 15—20%.



6

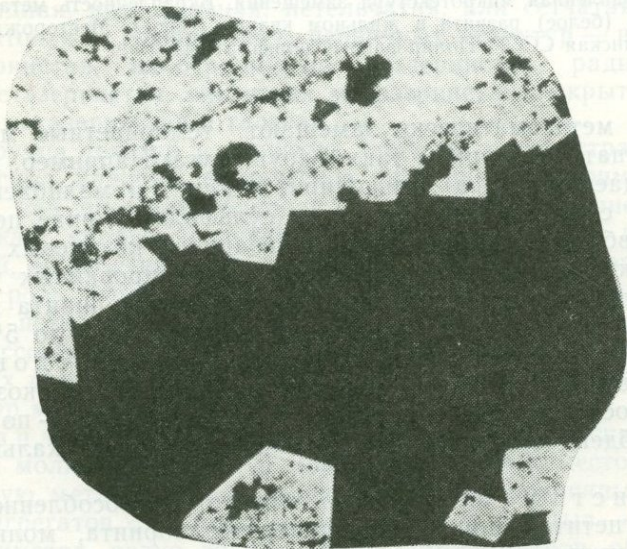


Рис. 24. Прожилкообразная текстура: метасоматический прожилок халькопирита (белое) в породе (а); метасоматический прожилок пирита (белое) в кварце (б). Месторождение Парагачай, Нахичеванская АССР. Полированные шлифы. Ув. 47

В зоне вторичного сульфидного обогащения встречается пятнистая унаследованная текстура, которая характеризуется псевдоморфозами халькозина или гётита по выделениям пирита и халькопирита.

Прожилкообразная текстура (рис. 24, а, б) определяет срастание вмещающих горных пород или жильного кварца и метасоматических прожилков пирита, кварца, молибдена, халькопирита и доломита. Такие прожилки растут вдоль микротрещин. В кварцевых жилах они приурочены к зальбандам или располагаются в центре, часто прерывистые. Мощность метасоматических прожилков изменчивая. Средняя мощность сульфидных прожилков 2—3 мм.

Наибольшее число сульфидных прожилков развито в сильно гидротермально измененных вмещающих породах (до 30—40 прожилков на 1 м²; месторождение Каджаран). Одни прожилки имеют резкие прямые границы с вмещающей породой, другие — постепенные переходы и коррозионные границы. Вдоль кварцевых и сульфидно-кварцевых прожилков вмещающие породы гидротермально изменены: пиритизированы, биотитизированы, окварцованы, серицитизированы и карбонатизированы. Мощность полосы измененных пород колеблется от нескольких миллиметров до 2—3 см. Содержание молибденита, пирита, халькопирита и других сульфидов в рудах с прожилковой текстурой достигает 5—6% и более.

Полосчатая текстура сформировалась при метасоматическом замещении жильного кварца молибденитом, халькопиритом и доломитом по серии параллельных трещин и микротрещин. Обычно метасоматические прожилки сосредоточены вдоль зальбандов и в центральной части кварцевых жил. Границы прожилков зазубренные. Мощность изменчивая.

Друзовидная текстура характерна для агрегатов крупночешуйчатого молибденита первой генерации. Агрегаты молибденита в форме щетки метакристаллов развиты в шестоватом кварце по трещинкам вдоль зальбандов и внутри кварцевой жилы. Встречаются редко.

Брекчиевидная текстура и микротекстура (рис. 25) характерны для срастаний обломков округлой формы и различного размера и метасоматического агрегата в виде цемента. Например, обломки горной породы сцементированы рудным цементом, обломки молочно-белого жильного кварца — сульфидами или карбонатами, обломки халькопирита — энаргитом. Обычно обломки породы, кварца и халькопирита значительно разведены и замещены минералами цемента. В агрегате цемента развиты мельчайшие реликты минералов, сохранившиеся от замещения раздробленной мелочи. Брекчиевидная текстура сформировалась при замещении тектонических брекчий.

Нитеобразная микротекстура характеризует срастание халькозина и халькопирита, гётита и пирита. Халькозин в виде единичных нитеобразных прожилков развивается в агрегате

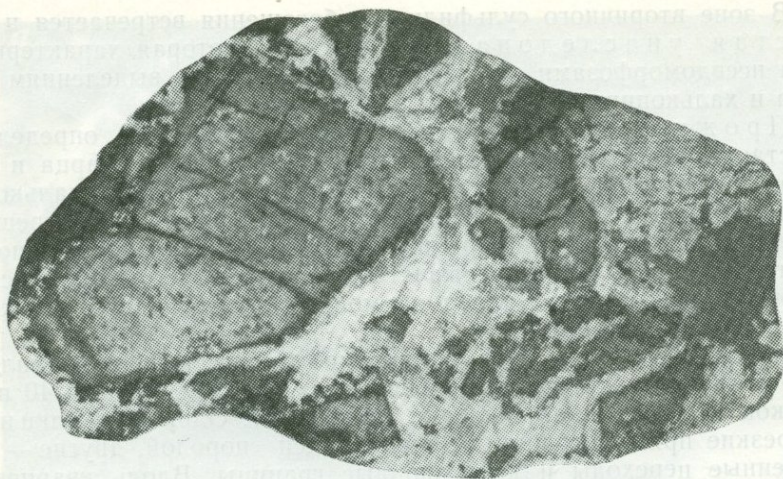


Рис. 25. Брекчиевидная текстура руды. Обломки порфирита (темно-серое) сцементированы агрегатом молибденита, халькопирита, борнита (белое, серое, темно-серое). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный штуф

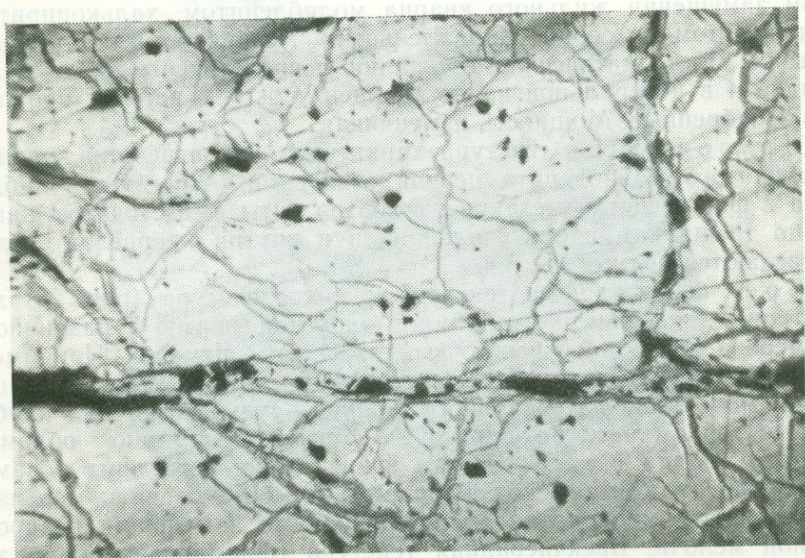


Рис. 26. Петельчатая, или сетчатая, микротекстура. Агрегат халькопирита (белое) пересекается сетью нитеобразных прожилков халькозина (серое). В халькопирите развиты реликты прожилков кварца (черное). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

халькопирита; тонкие прожилки гётита развиваются по пириту и халькопириту. Границы прожилков зазубренные, что хорошо видно при большом увеличении.

Петельчатая, или сетчатая, микротекстура (рис. 26) наблюдается часто. Например, в рудах встречается сложное пересечение в виде сетки тонких прожилков гематита в магнетите, халькозина в халькопирите, гётита в пирите. Границы микроскопических прожилков зазубренные.

Кае м о ч н а я микротекстура характерна для сростаний халькопирита и энаргита (месторождение Каджаран); энаргит образует узкие каемки по периферии выделений раннего халькопирита. Кае м о ч н а я микротекстура часто развита в зоне цементации месторождений Агарак и Каджаран, где вторичные сульфиды меди (борнит, халькозин) образуют коррозионные каемки по периферии выделений халькопирита. В зоне окисления кае м о ч н а я микротекстура формируется при нарастании кае м о к лепидокрокита вокруг агрегата пирита, кае м о к гётита вокруг выделений халькопирита, кае м о к малахита вокруг выделений куприта.

З о н а л ь н а я кае м о ч н а я микротекстура примечательна развитием кае м о к, состоящих из концентрических зон нескольких минералов. Например, вокруг реликтов халькопирита может быть развита сложная каемка, состоящая из борнита, халькозина и гётита.

Р е л и к т о в а я микротекстура широко развита в сульфидных и окисленных рудах. Наблюдаются реликты породообразующих минералов и жильного кварца в сульфидах, реликты жильного кварца — в молибдените и халькопирите, реликты ранних сульфидов — в поздних сульфидах (например, реликты пирита I в халькопирите III, реликты молибденита — в халькопирите). Реликтовая микротекстура также характеризует сростания остатков первичных сульфидов (пирита, халькопирита, молибденита) в массе вторичных минералов (гётита, повеллита, халькозина). Реликты имеют неправильную форму, границы их зазубренные.

Г р а ф и ч е с к и е текстура и микротекстура характеризуют сростание рудовмещающей породы и мономинеральных местасоматических выделений халькопирита. Форма выделений рудного минерала неправильная, извилистая, удлиненная. Границы сростания рудного минерала с породообразующими минералами или с жильным кварцем зазубренные.

И д и о м о р ф н о м е т а з е р н и с т а я структура (рис. 27) широко развита в мономинеральных агрегатах пирита I, молибденита I и гипергенного куприта. В метакристаллах пирита развиты реликты породообразующих минералов, в метакристаллах куприта — реликты халькозина, в метакристаллах молибденита часто развиты реликты кварца.

А л л о т р и о м о р ф н о м е т а з е р н и с т а я структура (рис. 28) типоморфна для мономинеральных агрегатов халькопирита III, теннангита IV и куприта. В халькопирите обычно развиты



Рис. 27. Идиоморфнометазернистая структура агрегата молибденита. Метакристаллы молибденита (белое) развиты в роговике (черное). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90



Рис. 28. Аллотриоморфнометазернистая структура агрегата халькопирита. Выявлена в парах царской водки. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90

реликты пирита, молибденита и серицита, в теннантите — энаргита, в куприте — халькозина.

Радиально-лучистая метазернистая структура характерна для агрегатов молибдена, расположенных в кварцевых жилах и прожилках.

Скелетная метазернистая структура изредка встречается в агрегатах пирита, молибденита и куприта.

Скрытокристаллическая и гелевая метазернистая структуры распространены в окисленных рудах и характерны для псевдоморфных агрегатов гипергенного борнита, халькозина, гётита, повеллита и других гипергенных минералов, развивающихся по пириту, халькопириту, молибдениту и доломиту.

II. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе заполнения открытых полостей в породах и рудах. К данной генетической группе относятся морфологические виды первичных текстур: прожилковая, пересечения, полосчатая, корковая, дендритовая, колломорфная, почковидная, друзовая, жеодовая, вкрапленная, пятнистая и брекчиевая.

В минеральных агрегатах, сформировавшихся в процессе отложения в полостях и трещинах из гидротермальных растворов или из поверхностных вод, выделены следующие морфологические виды первичных структур: идиоморфнозернистая, гребенчатая, пластинчатая, аллотриоморфнозернистая, разъедания, скелетная, гелевая, скрытокристаллическая и концентрически-зональная. Ниже приводится описание главнейших текстур и структур заполнения пустот.

Прожиловная текстура широко распространена в рудах и характеризуется развитием кварцевых, сульфидно-кварцевых, сульфидных и карбонатных прожилков, пересекающих сильно раздробленные вмещающие породы: кварцевые диориты, монцониты, граносиениты, порфириовидные гранодиориты, вторичные кварциты, кварцевые жилы, роговики, ороговикованные порфириты, а также скопления магнетита, пирита и халькопирита. В сильно трещиноватых участках породы и ранние кварцевые жилы в различных направлениях пересекаются сетью прожилков широтного, северо-западного и северо-восточного простираний. Мощность большинства кварцевых прожилков 5—10 мм; мощность сульфидных прожилков в среднем 1—2 мм. Прожилки имеют ровные границы и соответствующие стенки.

В смешанных и окисленных рудах встречаются прожилки гипса, халцедона, гипергенного кальцита, малахита, азурита, повеллита, лампадита, гётита, хризоколлы, халькозина и гидроокислов железа.

Текстура пересечения является разновидностью прожилковой текстуры. Встречается в сильноминерализованных участках, где ранние кварцевые прожилки пересекаются молибденитовыми, пиритовыми и халькопиритовыми; прожилки раннего пирита — молибденитовыми, молибденит-кварцевыми, энаргитовыми и теннантитовыми; молибденит-кварцевые прожилки — халькопи-

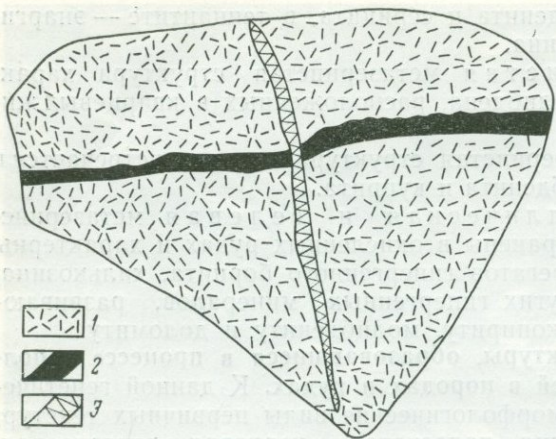


Рис. 29. Прожилковая текстура заполнения и замещения. Сильно измененный монзонит (1), пересеченный молибденитовым прожилком (2). Молибденитовый прожилок пересекается халькопиритовым (3). Местоорождение Каджаран, Армянская ССР. Зарисовка

ритовыми (рис. 29); халькопиритовые — галенит-сфалеритовыми; галенит-сфалеритовые — энаргитовыми и доломитовыми. Кварцевые, сульфидно-кварцевые и сульфидные прожилки разного состава пересекаются карбонатными и карбонат-халцедоновыми.

Полосчатая текстура характеризуется параллельным расположением прожилков кварца, сульфидов и доломита в породе или кварцевой жиле. Поздние агрегаты в виде прожилков отлагаются по системе параллельных трещин. Прожилки кварца, молибденита, халькопирита и доломита вытянуты в одном направлении вдоль зальбандов ранних кварцевых жил или даек порфировых пород. Обычно мощность полосок изменяется от нескольких миллиметров до 1—2 см. Прожилки имеют раздувы и пережимы и нередко резко выклиниваются. Иногда вдоль параллельных трещинок вместо сплошного прожилка развита вкрапленность сульфидов.

В кварцевых жилах система параллельных поздних сульфидных и карбонатных прожилков часто расположена по раздробленным зонам вблизи зальбандов или в центре жилы. В окисленных рудах очень редко встречается полосчатая текстура заполнения, сложенная параллельными чередующимися полосками шириной до 5—10 мм кальцита, лампадита, арагонита и хризоколлы.

Корковая и дендритовая текстуры наблюдаются в окисленных медно-молибденовых рудах. Тонкие корочки и дендриты гётита, малахита, азурита, повеллита, кальцита, арагонита, гипса, лампадита, самородной меди и хризоколлы развиты на стенках трещин в раздробленных или выщелоченных горных породах и в жильном кварце или выстилают небольшие полости и поры. На корках лимонита нарастают последовательно корочки лампадита и малахита или хризоколлы. В каолинизированных и лимонитизированных вмещающих породах по трещинам развиты корки кальцита, арагонита, гипса и дендриты самородной меди. Нередко корковая текстура переходит в колломорфную.

Колломорфная и почковидная текстуры встречаются в окисленных рудах и наблюдаются в агрегатах малахита, гётита, кирпичной медной руды, хризоколлы и лампадита.

Друзовая текстура редко развита в сульфидных, смешанных и окисленных рудах. Щетки кристаллов пирита, молибденита, халькопирита, короткостолбчатого призматического кварца, энаргита, теннантита и доломита расположены в трещинах рудовмещающих пород и в жеодовых пустотках в кварцевых и карбонатных жилах. Друзы куприта, гипса, гипергенного кальцита, кварца и азурита нарастают на стенках небольших полостей, выстланных тонкими корочками лимонита. Кристаллы минералов в друзах имеют размеры от единиц миллиметров до 10 мм.

Жеодовая текстура характеризуется нарастанием корок гётита, лампадита и малахита в изометричных и удлиненных пустотках. Жеодовые полости удлиненной формы с размерами в поперечнике от 2×5 до 8×20 мм расположены в центре кварцевых и карбонатных прожилков и жил. Такие минеральные агрегаты в отличие от друзовых имеют скрытокристаллическое, гелевое и волокнистое строение.

Крапленая и пятнистая текстуры образуются при заполнении сульфидами небольших пор дробления и выщелачивания в горных породах и жильном кварце.

Брекчиевая текстура встречается в раздробленных кварцевых жилах и рудовмещающих породах: монзонитах, роговиках, ороговикованных порфиритах и др. В сульфидных рудах с брекчиевыми текстурами угловатые обломки измененных пород или рудообразующих минералов сцементированы кварцем, сульфидами или карбонатами. Форма обломков разнообразная, а размеры их изменяются от 2—3 мм до нескольких сантиметров. Количественные отношения между обломками и цементом колеблются в очень широких пределах. Содержание сульфидов в рудах с брекчиевой текстурой достигает 30—40%.

Брекчиевая текстура часто наблюдается в сульфидно-кварцевых жилах месторождений Каджаран и Айгедзор. На отдельных участках кварцевых жил обломки молочно-белого жильного кварца сцементированы молибденитом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, доломитом и халцедоном. На месторождении Да-стакерт встречены брекчиевые руды, которые характеризуются срастанием обломков роговиков, ороговикованных порфиритов и гранодиоритов и цемента из рудообразующих минералов (молибденита, халькопирита, борнита и кварца).

Встречается несколько видов брекчиевых текстур, образовавшихся в разные стадии минерализации. В одних брекчиях обломки молочно-белого кварца сцементированы молибденитом и темно-серым кварцем, в других обломки пирита и халькопирита — поздним кварцем и карбонатом, в третьих обломки раннего кварца или рудовмещающей породы или молибденита и халькопирита — галенитом и сфалеритом или поздним кварцем. Широко распространены карбонатные брекнии, в которых обломки поро-

ды, кварца и сульфидов сцементированы доломитом. В рудах наблюдалась микробрекчиевая текстура, характеризующаяся срастанием мелких обломков халькопирита или пирита, сцементированных энаргитом и теннантитом, или обломков сфалерита, сцементированных поздним кварцем.

Брекчиевая текстура наблюдалась также в окисленных рудах, в которых обломки каолинизированных пород (монцитов, гранодиорит-порфиоров и др.) сцементированы гидроокислами железа, лампадитом, гипергенным кальцитом, халцедоном, а также гипсом.

Идиоморфнозернистая структура типична для кварцевой, молибденитовой и доломитовой ассоциаций; распространена в жилах, сложенных крупнозернистым кварцем, или встречается в пиритовых прожилках, представляющих собой сростки кристаллов в форме куба и октаэдра; характерна также для доломита, слагающего мономинеральные жилы и прожилки, и наблюдается в прожилках повеллита.

Гребенчатая структура прослежена в прожилках и друзах шестоватого кварца и доломита. Пластинчатая структура наблюдается в мономинеральных прожилках молибденита и гипса.

Аллотриоморфнозернистая структура характерна для мономинеральных прожилков крупнозернистого халькопирита II и сфалерита IV.

Гипидиоморфнозернистая структура встречается в агрегатах кварц-халькопиритовой, галенит-сфалеритовой и доломитовой ассоциаций; характеризует срастания идиоморфных кристаллов пирита и аллотриоморфных зерен халькопирита или сфалерита, а также идиоморфных кристаллов доломита и ксеноморфных зерен халцедона.

Структура разъедания изредка встречается в галенит-сфалеритовой ассоциации; образуется при разъедании ранее выделившихся зерен пирита VI поздним халькопиритом VI и сфалеритом V, а зерна халькопирита III корродируются борнитом I. В этих ассоциациях иногда встречается скелетная структура, образующаяся при замещении идиоморфных кристаллов раннего пирита поздними минералами данной ассоциации.

Скрытокристаллическая, гелевая и концентрически-зональная структуры развиты в минеральных агрегатах натечной и сферической формы, сложенных гётитом, ярозитом, ферримоллибдитом, халькозином, малахитом, лампадитом и опалом. Эти разновидности структур характерны для окисленных руд.

III. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе диагенеза и метаморфизма руд. Признаки диагенеза руд устанавливаются по наличию метакolloидных текстур и структур, а также структур распада твердых растворов и кристаллобластических. Ниже приводится описание морфологических видов вторичных текстур и структур.

Почковидная, колломорфная и корковая метакolloидные текстуры редко встречаются в окисленных рудах. Морфологические виды метакolloидных вторичных структур: радиально-лучистая, волокнистая, гранобластическая; структуры распада твердых растворов: эмульсионная, пластинчатая, решетчатая, звездчатая, графическая и субграфическая. Метакolloидные текстуры и структуры развиты в агрегатах гётита, лампадита, малахита и тенорита. Метакolloидные текстуры отличаются от соответствующих видов коллоидных текстур внутренним строением минеральных агрегатов (их раскristаллизацией и перекristаллизацией).

Радиально-лучистая структура встречается в почковидных и корковых агрегатах гётита, лепидокрокита, лампадита, халцедона, арагонита, малахита, азурита, тенорита и ферримolibдита.

Волокнистая структура наблюдается в полосках и корках гипса и в почках ковеллина.

Гранобластическая структура характерна для агрегатов повеллита.

Структуры распада твердых растворов легко разрушаются в условиях динамометаморфизма, а так как медно-молибденовые руды многократно подвергались внутрирудным и пострудным тектоническим нарушениям, то они встречаются сравнительно редко и лишь в слабометаморфизованных рудах.

Эмульсионная структура распада наблюдалась в сростаниях следующих гипогенных минералов: сфалерит+халькопирит, галенит+тетраэдрит, галенит+фрейбергит, борнит+халькопирит.

Пластинчатая и решетчатая структуры распада характерны для сростаний магнетит+ильменит, борнит+халькопирит.

Звездчатая структура распада характерна для сростаний халькопирит+сфалерит.

Графическая и субграфическая структуры распада наблюдались в сростаниях сфалерит+халькопирит, борнит+халькопирит, халькозин+штрмейерит, халькозин+ковеллин.

В процессе динамометаморфизма медно-молибденовых руд формировались вторичные текстуры: трещиноватая, брекчиевая, брекчиевидная, линзовидная, порошокватая и гнейсовидная. Наиболее широко развиты текстуры трещиноватая и брекчиевидная. При динамометаморфизме руд возникают вторичные структуры: кристаллографические — гранобластическая, идиобластическая, порфиروبластическая и катакластические — дробления, расщепления, смятия.

Трещиноватая текстура проявлена в рудах трещинами различного направления и размера. Трещиноватость в породах и минералах развивалась в основном при многократных тектонических подвижках (дорудных, внутриминерализованных и послерудных) или под влиянием агентов механического выветривания. Основная масса трещин расположена вдоль зальбандов прожили-

ков и жил. Очень часто в медно-молибденовых рудах развиты трещиноватые микротекстуры. В сильно раздробленных горных породах, а также в прожилках и жилах (кварцевых, сульфидно-кварцевых и карбонатных) трещиноватые текстуры переходят в тектонические брекчии.

Брекчиевая текстура наблюдается в агрегатах жильного кварца и пирита, представленных угловатыми обломками различного размера.

Брекчиевидная текстура развита в тектонических зонах, сложенных развальцованными обломками различного размера пород и рудообразующих минералов. Обычно обломки крупного размера имеют овальную форму и расположены в массе раздробленной мелочи этих же агрегатов. Брекчиевидная текстура иногда переходит в линзовидную; например, линзовидность часто наблюдается в агрегатах жильного кварца.

Порошковатая текстура характерна для перетертых молибденитовых агрегатов и глинок трения каолинизированных пород.

Гнейсовидная текстура встречается в рудах, содержащих серии параллельных мономинеральных прожилков, сложенных молибденитом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом, перетертых при тектонических подвижках до тонкообломочного состояния. Текстура распространена в полосчатых сульфидных рудах и полосчатых сульфидно-кварцевых жилах.

Гранобластическая структура характерна для перекристаллизованных агрегатов халькопирита, пирита, сфалерита, кварца и доломита.

Идиобластическая структура наблюдалась в перекристаллизованных выделениях пирита и доломита, редко молибденита.

Порфиробластическая структура примечательна сравнением идиобластов пирита разного размера. Идиобласты пирита отличаются от метакристаллов однородным внутренним строением, тогда как для последних часто характерно зональное и си-тообразное строение.

Структура дробления характеризуется срастанием обломков зерен в агрегатах пирита, магнетита, кварца, халькопирита, энаргита, теннантита, сфалерита и доломита. Наиболее широко она развита в мономинеральных агрегатах пирита и кварца.

Структура расщепления наблюдается в смятых и развальцованных мономинеральных агрегатах молибденита. При одностороннем давлении чешуйки молибденита легко разделяются по плоскости совершенной спайности (0001) на все меньшие и меньшие индивиды — в десятки, сотые и тысячные доли миллиметра.

Структура смятия встречается в мономинеральных агрегатах таких пластичных минералов, как молибденит, халькопирит и галенит. Признаки смятия отчетливо прослеживаются по

трещинкам спайности и двойниковым швам, собранным в микро-складки.

IV. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе механического выветривания и выщелачивания руд. К вторичным текстурам механического выветривания и выщелачивания, встречающимся в окисленных рудах, относятся морфологические виды: трещиноватая, пористая, ячеистая, ящичная и порошковатая. В агрегатах минералов, образовавшихся при замещении и дроблении, развиты коллоидные и катакластические структуры.

Трещиноватая текстура развивается в рудообразующих минералах и во вмещающих породах в результате растрескивания минералов под влиянием агентов механического выветривания, например в пирите, халькопирите, кварце, плагиоклазе и др.

Пористая текстура образуется в жильном кварце при выщелачивании поверхностными водами вкраплений молибденита, пирита, халькопирита, доломита и повеллита или при выщелачивании вкрапленников каолинизированных плагиоклазов в горных породах. Пористая текстура иногда встречается в сульфидных рудах на большой глубине и, по-видимому, образуется при выщелачивании минералов под действием гидротермальных растворов, проникавших в различные стадии минерализации.

Ячеистая текстура образуется при окислении и выщелачивании агрегатов халькопирита. Каркас сложен гётитом и хальцедоном в виде прожилков, развивающихся по трещинкам в халькопирите.

Ящичная текстура развивается в агрегатах железистого доломита. Каркас сложен гётитом и гидрогётитом, развивающимися в виде тонких прожилков по трещинкам спайности в доломите.

Порошковатая текстура характеризуется скоплениями тонкообломочных масс каолинизированного полевого шпата, кварца и серицита в трещинах и пустотах. В землистых агрегатах развиты порфиро- и тонкокластические структуры дробления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Структурно-текстурные особенности сульфидных, смешанных и окисленных медно-молибденовых руд свидетельствуют о том, что отложение рудообразующих минералов происходило главным образом при метасоматическом замещении породообразующих минералов, жильного кварца, сульфидов и карбонатов, развивающихся по многочисленному тонким трещинам и пустоткам. Часть рудообразующих минералов отложилась также путем заполнения трещин, которые приоткрывались в несколько стадий минерализации, и полостей выщелачивания.

Типоморфные текстуры и структуры метасоматического замещения и заполнения пустот, описанные выше, позволили автору, с учетом других геолого-минералогических особенностей оруденения, выделить в медно-молибденовых рудах главные минеральные ассоциации эндогенной и экзогенной минерализации.

Минералы	Гидротермальный этап						
	Стадии, ассоциации						
	1	2	3	4	5	6	7
	Кварц-пиритовая	Кварцевая	Молибденитовая-молибденит-кварцевая	Кварц-халькопиритовая, теннантит-энгидитовая	Кварц-галенит-сфалеритовая	Долмитовая-долмит-халькоденитовая	Ангидритовая
Пирит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Кварц	I	II	III	IV	V	VI	VII
Пирротин	I	II	III	IV	V	VI	VII
Куданит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Хлорит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Серицит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Рутил, лейкаксен	I	II	III	IV	V	VI	VII
Сфалерит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Халькопирит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Борнит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Халькозин	I	II	III	IV	V	VI	VII
Теннантит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Тетраэдрит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Галенит	I	II	III	IV	V	VI	VII
К-полевой шпат	I	II	III	IV	V	VI	VII
Альбит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Биотит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Шеелит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Молибденит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Магнетит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Гематит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Марказит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Кобальтин	I	II	III	IV	V	VI	VII
Арсенопирит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Самородное золото	I	II	III	IV	V	VI	VII
Висмутин	I	II	III	IV	V	VI	VII
Самородный висмут	I	II	III	IV	V	VI	VII
Виттихенит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Эпиклеит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Галеновисмутит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Кальцит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Аргентит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Самородное серебро	I	II	III	IV	V	VI	VII
Апатит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Эндрит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Люцитин	I	II	III	IV	V	VI	VII
Допатит, анкерит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Каптинит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Халькоден, опал	I	II	III	IV	V	VI	VII
Ангидрит	I	II	III	IV	V	VI	VII
Гипс	I	II	III	IV	V	VI	VII
Текстуры	Коррозионная, дробленая, прожилковая, полосчатая, брекчиевая						
Структуры	Метазернистые, зернистые, коррозионные, кристаллопластические, катакластические						

■ 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6

Рис. 30. Схема последовательности минералообразования в сульфидных медно-молибденовых рудах месторождения Каджаран, Армянская ССР.

Количество минерала в ассоциации (в %): 1 — от 10 и выше, 2 — от 1 до 10, 3 — от 0,1 до 1, 4 — 0,1 и ниже; 5 — тектонические слераы между стадиями; 6 — внутретадийные подвижки. Римские цифры, показанные слева от полосок минералов, обозначают генерации минералов

Минералы	Этап выветривания			
	Стадии, ассоциации			
	1	2	3	4
	Гётит-каолинитовая, вторичных сульфидов	Тенорит-купритовая	Халцедон-лампадитовая, малахит-кальцитовая	Гипсовая
Ярозит	Ca, Mo, Na, Mn			
Гётит	Mo, Cu, Mn			
Лепидокрокит				
Гематит				
Золото самородное				
Феррималибдит	Cu, Ca, Mg			
Скарнит	Ca, Cu, Mo, Mg, Mn			
Оливенит	Cu, Mo, Ca, Mg, Fe, Mn			
Каолинит				
Гидрослюда				
Монтмориллонит				
Галлуазит				
Аллофан				
Варнит				
Халькозин	Fe, Ag, Mo			
Штроемейрит				
Аргентит				
Серебро самородное				
Кобвеллин				
Халькопирит				
Марказит				
Кирпичная медная руда				
Тенорит			Fe, Ca, Mn	
Куприт			Mo	
Медь самородная				
Делафроссит			Ca, Ni, Mo, Fe, Ti, V	
Лампадит				
Псилометан				
Пирролизит				
Халцедон, опал, кварц			Fe, Mn, Mg, Ca, Cu, Mo	
Хризоколла			Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Mo	Mn, Mg, Cu, Fe, Mo
Кальцит				
Арагонит			Sr, Mg, Fe, Mn, Cu, Mo	
Побеллит			Fe, Cu, Mg, Mn	
Малахит			Ca, Mg, Fe, Mn, Mo	
Азурит				
Гипс				Sr, Mn, Fe, Mo, Cu, Mg
бродантит, халькантит				
Текстуры	Коррозионные	Унаследованные, окрапленные и прожилковые	Прожилковые	Прожилковые
	Каркасные	Друзовидные	Натечные	Полосчатые
	Трещиноватые		Друзовидные	Корковые
Структуры	Скрытокристаллические	Гранобластические		
	Метазернистые	Радиально-лучистые	Зернистые	Волокнистые
	Радиально-лучистые			

— 1 — 2 — — — 3 4 Cu, Mo — 5

Рис. 31. Схема последовательности минералообразования в окисленных медно-молибденовых рудах месторождения Каджаран, Армянская ССР.
Количество минерала в ассоциации (в %): 1 — 10, 2 — 0,5—10, 3 — 0,01—0,5, 4 — 0,01 и ниже; 5 — элементы-примеси в минералах

В сульфидных рудах автор установил десять эндогенных минеральных ассоциаций (рис. 30), образовавшихся в гидротермальный этап. В окисленных и полуокисленных рудах установлены шесть экзогенных минеральных ассоциаций (рис. 31), образовавшихся в процессе выветривания сульфидных медно-молибденовых руд. Вторичные текстуры и структуры свидетельствуют об изменении медно-молибденовых руд в процессе диагенеза, метаморфизма и выветривания.

Основными критериями для качественной характеристики руд являются вещественный состав, текстуры и структуры. По вещественному составу и текстурно-структурным особенностям промышленные сульфидные медно-молибденовые руды подразделяются на следующие типы: 1) прожилково-вкрапленные медно-молибденовые руды, представляющие собой главный промышленный тип; 2) вкрапленные бедные медно-молибденовые руды в породах и кварцевых жилах; 3) брекчиевые богатые молибденовые и медно-молибденовые руды в кварцевых жилах, роговиках и ороговикованных порфиритах.

ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАФАН АРМЯНСКОЙ ССР

На месторождении Кафан различают жильный и штокверковый типы оруденения. Рудные тела сосредоточены в среднеюрской толще в лежащих боках разломов. На северо-западе рудного поля, ближе к оси антиклиналя, развиты кварцевые жилы и медные сульфидные руды (Ленинская группа рудников); дальше на юго-востоке — медно-цинковые сульфидные руды (Шаумяновская группа рудников). Околожильное изменение представлено окварцеванием, хлоритизацией, серицитизацией, пиритизацией. Северо-западный участок расчленен разрывами на три крупных тектонических блока: Западный, Центральный и Восточный.

Для жильного типа наиболее характерны первичные текстуры в рудах: массивная, пятнистая, полосчатая, прожилкообразная, брекчиевая, брекчиевидная, колломорфная, реликтовая, разъедания, каемочная; редко встречаются вкрапленная, крустификационная, друзовая; для штокверкового — прожилковая, прожилкообразная, колломорфная, пятнистая, редко вкрапленная текстуры.

Из вторичных текстур для обоих типов наиболее характерны: трещиноватая, брекчиевая и редко линзовидно-ориентированная (для агрегатов карбонатной и гипс-ангидритовой ассоциации в зонах тектонических нарушений).

Морфологические виды первичных структур: идиоморфнозернистая идиоморфнометазернистая, аллотриоморфнозернистая, аллотриоморфнометазернистая, порфирометазернистая, гипидиоморфнозернистая, гипидиоморфнометазернистая, скрытокристал-

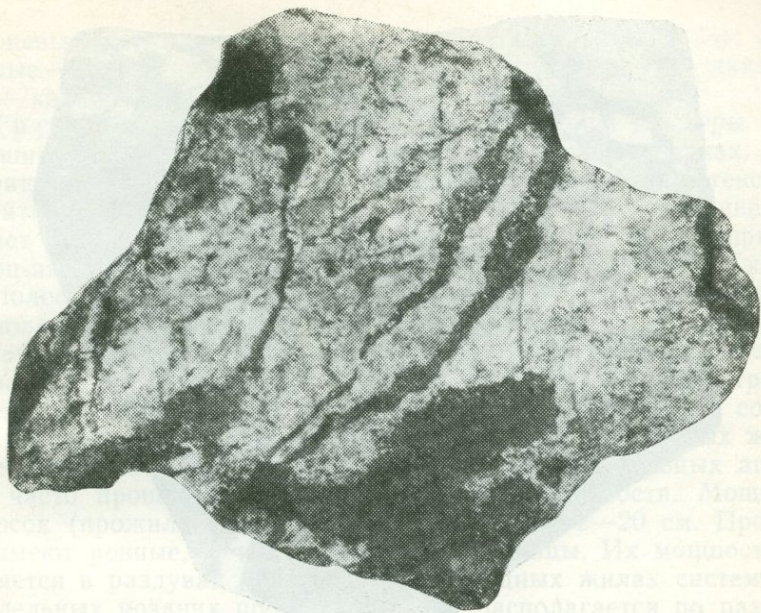


Рис. 32. Прожилковая текстура. Прожилки сфалерита II (черное) во вторичном кварците. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Обр. 2034, Ув. $\frac{1}{2}$

лическая, концентрически-зональная, редко скелетная и перлитовая; вторичных структур: метаколлоидные (волоконистая, радиально-лучистая), гранобластическая, идиоморфнобластическая, структуры распада твердых растворов (эмульсионная и др.), дробления и смятия.

Для рудных жил Западного и Центрального блоков типичны крупнозернистые структуры; преобладают зерна кварца, пирита и халькопирита размером 1—3 см. Рудные жилы Восточного блока, переходящие в штокверковую зону, характеризуются метаколлоидными колломорфными текстурами и метаколлоидными тонкозернистыми структурами.

В медных сульфидных рудах выделяются три генетические группы текстур и структур: I — заполнения открытых полостей в породах и рудах; II — метасоматического замещения пород и руд; III — диагенеза и метаморфизма руд.

I. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе заполнения открытых полостей в породах и рудах. В этой генетической группе наиболее распространены морфологические виды текстур: массивная, пятнистая, вкрапленная, прожилковая, полосчатая, крустификационная, брекчиевая, колломорфная, друзовая и линзовидная. В минеральных агрегатах, сформировавшихся в процессе отложения из гидротермальных растворов, наблюдаются разнообразные морфологические виды структур: идиоморфнозернистая, гребенчатая, аллотриоморфнозернистая, гипидиоморфно-

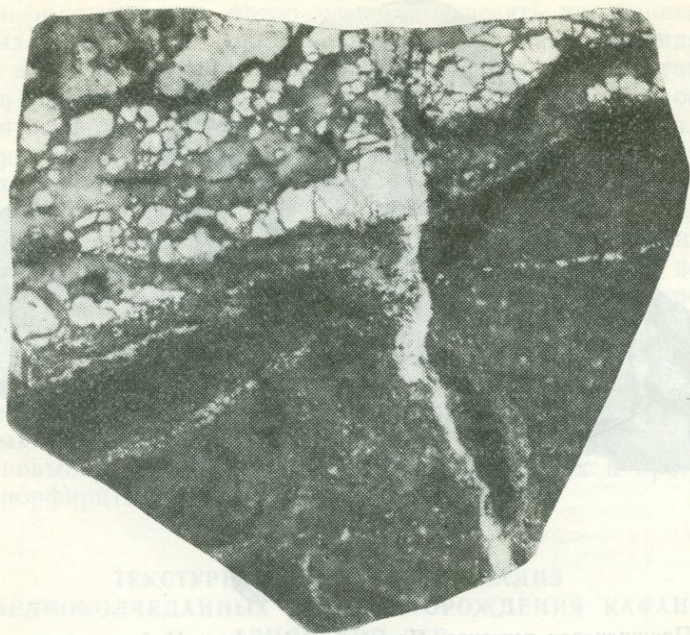


Рис. 33. Текстура пересечения. Пирит-сфалерит-халькопиритовый прожилок (в центре, вертикальный) пересекает теннантит-халькопиритовую (внизу) и кварц-пиритовую (вверху) минеральные ассоциации Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный штуф 134. Ув. $\frac{1}{2}$

зернистая, разъедания, скрытокристаллическая и перлитовая. Ниже приводится описание морфологических видов текстур и структур заполнения пустот.

М а с с и в н а я текстура широко развита, встречается на участках жил, сложенных одним минералом — кварцем, халькопиритом, гипсом.

П я т н и с т а я и в к р а п л е н н а я текстуры наблюдаются в подчиненном количестве по сравнению с массивной и полосчатой в кварцевых жилах и прожилках, штокерковых зонах. Наиболее распространены на участках выклинивания рудных жил.

П р о ж и л к о в ы е текстура и микротекстура (рис. 32) широко развиты в штокверках, околожилных зонах и зонах разрывов. Прожилки кварца, сульфидов, карбонатов, диккита и гипса выполняют трещины во вмещающих породах и рудах. Мощность прожилков изменяется от 1 до 10, редко до 20—30 мм. Длина прожилков в штокверках весьма различная и колеблется от 2—3 до 30—25 м и более. Прожилки обычно имеют относительно ровные границы.

Текстура и микротекстура пересечения является разновидностями прожилковой; встречаются в сильно раздробленных участках, где ранние прожилки пересекаются более поздними.

Кварцевые прожилки пересекаются сульфидными (рис. 33); сульфидные — диккитовыми, карбонатными и гипсовыми; диккитовые — кальцитовыми, а кальцитовые — гипсовыми.

Крустификационная и полосчатая текстуры (рис. 34) широко распространены в рудных жилах и штокверках. Крустификационно-полосчатая и колломорфно-полосчатая текстуры развиты в безрудных кварцевых жилах. Полосчатое строение возникает при последовательном нарастании агрегатов (например, кварц-пиритового и пирит-халькопиритового) вдоль стенок жил.

Полосчатая текстура характеризуется также параллельным расположением кварцевых, сульфидных, кальцитовых, диккитовых, гипсовых прожилков в породе или кварцевой жиле. Поздние минеральные агрегаты отлагаются по системе параллельных трещин и тем самым образуют полосчатость отложения обычно в сочетании с метасоматическим замещением. В ранних кварцевых жилах переоткрывание трещин и отложение новых минеральных агрегатов часто происходят вдоль первичной полосчатости. Мощность полосок (прожилков) изменяется от 1 мм до 2—20 см. Прожилки имеют ровные, а чаще извилистые границы. Их мощность изменяется в раздувах и пережимах. В рудных жилах система параллельных поздних прожилков часто располагается по раздробленным зонам вблизи зальбандов.

Брекчиевая текстура и микротекстура очень характерны для штокверков, но обычно развиты локально в штокверках и небольших участках сульфидно-кварцевых жил. В сульфидных рудах с брекчиевыми текстурами угловатые обломки руды и вмещающих пород сцементированы сульфидами, кварцем, кальцитом и гипсом. Форма обломков разнообразная, а размеры их изменяются от 2—3 мм до нескольких сантиметров и более. Количественные соотношения между обломками и цементом колеблются в очень широких пределах.

Наиболее типичны брекчии из обломков породы, сцементированных кварцем и сульфидами; часто обломки раннего жильного кварца сцементированы сульфидами. Локально развиты карбонатные брекчии, где обломки породы или кварца и сульфидов сцементированы кальцитом (рис. 35, 36). В рудах наблюдается микробрекчиевая текстура, для которой характерно развитие мелких обломков энаргита, сцементированных диккитом; обломков кварца — хлоритом и пиритом.

Колломорфная текстура (рис. 37) широко развита в рудных агрегатах Восточного штокверка. Макроскопически и под микроскопом выделяются колломорфные (почковидные, ленточные, фестончатые) агрегаты пирита IV, хлорита III, реже кварца I, халькопирита V, теннантита I, сфалерита II. Внутреннее строение колломорфных агрегатов скрытокристаллическое, волокнистое и гранобластическое; в них развиты звездчатые полости (септарии), поры и трещины сокращения объема. Образование минеральных агрегатов с колломорфными текстурами, по А. Г. Бетехтину, О. Д. Левицкому, Е. А. Радкевич и Ф. Н. Шахо-

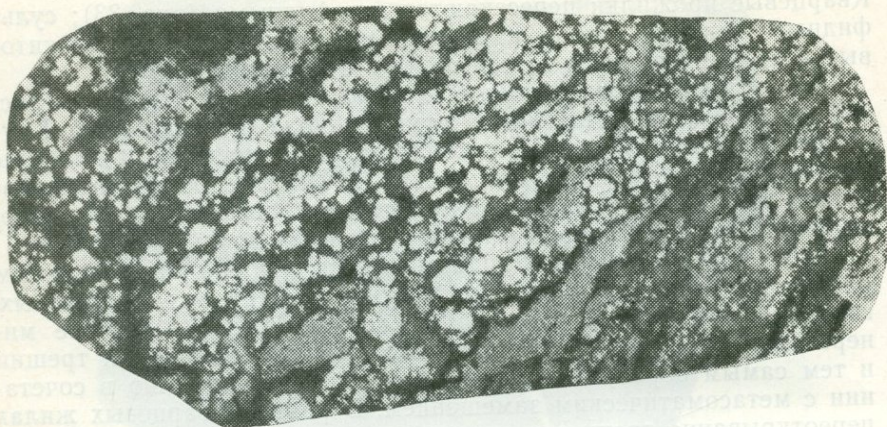


Рис. 34. Полосчатая текстура. Чередование полосок кварц-пиритового и пирит-халькопиритового состава. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Обр. 22



Рис. 35. Брекчиевая и прожилковая текстуры. Обломки породы (черное, серое) сцементированы кальцитом (белое). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Обр. 186

ву, объясняется выпадением их из гидротермальных растворов при резком понижении температуры и давления.

Друзовая текстура очень редко встречается в медных сульфидных и сфалеритовых рудах. Щетки кристаллов кварца, пирита, энаргита, сфалерита и кальцита большей частью развиты в кварцевых и карбонатных жилах. Кристаллы минералов в друзах

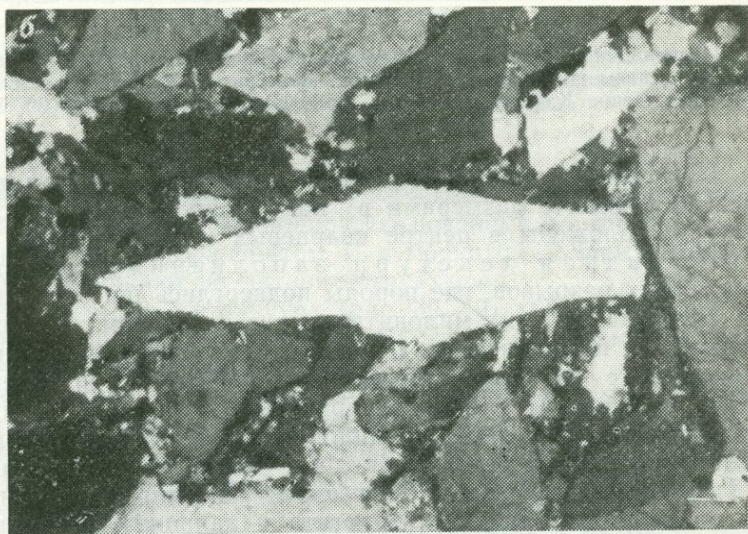
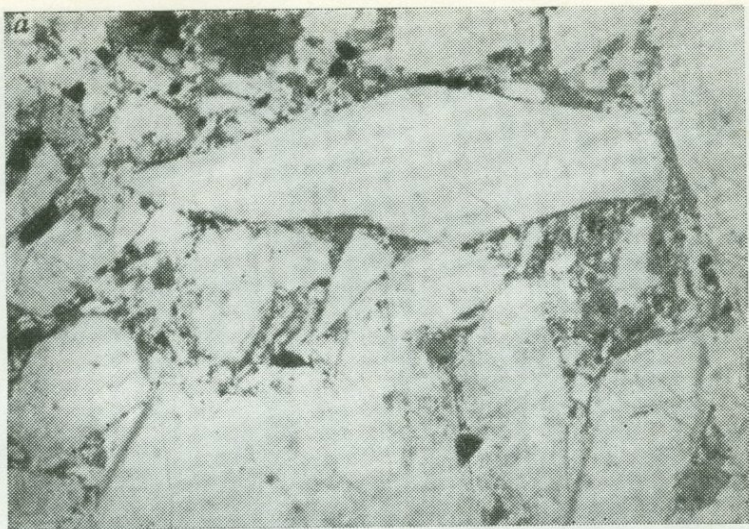


Рис. 36. Брекчиевая микротекстура. Обломки кварца I цементируются кварцем II, хлоритом II, пиритом III. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Прозрачный шлиф: а — с одним николем, б — в скрещенных николях. Ув. 10

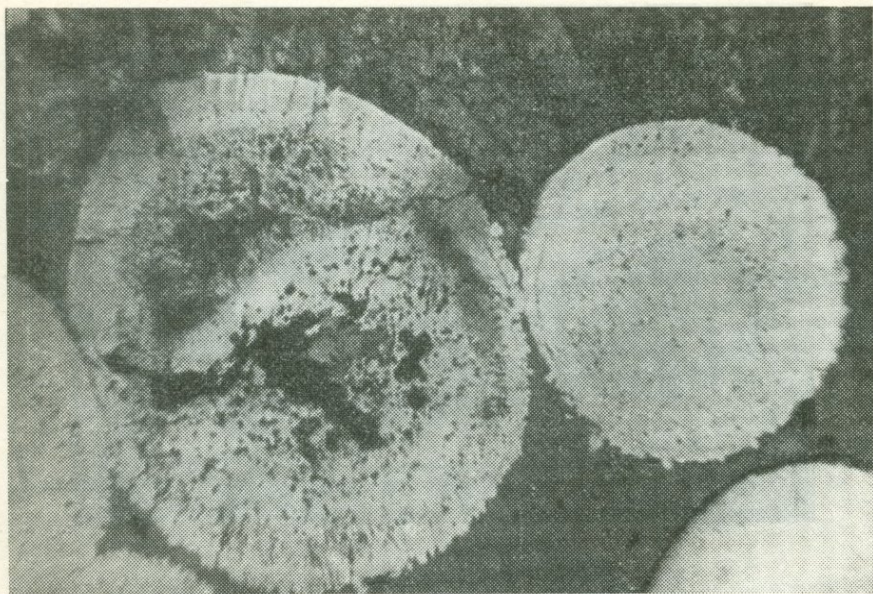


Рис. 37. Почковидная метаколлоидная текстура. Почки пирита IV с радиально-лучистым строением интенсивно замещаются сфалеритом II (серое), ямки (черное). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 30. Ув. 90

имеют размеры от 1 до 5 мм, редко до 1 см. Жеодовые полости удлиненной формы с размерами в поперечнике от 1×5 до 8×20 мм расположены в центре кварцевых и карбонатных жил.

Линзовидная текстура заполнения встречается в зонах крупных разрывов, где породы подверглись динамометаморфизму, приведшему к их милонитизации с развитием тектонических глинок. В порфиритах развиваются брекчиевые и сланцеватые текстуры с ориентированным расположением сплюснутых миндалей. Карбонаты и гипс-ангидритовые скопления выполняют серии линзовидных полостей в милонитизированной массе, в результате чего образуются линзовидные текстуры заполнения.

Идиоморфнозернистая структура широко развита в агрегатах кварца, пирита III, энаргита и кальцита. Разновидностью этой структуры является гребенчатая, наблюдающаяся в прожилках и друзах шестоватого кварца и энаргита.

Аллотриоморфнозернистая структура очень широко развита в кварцевых, сульфидных, карбонатных и гипсовых агрегатах.

Гипидиоморфнозернистая структура встречается в сульфидных агрегатах; характеризует срастания идиоморфных кристаллов пирита и кварца и аллотриоморфных зерен других сульфидов: халькопирита, сфалерита и борнита.

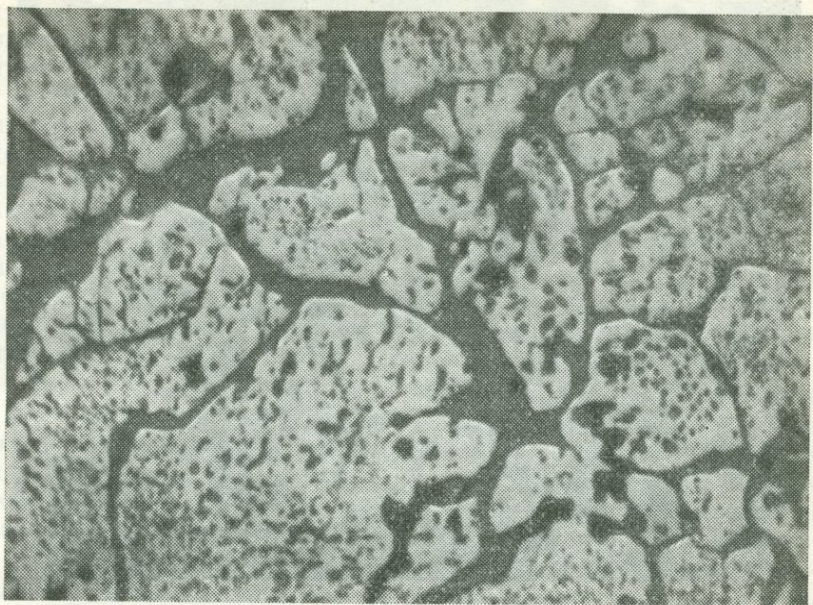


Рис. 38. Текстура разъедания и эмульсиевидная. Пирит IV корродируется борнитом I (темно-серое), который заполняет в нем поры и трещины. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 405. Ув. 160

Структура разъедания (рис. 38) характеризует срастания между мономинеральным агрегатом ранее выделившегося пирита IV, который корродируется поздними сульфидами — халькопиритом III, V, сфалеритом II и борнитом I. При интенсивной коррозии возникают реликтовые структуры.

Перлитовая структура (рис. 39, 40) характерна для пиритового агрегата, сложенного мельчайшими шариками пирита IV, а также для сфалерита и кварца.

Скрытокристаллическая структура установлена в агрегатах колломорфного пирита IV, иногда образующего шарики и почки, которые мгновенно затравливаются в реактиве. Встречаются и сферические выделения сфалерита аналогичной структуры в халькопирите.

II. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе метасоматического замещения пород и руд. В медных рудах месторождения Кафан выделяются следующие морфологические виды текстур метасоматического гипогенного замещения: вкрапленная, пятнистая, прожилкообразная, полосчатая, брекчиевидная, каемочная, реликтовая, разъедания, колломорфная. Метасоматические агрегаты распространены в зонах интенсивного дробления — кварцевых жилах, штокверковых и околожилных зонах и в зонах крупных разрывов. В зонах разрывов оруденение отсутствует

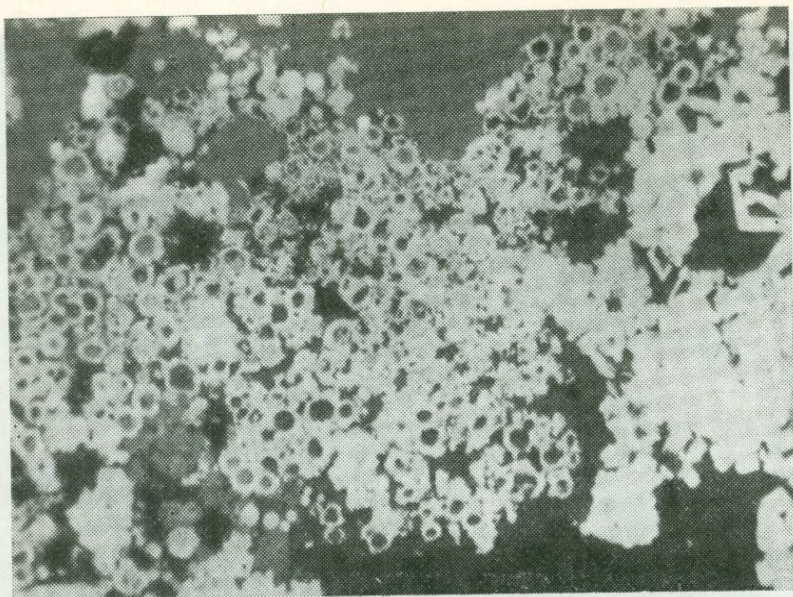


Рис. 39. Перлитовая, или шариковая, структура. Шарики пирита корродируются и замещаются сфалеритом (серое). Вмещающая порода (черное). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 120

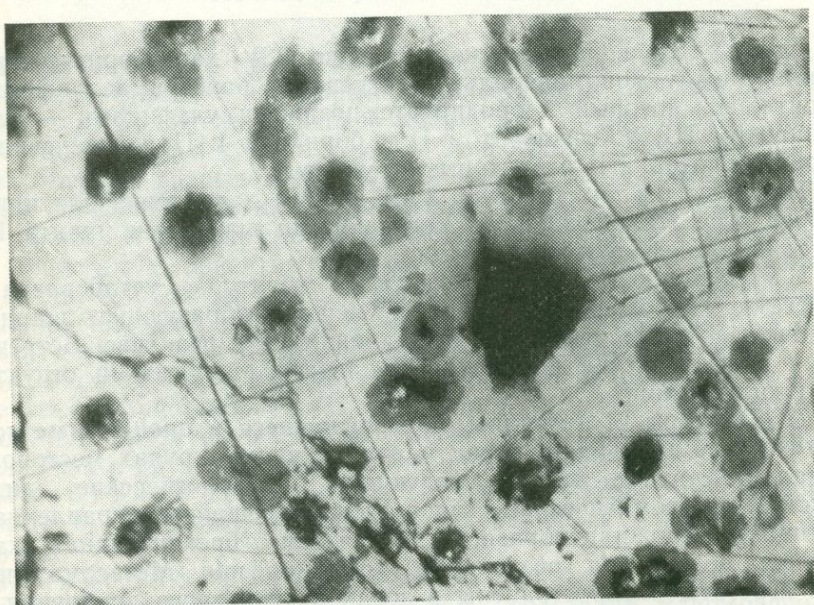


Рис. 40. Перлитовая, или шариковая, структура. Шарики сфалерита (серое) в халькопирите (белое). В центре некоторых шариков сфалерита развиты сферические выделения кремнезема (черное). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 102. Ув. 360

и широко развиты метасоматические агрегаты карбонатов, ангидрита и гипса. Обычно метасоматические агрегаты содержат реликты жильного кварца или вмещающих пород, редко сульфидов.

После переоткрывания ранних кварцевых жил, сопровождавшегося дроблением кварца, происходит выполнение возникающих полостей с широким развитием сульфидного метасоматоза по раннему кварцу. При этом возникают сложные текстуры, представляющие собой сочетание метасоматического замещения и выполнения пустот. В метасоматических агрегатах развиты аллотриоморфнометазернистая, идиоморфнометазернистая, порфирометазернистая и скелетная структуры. Ниже приведено описание морфологических видов текстур и структур метасоматического замещения.

Вкрапленная текстура широко развита и обычно наблюдается в штокверках и околожильных зонах. Рассеянную метасоматическую вкрапленность с размерами выделений в десятые доли миллиметра, редко до нескольких миллиметров образуют в горных породах и жильном кварце пирит, халькопирит, кальцит, сфалерит, реже борнит, диккит, ангидрит.

Пятнистая текстура широко развита и примечательна обособлением более крупных метасоматических выделений сульфидов в раннем кварце и в гидротермально измененных порфиритах, в которых в околожильных зонах развиты метасоматические кварц-серицитовые и карбонатные скопления. Форма метасоматических агрегатов неправильная, границы зазубренные, размеры их достигают нескольких сантиметров.

Прожилкообразная текстура (рис. 41, 42) в большинстве случаев сочетается с текстурой выполнения пустот; характерна для штокверковых зон во вторичных кварцитах и гидротермально измененных порфиритах, а также для околожильных зон, в которых развиты метасоматические прожилки кварца, сульфидов, кальцита, диккита. Вдоль прожилков рудных минералов часто развита их вкрапленность. В кварцевых жилах прожилки приурочены к зальбандам или развиты в их центре. Мощность метасоматических прожилков изменяется от 0,1 до 2—3 см, границы их зазубренные, внутри прожилков развиты реликты кварца или минералов вмещающих пород.

Полосчатые текстура и микротекстура (рис. 43) широко развиты и сформировались при метасоматическом замещении раннего жильного кварца сульфидами и хлоритом по системе параллельных трещин и микротрещин, часто проходящих вдоль первичной полосчатости.

Брекчиевидные текстура и микротекстура распространены в рудах и сформировались при замещении тектонической брекчии. Обломки породы, жильного кварца, реже руды, округленной формы и различного размера сцементированы сульфидами или кальцитом, реже диккитом, ангидритом. Обычно обломки значительно разъедены и замещены минералами цемента. В агрегате

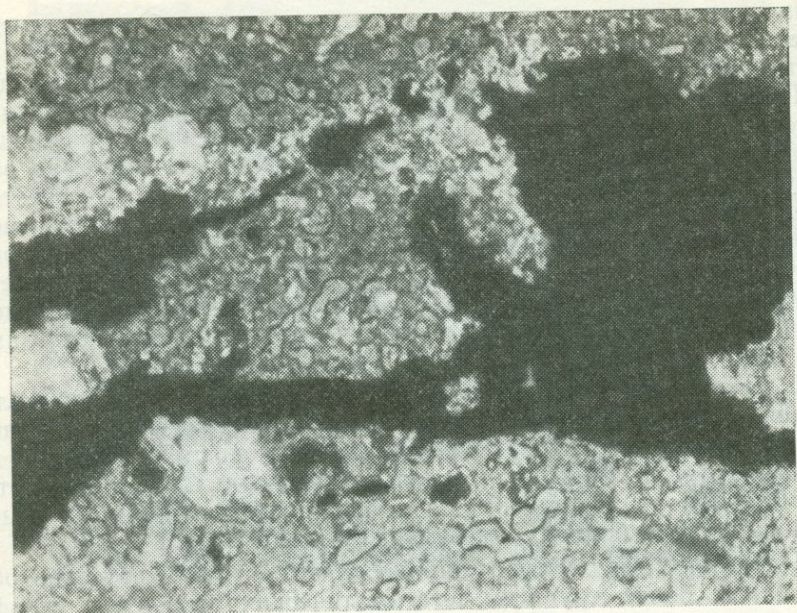


Рис. 41. Прожилкообразная микротекстура. Метасоматический прожилок халькопирита (черное) в миндалекаменном порфирите. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Прозрачный шлиф 591. С одним никелем. Ув. 10

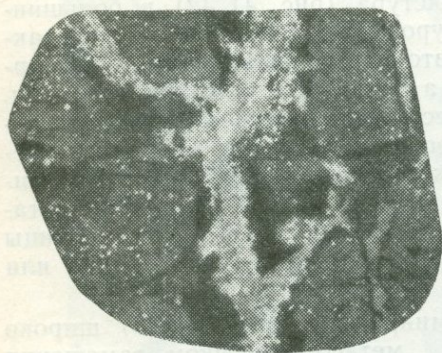


Рис. 42. Вкрапленная и прожилкообразная текстуры замещения. Измененный порфирит (темно-серое, черное) с тонкой вкрапленностью пирита (белое), с прожилками халькопирита и сфалерита. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный штупф

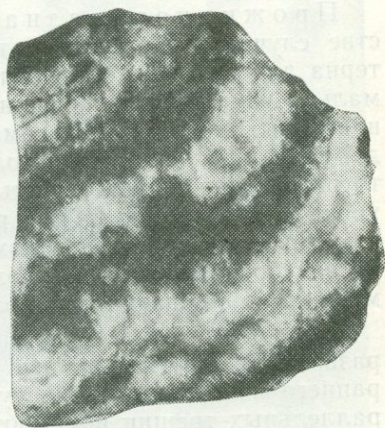


Рис. 43. Полосчатая текстура замещения. Хлорит III (черное) замещает кварц I. Месторождение Кафан, Армянской ССР. Обр. 310. Ув. $\frac{1}{3}$



Рис. 44. Микротекстура разъедания. Теллуrowисмутит (белое) корродирует халькопирит V (светло-серое). Реликты пирита (рельефный, светло-серое). Место-рождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. 86. Ув. 165

цемента развиты мельчайшие реликты минералов, сохранившиеся при замещении раздробленной массы.

Кае м о ч н а я микротекстура характерна для агрегатов сульфидов в рудах Восточного блока. Теннантит и энаргит обычно образуют реакционные каемки вокруг выделений раннего халькопирита, борнита. Поздний халькопирит разъедает энаргит.

Текстура и микротекстура разъедания между двумя минеральными агрегатами определяются коррозионными границами: например, в медных рудах ранний минеральный агрегат—рудовмещающая порода или жильный кварц—корродируется поздним сульфидным агрегатом (рис. 44).

Реликтовая текстура и микротекстура широко развиты в медных рудах. Наблюдаются реликты породообразующих минералов в кварце, сульфидах, дикките, карбонатах и гипсе. Реликты жильного кварца развиты в сульфидах, реликты сульфидов—в карбонатах и ангидрите. Реликты минеральных агрегатов имеют неправильную форму и зазубренные границы.

Колломорфная текстура метасоматического замещения свойственна сульфидным агрегатам, образовавшимся при замещении раннего жильного кварца или вмещающей породы.

Идиоморфнометазернистая и порфирометазернистая структуры широко развиты в мономинеральных аг-

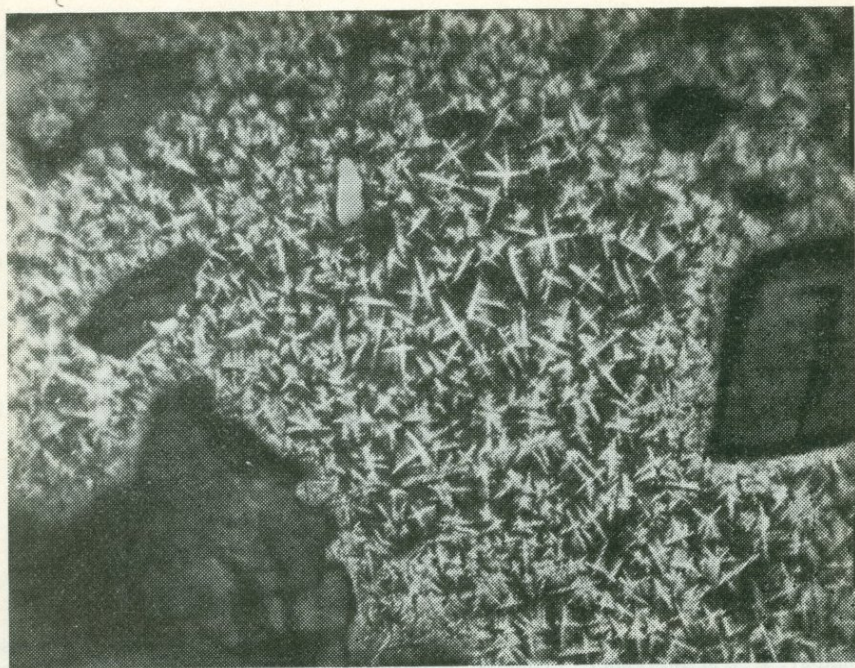


Рис. 45. Скелетная структура алтаита (протравлен в HNO_3 конц.): кальцит (темно-серое). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320

регатах пирита и энаргита. В метакристаллах пирита содержатся реликты нерудных минералов и рутила; в метакристаллах энаргита — реликты кварца, пирита.

Аллотриоморфно-метазернистая структура характерна для мономинеральных агрегатов сульфидов, кварца, кальцита, ангидрита, гипса.

Скелетная структура развита в мономинеральных агрегатах алтаита (рис. 45).

Скрытокристаллическая структура встречается в некоторых колломорфных агрегатах пирита и хлорита.

III. Текстуры и структуры, образовавшиеся в процессе диагенеза и метаморфизма медноколчеданных руд. К этой генетической группе относятся текстуры: трещиноватая, брекчиевая, линзовидно-ориентированная. В процессе диагенеза и динамометаморфизма руд в минеральных агрегатах формируются кристаллобластические, метаколлоидные и катакlastические структуры.

Трещиноватая текстура выражена в рудах и породах трещинами различного направления и размера, сопровождаемыми зеркалами скольжения. Трещиноватость в минералах развивалась при многократных тектонических подвижках (дорудных, внутрирудных и послерудных). Главная масса трещин расположена по зальбандам кварцевых и сульфидных прожилков. Очень

сильно разбиты трещинами кварц I, халькопирит III и V, пирит I и III, сфалерит IV, кальцит III.

Брекчиевая текстура наблюдается в зонах пострудного дробления, в агрегатах жильного кварца, сульфидов, карбонатов, сложенных угловатыми обломками различного размера, сцементированными тонкораздробленной массой.

Линзовидно-ориентированная текстура очень редко наблюдается в карбонатных и ангидритовых агрегатах, локализованных в зонах крупных разрывов.

Кристаллобластические структуры развиты почти во всех мономинеральных агрегатах рудообразующих минералов.

В рудах встречены следующие морфологические виды структур: метаколлоидные, гранобластическая, идиобластическая, структуры распада твердых растворов.

Метаколлоидные структуры возникают при раскристаллизации телуровых масс. Обычно они развиты в сульфидных агрегатах (скопления пирита IV, агрегата халькопирита IV и теннантита I, халькопирита IV и сфалерита III), редко — в кварцевых агрегатах; широко распространены разновидности структур: радиально-лучистая и волокнистая.

Гранобластическая структура характерна для агрегатов перекристаллизованного колломорфного пирита IV, кварца, халькопирита, борнита, теннантита, сфалерита.

Идиобластическая структура наблюдалась в агрегатах перекристаллизованного пирита, кварца.

Структуры распада твердых растворов в медноколчеданных рудах образуются при диагенезе минералов — твердых растворов. К структурам этой группы относятся эмульсионная и пластинчатая.

Эмульсионная структура распада наблюдалась в сростаниях сфалерит+халькопирит и борнит+халькопирит.

Пластинчатая и решетчатая структуры распада характерны для сростаний борнит+халькопирит, дигенит+халькопирит.

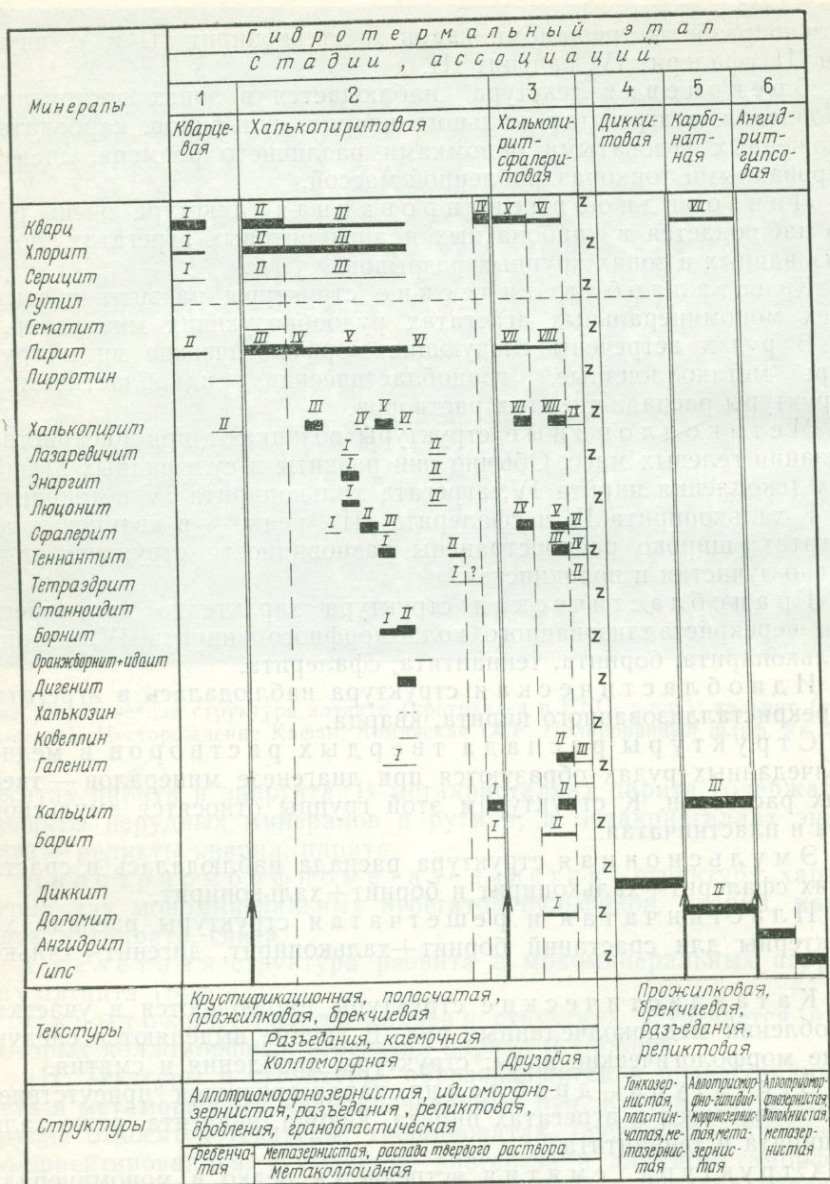
Катакластические структуры наблюдаются в участках дробления медноколчеданных руд. В группе выделяются следующие морфологические виды: структуры дробления и смятия.

Структура дробления характеризуется присутствием обломков зерен в агрегатах пирита, кварца, энаргита, реже халькопирита и теннантита.

Структура смятия встречается редко в мономинеральных агрегатах халькопирита и сфалерита. Признаки смятия — изогнутые трещинки спайности и двойниковые швы, возникновение двойников давления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения состава и закономерностей распределения минеральных агрегатов, а также структур и текстур в медных рудах были выделены гипогенные минеральные ассоциации и па-



■ 1 ■ 2 ■ 3 — 4 — 5 ↑ 6 | 7 | z | 8

Рис. 46. Схема последовательности минералообразования в сульфидных рудах месторождения Кафан, Армянская ССР. Составитель Е. Л. Афанасьев, 1973.

Количество минерала в ассоциации (в %): 1 — >30, 2 — 5–30, 3 — 1–5, 4 — <1; 5 — минералы, образующие включения распада твердого раствора; 6 — тектонические перерывы; 7 — внутростадийные подвижки; 8 — дайки габбро-диабазов

М и н е р а л ы	Фациальные минеральные ассоциации и стадии				
	1	2	3	4	5
	Пирит-халькопиритовая	Пирит-теннантит-халькопиритовая	Пирит-дигенит-борнитовая	Пирит-энаргитовая	Пирит-сфалеритовая
Кварц	III	III	III	III	III
Хлорит	III	III	III	III	III
Серицит	III	III	III	III	III
Пирит	IV V VI	IV V	IV V	IV V VI	IV V VI
Марказит					
Халькопирит	III	IV V	IV V VI	V	IV V
Лазаревичит		I II	I II	I	I
Энаргит		I II	I II	I II	II
Люцит		I II	I II	I	
Сфалерит	I	II	II		I II
Теннантит	II	I II	I II		I II
Тетраздрит	II ?				
Борнит		I	I II	I	I
Оранжеборнит + идаит					
Дигенит					
Халькозин					
Ковеллин					
Галенит			I		I
Серебро					
Золото					
Рецбаниит					
Тетрадимит					
Гессит					
Теллурид висмута					
Геохимическая характеристика	Cu, Fe, S, Si, Al, Mg, Zn, As, Sb, Se, Te, Bi, Pb, Ag	Cu, Fe, S, As, Si, Zn, Pb, Sb, Se, Te, Bi, Ag, Al, Mg	Cu, Fe, S, As, Si, Zn, Pb, Sb, Ge, Ag, Au, Bi, Se, Te, Al, Mg	Cu, Fe, S, As, Si, Sb, Ge, Sn, V, Ag, Bi, Pb, Zn	Zn, Fe, Cu, Pb, S, As, Cd, Mn, Ge, Ca, Au, Ag, Bi, Sb, Si, Al, Ba
Текстуры	Крустификационная, прожилковая, брекчиевая, разъедания, метакolloидная				
Структуры	Зернистая, метазернистая, разъедания, дробления, распада твердого раствора				

1 2 3 4 5

Рис. 47. Схема последовательности минералообразования в фациальных ассоциациях сульфидных руд месторождения Кафан, Армянская ССР. Составитель Е. Л. Афанасьева, 1973.

Количество минерала в ассоциации (в %): 1 — >30, 2 — 5—30, 3 — 1—5, 4 — <1; 5 — минералы, образующие включения распада твердого раствора. Римские цифры над полосками минералов — генерации минералов

рагенезисы (рис. 46, 47). На рис. 47 показана стадийность гипогенной минерализации в штоковке и жилах. Минеральные ассоциации дорудного гидротермального изменения — пропилитов и вторичных кварцитов — не рассматриваются. Во второй и третьей стадиях перечислены главные фациальные сульфидные ассоциации, чтобы подчеркнуть особенности их минерального состава и сходную последовательность минералообразования. В сульфидных рудах месторождения Кафан выделены парагенетические минеральные ассоциации. Характерная кварцевая минеральная ассоциация (кварц составляет 90—100%) слагает безрудные ранние кварцевые жилы участка Куртамяк и частично наблюдаются ее реликты в рудных жилах.

В медных рудных жилах и штоковке Центрального участка развиты фациальные минеральные ассоциации: пирит-халькопиритовая, пирит-теннантит-халькопиритовая, пирит-дигенит-борнитовая, пирит-энаргитовая, пирит-сфалеритовая, первая ассоциация теллуридов, кварц-кальцитовая. В распределении этих ассоциаций прослежена фациальная зональность отложения: вверх по восстанию рудных тел пирит-халькопиритовая ассоциация сменяется пирит-теннантит-халькопиритовой и выше пирит-энаргитовой и пирит-сфалеритовой (см. рис. 47).

В полиметаллических жилах участка Шаумян в халькопирит-сфалеритовой характерной минеральной ассоциации (стадия 3) развиты парагенетические ассоциации: халькопирит-сфалеритовая, кальцит-теннантит-халькопирит-галенитовая, вторая ассоциация теллуридов. Фациальная зональность здесь выражена менее четко: по восстанию изменяется количественное соотношение минералов и парагенезисов. Безрудные минеральные ассоциации — диккитовая, карбонатная, ангидрит-гипсовая — обычно локализованы в зонах крупных разрывов.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ, ОПРОБОВАНИЯ И ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ

Технология переработки руды при обогащении или при металлургическом процессе может быть совершенно различной в зависимости от состава и строения.

При технологической оценке качества руды детально изучаются следующие ее особенности: вещественный состав (минеральный и химический), количество рудообразующих минералов и строение руды. Наряду с изучением минерального состава и строения руды проводятся химические, полярографические, пробирные и спектральные анализы руды, концентратов и отдельных минералов с целью определения количества главных компонентов, полезных и вредных примесей. Иногда необходимы точные данные о составе каждого минерала (например, в полиметаллических рудах сфалерит с высоким содержанием железа труднее поддается обогащению, чем безжелезистый, поэтому особенно важно знать, заключено железо в самом сфалерите или в пирротине, магнетите и т. д.).

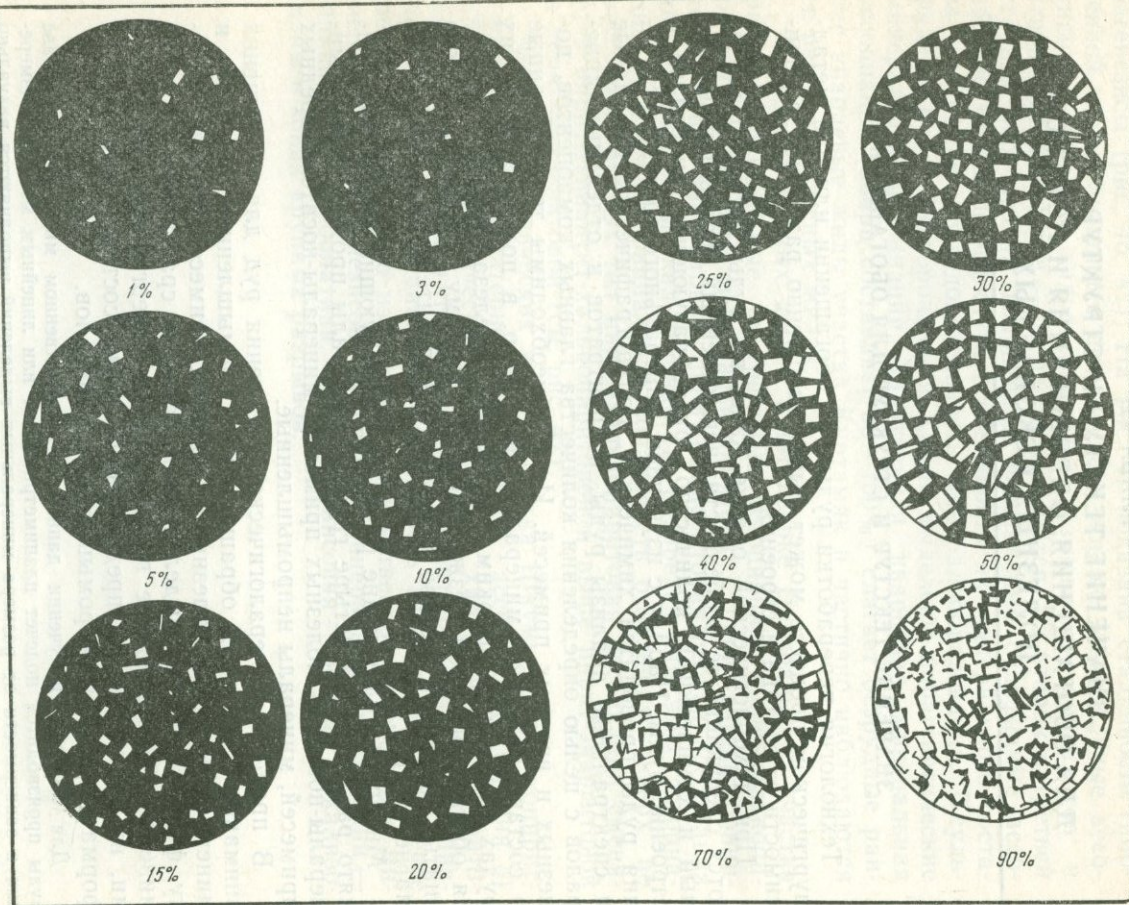
Минералы, слагающие руду (рудообразующие минералы), принято разделять на четыре группы: минералы промышленные, минералы-носители полезных примесей, минералы-носители вредных примесей, минералы непромышленные.

В процессе минералогического изучения руд для обогащения внимание в основном обращается на промышленные минералы и минералы-носители полезных и вредных примесей, их диагностику, форму и размер выделений, особенности сростаний с другими минералами, замещение гипогенными и гипергенными минералами, их количество. Определяются также состав, количество и форма выделений непромышленных минералов.

Для быстрого получения данных о количественном минеральном составе руды производится подсчет планиметрическим или линейным методом. Измерения в зависимости от размера минеральных выделений выполняются визуально в образцах с точностью до $\pm 5\%$ и под микроскопом в шлифах с точностью до 1%.

Планиметрическим методом в пришлифованном образце или шлифе измеряют площади, приходящиеся на долю каждого минерала в отдельности. Измерение производится с помощью квадратной сетки. Если в руде минералы распределены неравномерно, то измерению подвергается вся площадь образца (шлифа). Если минералы распределены более или менее равномерно, то в шлифе (образце) выбирают для изучения небольшое квадратное поле. Для измерений под микроскопом применяют окуляр Гюйгенса с сеткой; для макроскопических подсчетов в образце одна из гладких сторон покрывается сеткой (цветным карандашом или тушью), размер клеток которой 5—10 мм.

Рис. 48. Набор стандартных кружков для сравнительного визуального определения количества минералов в полированном шлифе. Процентное содержание белых включений на черном фоне показывает цифра у каждой фигуры. По С. А. Вахромееву, 1950



Линейный метод основан на том, что отношение площадей, занимаемых сечениями минералов в плоскости шлифа (образца), приравнивается к отношению длины линий, пересекающих эти сечения. Для проведения подсчетов этим методом пользуются окуляром Гюйгенса со шкалой и другими приборами. Подсчет в образце или шлифе производится по параллельным линиям, которые прочеркиваются на расстоянии друг от друга, равном среднему поперечнику минерального выделения (линии намечаются красной или черной тушью).

Метод сравнения предложил С. А. Вахромеев (1950). При подсчете этим методом относительное количество минералов в полированном шлифе определяется визуальным сравнением с эталонными кружками, на черном фоне которых количество белых включений выражено в процентах (рис. 48). Сравнивая, находят подходящий эталон и таким образом устанавливают количество минералов в шлифе. Среднее содержание минералов в шлифе определяется по результатам сравнения с эталонами всей площади шлифа. Рассматриваемый метод может быть полезен для начинающих исследователей, которые обычно завышают величину содержания минералов в руде, особенно когда это содержание низкое (1—5%).

При дроблении руды большое значение имеют физические свойства рудообразующих минералов (твердость, хрупкость, пористость, трещиноватость, пластичность и ковкость). Для флотации особенно важное значение имеет смачиваемость. Так, твердые нерудные минералы (кварц) при срастании с мягкими рудными минералами (молибденит, халькопирит) способствуют переизмельчению ценных минералов и их потере. Волокнистые и пластинчатые нерудные минералы (биотит, серицит, тальк, мусковит, гидрослюда, хлорит), тесно прорастающие с рудными минералами, отделяются с трудом при флотации. Глинистые минералы (каолинит, диксит, монтмориллонит и др.) замедляют процесс флотации сульфидов, поэтому значительно снижается флотируемость каолинизированных и хлоритизированных перетертых и раздробленных сульфидных руд из тектонических зон. Наличие халькозина в рудах исключает цианидное выщелачивание благородных металлов и т. д.

При качественной характеристике руды тщательно изучают взаимные срастания рудных и жильных минералов, форму и размер выделений рудообразующих минералов. По форме минеральные выделения подразделяются на следующие группы: изометричные, неправильной формы, удлиненные (игольчатые, прожилкообразные, решетчатые, нитевидные, линзовидные) и пластинчатые (таблитчатые, чешуйчатые). Из них наиболее благоприятными для флотации считаются изометричные выделения.

Большую роль при разделении минералов играют границы их срастаний. Прямые границы между минералами способствуют более полному их разделению, границы зазубренные затрудняют высвобождение минералов. Пористость и трещиноватость минералов имеют большое значение для процесса измельчения, для проникновения растворов при флотации или выщелачивании. Для определения минимальной величины необходимого измельчения руды очень важно знать величину выделений промышленных минералов, минералов-носителей полезных и вредных примесей. Это могут быть включения, зерна или мономинеральные агрегаты. Размеры выделений устанавливаются на основе большого числа

Классификация минеральных выделений (зерен и мономинеральных агрегатов)
для технологической оценки руд

Величина выделений	Преобладающий размер выделений, мм	Условия наблюдения и измерения	Технология извлечения рудных выделений данного размера
Весьма крупные	От 200 до 20	Отчетливо наблюдаются невооруженным глазом.	Рудоразборка. Отчасти сухая магнитная сепарация, для глинистых руд — промывка
Крупные	От 20 до 2	Размеры определяются непосредственным измерением	Отсадка. Обогащение в тяжелых средах. Иногда сухая и мокрая магнитная сепарация. Отчасти гидрометаллургическое извлечение путем перколяционного выщелачивания
Мелкие	От 2 до 0,2	Наблюдаются невооруженным глазом. Размеры определяются непосредственным измерением и отчасти под лупой	Концентрация на столах (песковых и шламовых). Иногда мокрая магнитная сепарация. При гидрометаллургическом извлечении — перколяционное или агитационное выщелачивание и другие методы
Тонкие	От 0,2 до 0,02	Различимы при помощи лупы или микроскопа. Размеры определяются под микроскопом	Флотация. В редких случаях частичная концентрация на специальных шламовых столах. Иногда статическое отмучивание; при гидрометаллургическом извлечении — агитационное выщелачивание
Весьма тонкие (эмульсионные)	От 0,02 до 0,002	Наблюдаются и измеряются только под микроскопом	Статическое отмучивание. В редких случаях флотация или гидрометаллургическое извлечение
Субмикроскопические	От 0,002 до 0,0002	В микроскопе могут наблюдаться только при самых сильных увеличениях. Измеряются специальными методами	Не извлекаются методами механического обогащения. Обычно перерабатываются совместно с компонентами вмещающей породы. Раздельное извлечение требует разработки специальных методов
Коллоидно-дисперсные	>0,0002	Неразличимы в обыкновенном микроскопе даже при самых сильных увеличениях, требуют специальных методов наблюдения и измерения (электронный микроскоп и др.)	

Примечание. Таблица составлена по данным В. А. Глазковского и В. В. Доливо-Добровольского.

Цена деления окуляр-микрометра

Тип объектива	Увеличение	Цена деления, мм
Ахроматический, сухой	4,7	0,0357
То же	9	0,011819
» », масляная иммерсия	11	0,0148
» », сухой	21	0,0075
» », масляная иммерсия	30	0,0055
» », сухой	40	0,00416

наблюдений. В. А. Глазковский и В. В. Доливо-Добровольский [10] предложили общую для всех полезных ископаемых классификацию размеров минеральных выделений (табл. 19). Как видно из таблицы, руды в зависимости от размеров минеральных выделений подвергаются различной технологической обработке.

Главнейшие методы измерения размеров минеральных выделений — визуальный и микроскопический. Если минеральные выделения наблюдаются невооруженным глазом, то их размеры определяются непосредственным измерением. Если минеральные выделения различаются с помощью лупы или микроскопа, то их размеры определяются под микроскопом. Наиболее простым прибором для измерения микроскопических выделений является окуляр-микрометр или окуляр с линейкой, в фокальную плоскость которого вставлена стеклянная пластинка со шкалой в сто делений¹. При определении размера выделений верхнюю линзу окуляра устанавливают на ясную видимость. Затем определяют, какое число делений окуляра отвечает длине или ширине минерального выделения. Каждое деление шкалы окуляра соответствует при данном увеличении определенному числу долей миллиметра. В табл. 20 приведены сведения о цене деления шкалы окуляр-микрометра для разных увеличений (объектива и окуляра вместе).

Текстуры, структуры и внутреннее строение зерен имеют важное значение при качественной характеристике руд. В табл. 21, 22 перечислены главнейшие текстуры и структуры, благоприятные или неблагоприятные при обогащении руд. Благоприятными текстурами и структурами в любом типе руды называются такие формы срастания минералов, которые обуславливают максимальное извлечение ценного компонента при обогащении. Неблагоприятными текстурами и структурами называются формы срастания минералов, при которых неизбежны в большом количестве потери ценного компонента или его совсем невозможно отделить.

Как известно, руды с однородными текстурами (массивная и др.) не требуют предварительного обогащения при условии, если

¹ В микроскопе МИН-9 для этих целей применяется окуляр Гюйгенса с ув. 7.

Текстуры и структуры, благоприятные для обогащения

Текстуры			Структуры				
Морфогенетические группы	Морфологические виды	Примечание	Морфогенетические группы	Морфологические виды	Внутреннее строение индивидуальных	Примечание	
Однородные	Массивная, порошковая	Руды с однородным строением обычно не требуют обогащения	Зернистые	Идиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, гиллидоморфнозернистая	Однородное	Руды равномернозернистые, крупные, средние, мелкозернистые, обогащаются с небольшим количеством потерь	
Пятнистые	Вкрапленная, пятнистая, нодулярная	Руды с неоднородным строением, с размерами мономинеральных выделений >2 мм обогащаются с небольшим количеством потерь	Метазернистые	Идиоморфнометазернистая, аллотриоморфнометазернистая, гиллидоморфнометазернистая			
Удлиненные	Полосчатая, гнейсовая, слоистая, линзовидная, сланцеватая, пльчатая, прожилковая		Собственно кристаллобластические	Идиоморфнобластическая, аллотриоморфнобластическая, гиллидоморфнобластическая			
Катакластические, кластические	Брекчиевая, конгломератовая						
Коллоидные, метаколлоидные	Оолитовая, конкреционная	Руды с мономинеральными агрегатами однородного строения легко поддаются механическому обогащению	Коллоидные	Гелевая, скрытокристаллическая	Однородное		

в них отсутствуют минералы — носители вредных примесей. Руды с неоднородным строением, для которых характерны пятнистые (вкрапленная, пятнистая и др.), удлиненные (полосчатая, прожилковая и др.), редко катакlastические (брекчиевая и др.) текстуры, обогащаются хорошо и тем лучше, чем прямолинейнее границы между минеральными агрегатами и чем крупнее мономинеральные выделения.

В практике обогащения по крупности выделений различают руды с тонкой вкрапленностью ценных минералов (менее 0,1 мм) мелковкрапленные (0,1—0,2 мм), крупновкрапленные (более 2 мм) и очень крупновкрапленные (более 20 мм).

Руды с коллоидными и метаколлоидными текстурами обогащаются с небольшими потерями в том случае, если промышленные минералы слагают крупные мономинеральные агрегаты однородным строением, которые легко освобождаются от непромышленных минералов. Так, например, оолиты, почки, конкреции, сложенные псиломеланом и пиролюзитом или гётитом и гидрогётитом, легко отделяются путем грохочения или промывки с отсадкой от рыхлого песчано-глинистого цемента. Хорошо отделяются от рыхлых пород крупные сталактиты и сталагмиты, конкреции малахита, церуссита, гётита.

По соотношению крупности зерен структуры минеральных агрегатов разделяются на равномерно- и неравномернозернистые. Благоприятными при обогащении являются равномернозернистые структуры и неблагоприятными — неравномернозернистые. Очень большое значение для переработки руды имеют колебание размеров зерен рудообразующих минералов и их средняя величина. Поэтому принято руды и минеральные агрегаты разделять по крупности зерен на пять групп: 1) крупнозернистые — с величиной зерен в диаметре более 2 мм; 2) среднезернистые — от 2 до 0,2 мм; 3) мелкозернистые — от 0,2 до 0,02 мм; 4) тонкозернистые — от 0,02 до 0,002 мм; 5) субмикроскопические и коллоидно-дисперсные — с величиной частиц менее 0,002 мм.

Хорошо разделяются минералы в крупно-, средне- и мелкозернистых агрегатах, для которых характерны зернистые, метазернистые, собственно кристаллобластические структуры. Морфологический вид структур в этих группах не имеет значения при обогащении руды. Однако концентраты, полученные при обогащении руд с метазернистыми структурами и неоднородным строением зерен, всегда будут загрязнены минералами, представленными в виде реликтов, сохранившихся при замещении. Тонкозернистые полиминеральные агрегаты обогащаются с большими потерями.

Коррозионные микротекстуры (например, графическая, реликтовая, каемочная, сетчатая и др.) и коррозионные структуры неблагоприятны для обогащения; они характеризуются тонкими прорастаниями минералов (каемки, микропрожилки, реликты и другие формы) и зубчатными границами между ними. Такие формы сростания обусловлены процессами коррозионного замещения глубинного или поверхностного генезиса. Принято выде-

Текстуры, микротекстуры и структуры

Текстуры, микротекстуры		
Морфогенетические группы	Морфологические виды	Примечание
Коллоидные, метаколлоидные	Колломорфная, оолитовая, почковидная, концентрически-слоистая	Руды с неоднородным строением, неоднородные по минеральному составу и по физическим свойствам, с размерами мономинеральных выделений $< 0,02$ мм, обогащаются с большим количеством потерь
Катакластические	Брекчиевая, брекчиевидная, трещиноватая	
Цементные	Цементная унаследованная	
Коррозионные	Реликтовая, каемочная, нитеобразная, сетчатая, графическая, эмульсивидная, разъедания	
Каркасные	Ячеистая, ящичная, пористая, кавернозная	

лять три типа руд: первичные, смешанные и окисленные, которые требуют различной технологии обогащения. Эти типы руд широко развиты в медноколчеданных, полиметаллических, медно-молибденовых, гематит-магнетитовых месторождениях; они всегда выделяются на погоризонтных планах и разрезах.

Коррозионные микротекстуры и структуры типичны для поздних парагенетических минеральных ассоциаций, в которые входят самородные металлы, теллуриды, селениды, висмутиды. Эти парагенезисы характерны для месторождений сульфидных руд, являются носителями ценных примесей — золота, серебра, висмута, теллура, селена, платины, платиноидов и др. Минералы парагенезиса слагают микровыделения, образующие нитеобразную, каемочную, эмульсивидную микротекстуры; часто приурочены к кварцу, развиваются по границам сульфидов и кварца, что обуславливает их переизмельчение и потери с рудной пылью в процессе добычи, дробления, измельчения или в хвостах флотации. Иногда ценные редкие минералы сосредоточены в каком-либо сульфиде и переходят в халькопиритовый концентрат.

При флотации полиминеральных руд с колломорфными, ооли-

неблагоприятные для обогащения

Структуры			
Морфогенетические группы	Морфологические виды	Внутреннее строение индивидов	Примечание
Коррозионные	Скелетная, реликтовая, разъедания	Неоднородное: трещинки спайности и двойников, трещинки дробления, трещинки усыхания, пористость, секториальное, двойниковое, зональное, пленки окисления. Твердые включения: ситообразное, пойкилитовое, эмульсионное, пластинчатое, решетчатое, пламенивидное	Руды полиминеральные, сложных сростаний, тонкозернистые, субмикроскопические и коллоидно-дисперсные, с размерами выделений промышленного минерала от 0,02 до 0,002 мм и менее, обогащаются с большим количеством потерь
Метазернистые	Идиоморфноаллотриоморфнометазернистая		
Коллоидные	Гелевая, скрытокристаллическая, концентрически-зональная, перлитовая		
Метаколлоидные	Радиально-лучистая, волокнистая		
Распада твердого раствора	Эмульсионная, пластинчатая, решетчатая, графическая, пламенивидная		
Катакластические	Смятия, раздробленная, расщепления		

товыми и почковидными текстурами и микротекстурами, с коллоидными и метаколлоидными структурами промышленные минералы извлекаются в концентрат с большими потерями или совсем не извлекаются. Обычно в таких рудах наблюдается тонкое срастание рудообразующих минералов друг с другом. Коллоидные минералы всегда содержат много примесей.

Обилие пор, септарий, радиальных и концентрических трещин способствует поверхностному окислению, как природному, так и промышленному, возникающему при складировании руды и в процессе обогащения. При флотации следует учитывать высокую адсорбционную способность коллоидных агрегатов в связи с большой неоднородностью их поверхности. Руды, представленные рыхлыми, землистыми или порошковатыми разностями, трудно обогащаются.

Катакластические текстуры и структуры неблагоприятны для обогащения. Текстуры сложены минеральными агрегатами в форме обломков руды, минералов или породы, структуры — обломками зерен. Обломки образуются при дроблении руд агентами метаморфизма или выветривания. Морфологическими видами тек-

стур являются трещиноватая, брекчиевая и др. Среди катакластических структур распространены следующие морфологические виды: раздробленная, гранокластическая, смятия. Такие текстуры и структуры широко развиты в зонах дробления и смятия.

Обилие разнообразных трещин способствует переизмельчению, образованию пленок окисления, что затрудняет процесс обогащения. Катакластические структуры в агрегатах неметаллических полезных ископаемых (пьезокварц, исландский шпат, оптический флюорит, драгоценные и поделочные камни и др.) значительно снижают их ценность или делают их непригодными к использованию в промышленности.

Метазернистые структуры неблагоприятны для обогащения вследствие неравномерной зернистости агрегатов и благодаря sitoобразному строению зерен. При переработке руд с метазернистыми структурами имеет место разубоживание концентратов за счет реликтов других минералов.

При обогащении совсем не разделяются минералы, образующие тонкозернистые сростания, как, например, структуры распада твердых растворов (эмульсионная, пластинчатая, решетчатая, графическая, субграфическая), структуры пойкилитовая, пойкилобластическая и др.

Структуры распада твердых растворов неблагоприятны для обогащения, так как представляют собой тонкозернистые сростания (тысячные доли миллиметра и менее). Закономерные сростания минералов в структурах распада характеризуются многочисленными границами раздела между тонкими выделениями минерала — продукта распада, и минералом-хозяином. Такие сростки активно флотируются вследствие повышенной адсорбционной способности границ раздела. Получается коллективный концентрат, в котором теряется и часто загрязняет, разубоживает его минерал — продукт распада, например в сфалеритовом концентрате остаются эмульсионные выделения халькопирита, в пирротине — пламенивидные выделения пентландита.

Неблагоприятно для обогащения неоднородное внутреннее строение минеральных зерен и коллоидных агрегатов: например, совершенная спайность минералов (галенит, пентландит), двойниковое строение (сфалерит, халькопирит и др.), зональность роста, концентрически-зональное строение, трещиноватость, пленки окисления, твердые включения в зернах, которые в виде эмульсионных включений, пластинок, реликтов загрязняют концентрат.

Спайность и трещиноватость, как и твердость, — характеристики дробления. Спайность представляет собой направление возможного растрескивания минерального выделения или зерна. Спайность может производить количественно самый разный эффект, что обычно обнаруживается в процессе предварительных испытаний руды на обогатимость. Наличие спайности, как и трещиноватости, указывает на возможность переизмельчения руды. По направлениям спайности и трещинкам может развиваться про-

мышленное окисление при складировании руды и обогащении.

Зональное строение зерен и концентрически-зональное строение коллоидного вещества неблагоприятны для обогащения, особенно для флотации. Зональное строение свидетельствует о физической и химической неоднородности минерального зерна. Двойники в зернах усложняют их флотацию, создавая неоднородность зерен, изменяя их поверхностные свойства.

Твердые включения в зернах (реликты, продукты распада твердого раствора, вроски замещения) неблагоприятны для обогащения, так как они обуславливают резко неоднородное строение зерен промышленных минералов. Получаются разубоженные концентраты (в случае включения реликтов непромышленных минералов) и коллективные концентраты (в случае включений ценных минералов).

Пористое строение зерен и коллоидных выделений обуславливает их неоднородность, увеличивает поверхностно-адсорбционные свойства, что способствует развитию пленок окисления. Пористость индивидов вызывает их хрупкость, в результате чего возникает опасность переизмельчения.

Пленки окисления легко возникают на поверхности зерен и коллоидных выделений в случае их неоднородного строения, при воздействии окислителей в ходе как поверхностных природных, так и промышленных процессов (при складировании руды, при флотации и т. д.). Пленки окисления могут образоваться в процессе измельчения. Они настолько тонки, что их мощность составляет доли микрона.

Развитие процессов окисления способствует образованию тонких пленок-покрытий на минералах, что приводит к изменению (большей частью ухудшению) их магнитных, флотационных и электрических свойств. Технология обогащения легкоокисляющихся руд должна регулярно контролироваться минералогическим и текстурно-структурным анализами.

Как видно из сказанного, при разработке технологических схем обогащения всегда должны учитываться различные типы минеральных сростаний в рудах, от которых зависят полнота извлечения промышленных минералов и качество обогащения.

Руды классифицируются по химико-минералогическому составу и текстурно-структурным особенностям. Например, в медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР автор выделяет три основных типа руд: 1) сульфидный прожилково-вкрапленный с содержанием окисленного молибдена менее 12%; 2) смешанный прожилково-вкрапленный с содержанием окисленного молибдена от 12 до 20%; 3) окисленный прожилково-вкрапленный с содержанием окисленного молибдена более 20% и содержанием окисленной меди, иногда доходящим до 80—90% [29].

В табл. 23 приведены данные минералогического анализа, характеризующие сульфидные руды в штокверковых медно-молибденовых месторождениях. Такие таблицы составляются при качественной характеристике руд любого месторождения и продуктов

Качественная характеристика медно-молибденовой руды

Тип руды	Рудообразующие минералы	Содержание минерала, %	Содержание основного компонента в руде, %	Примеси в руде		Форма выделений, %			Границы выделений, %	
				полезные	вредные	изометричная	удлиненная пластинчатая	неправильная	прямые	зазубренные
Сульфидный медно-молибденовый	<i>Промышленные минералы</i>									
	Молибденит	0,1—0,2	Mo 0,04—0,1	Re, Se	—	—	95	5	90	10
	Халькопирит	1—2	Cu 0,3—0,7	Se	—	—	60	40	20	80
	Борнит, теннантит, тетраэдрит, энаргит, халькозин, ковеллин	До 0,5	Cu 0,1—0,3	Te, Ge, Ag	As	15	40	45	20	80
	<i>Минералы-носители — полезных примесей</i>									
	Пирит	3,5	—	Se, Te	—	80	10	10	90	10
	Галенит, сфалерит	0,01—1	—	Ag	—	10	50	40	30	70
	Золото, серебро, аргентит	0,001—0,01	—	Ag, Au	—	—	20	80	—	100
	<i>Минералы-носители вредных примесей</i>									
	Висмутин, самородный висмут, виттихенит, эмплектит	0,01—0,1	—	—	Bi	—	60	40	10	90
	<i>Непромышленные минералы</i>									
	Полевые шпаты, кварц, биотит, карбонаты, мусковит, серицит, хлорит, каолинит, гипс, магнетит, гематит и др.	90—98	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Таблица составлена по данным изучения нескольких сотен штучков, анализов по одному месторождению.

их обогащения. В табл. 24 приведена качественная характеристика комплексных медных руд Кафанского месторождения для жильного и штокеркового типов оруденения. По данным детальных минералогических исследований приведены сведения для двух типов руд: медноколчеданного и медно-мышьякового.

В свинцово-цинковых месторождениях хребта Каратау С. А. Юшко [43] выделила следующие основные типы руд: сульфидно-вкрапленный, сульфидно-агрегативный, окисленный. В магматических месторождениях железа В. А. Глазковский [9] по главным рудообразующим минералам выделяет пять основных

по данным минералогического анализа

Размер выделений, мм; количество, %				Срастания руд, благо- приятные для обо- гащения		Срастания руд, неблаго- приятные для обогащения	
> 2	2-0,2	0,2-0,02	< 0,02	текстура	структура	текстура	структура
10	50	20	20				
10	40	30	20				
5	10	50	35				
20	60	20	—	Вкраплен- ная, про- жилковая, брекчиевая	Зернистая, ме- тазернистая, кристаллобла- стическая и катакластиче- ская (крупно-, средне- и мел- козернистая)	Реликтовая, графическая, субграфическая, брекчиевидная, прожилкообраз- ная, трещино- вая	Расщеплен- ная и алло- триоморф- нометазер- нистая (тонкозер- нистая), эмульсион- ная распа- да, раз- дробленная
30	30	30	10				
—	—	—	100				
—	—	80	20				
—	—	—	—				

шлифов и шлихов из шлама буровых скважин и по данным нескольких тысяч химических

типов руд: ильменит-магнетитовый; ильменит-мартит-магнетито-
вый: ильменит-гематит-мартитовый; магнетит-ильменитовый; бор-
нит-халькопирит-ильменит-магнетитовый. По текстурным и
структурным особенностям в каждом типе руды выделяются два
основных вида: руды массивные, или сплошные, и руды вкрап-
ленные.

На медно-никелевых месторождениях Восточной Сибири (Но-
рильск I, Талнах, Октябрьское и др.) детально изучены вещест-
венный состав и строение руд [1]. По Г. А. Митенкову, сульфид-
ные медно-никелевые руды подразделяются на три основные груп-

Качественная характеристика комплексных руд месторождения
Составитель

Тип руды	Рудообразующие минералы	Содержание минерала, %	Содержание основного компонента в руде, %	Полезные примеси в руде	Формы выделения, %		
					изометричная	удлиненная, пластинчатая	неправильная
Медноколчеданый	Жильный	<i>Промышленные минералы</i>					
		Халькопирит	60—80	Cu от 9—12 до 18	30	—	70
		Теннантит	0,01—0,1		—	—	100
		<i>Минералы-носители полезных примесей</i>					
		Пирит	20—30	Ge Bi	80	—	20
		Тетрадимит, рецбаниит, гессит, серебро	0,01—0,1		50	—	50
	Штокверковый	<i>Непромышленные минералы</i>					
		Кварц, хлорит, альбит, серицит	10—20				
		<i>Промышленные минералы</i>					
		Халькопирит	5—10	Cu от 1,8—2 до 4	Se	30	—
		Теннантит	0,0001		Te	—	70
		Пирит	1—3		Ag	80	—
Медно-мышьяковый	Штокверковый	<i>Непромышленные минералы</i>					
		Кварц, хлорит, альбит, серицит	80—90	Au			20
		<i>Промышленные минералы</i>					
		Халькопирит	5	Cu 0,7—1,45	Se	30	—
		Борнит	1		Te	30	—
		Дигенит	1	As > 1	Ag	30	—
		Энаргит	1		Au	—	60
		Теннантит	1		Ge	30	—
		Сфалерит	1		Bi	30	—
		<i>Минералы-носители полезных примесей</i>					
		Пирит	10			20	—
		Теллуrowисмутит, гессит, золото	<0,0001			—	80
		<i>Непромышленные минералы</i>					
		Кварц, диксит, серицит, хлорит, кальцит, альбит	80				100

Кафан Армянской ССР по данным минералогического анализа.

Е. Л. Афанасьева

Границы выделений, %		Размер выделений, мм; количество, %				Срастания руд, благоприятные для обогащения		Срастания руд, неблагоприятные для обогащения	
прямые	завзуренные					текстура	структура	текстура	структура
		> 2	2-0,2	0,2-0,02	< 0,02				
50	50	70	30	—	—	Массивная, брекчиевая, пятнистая, вкрапленная	Крупно-среднезернистая, метазернистая	Прожилкообразная, реликтовая, брекчиевидная, трещиноватая	Тонкозернистая (для теллуридов), раздробленная
50	50	—	—	—	100				
70	30	10	20	70	—				
20	80	—	—	80	20				
20	80		50	50	—	Прожилковая, пятнистая, вкрапленная, брекчиевидная	Средне-, мелкозернистая, метазернистая	Прожилкообразная, реликтовая, разведения, трещиноватая	Тонкозернистая, раздробленная
20	80		40	20					
20	80	—	—	60	40	Прожилковая, пятнистая, вкрапленная, брекчиевая	То же	Прожилкообразная, реликтовая, эмульсионная, разведения, трещиноватая	Тонкозернистая, эмульсионная, раздробленная
20	80	—	—	60	40				
20	80	—	—	60	40				
40	60	—	30	50	20				
20	80	—	—	20	80				
20	80	—	—	40	60				
20	80	—	40	40	20				
—	100	—	—	80	20				

пы: 1) сплошные руды в интрузии и ее экзоконтактах; 2) вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в интрузии; 3) вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в экзоконтактах рудоносных интрузий. К сплошным отнесены руды массивной и пятнистой текстур, содержащие более 70% сульфидов. Во вкрапленных и прожилково-вкрапленных рудах сульфиды присутствуют в виде вкрапленности и прожилок; содержание сульфидов изменяется от первых процентов до 10—15, иногда до 30—50%.

Среди сплошных руд выделяются пять минеральных типов: пирротиновый, кубанитовый, халькопиритовый, талнахитовый, халькозин-борнитовый. В пирротиновых рудах выделяются два минеральных подтипа: пентландит-халькопирит-пирротиновый и пентландит-кубанит-пирротиновый. Кубанитовые руды по минеральному составу делятся на такие два подтипа: пентландит-пирротин-кубанитовый и пентландит-халькопирит-пирротин-кубанитовый. Для руд халькопиритового и талнахитового типов устанавливаются четыре минеральных подтипа: пентландит-кубанит-халькопиритовый, пентландит-халькопиритовый, пентландит-кубанит-талнахитовый и пентландит-талнахитовый. Халькозин-борнитовые руды подразделяются на два основных подтипа: миллерит-халькопирит-борнитовый и хизлевудит-борнит-халькозиновый.

По минеральному составу среди вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд в интрузии выделяются четыре типа: пирротиновый, кубанитовый, халькопиритовый и борнит-халькозиновый. Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в породах экзоконтактов рудоносных интрузий разделяются на четыре основных типа: пирротиновый, халькопиритовый, борнитовый и пиритовый. В каждом типе, так же как и в сплошных рудах, выделяются минеральные подтипы по количественному соотношению рудных минералов.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ПРИ ОПРОБОВАНИИ И ПОИСКАХ

При опробовании полезных ископаемых применяются различные методы взятия проб: бороздовый, задиrkовый, валовый, шпуровой, точечный, метод вычерпывания, или горстевой. Из них наиболее широко применяется бороздовый метод. Дорогостоящие методы опробования — задиrkовый и валовый — применяются в исключительных случаях (как контрольные методы и при опробовании мусковитовых пегматитов). Простые и дешевые методы опробования — шпуровой, вычерпывания и точечный.

Одним из геологических факторов, влияющих на способ взятия проб, является строение руды. Текстурно-структурные особенности минерального сырья в одних случаях не влияют на методику взятия проб, в других имеют решающее значение. Однородные текстуры (массивная, равномерновкрапленная, порошковая и др.) позволяют вести отбор проб с достаточной точностью любым методом. Обычно при опробовании полезных ископаемых

с однородным сложением применяют простейшие и дешевые методы: бороздовый, шпуровой, вычерпывания и точечный. Пятнистые текстуры (вкрапленная, нодулярная и др.) позволяют опробовать полезное ископаемое простыми методами в том случае, если физические свойства рудообразующих минералов (твердость, хрупкость и др.) почти одинаковые, а структуры рудообразующих агрегатов равномерные. Если же рудные минералы низкой твердости или обладают повышенной хрупкостью или трещиноватостью и характеризуются тонкозернистыми или катакластическими структурами, то отбойка проб производится с особой осторожностью. Обычно в этих случаях применяется бороздовое опробование. Удлиненные текстуры (полосчатая, крустификационная, слоистая, псевдослоистая, линзовидная, сланцеватая, плейчатая, прожилковая и др.), характеризующие неравномерное строение рудной массы, требуют применения бороздового опробования. Для руд с прожилковыми и особенно с петельчатыми текстурами, сложенными рудообразующими минералами с резко отличными физическими свойствами (например, прожилки мягкого пластинчатого молибденита в крепком массивном гранодиорите или кварце), возможна систематическая ошибка положительного знака. Поэтому руды с такими текстурами требуют осторожности при отбойке бороздовых и задириковых проб. Методы шпуровой и вычерпывания применяются для опробования руд с удлиненными текстурами в тех случаях, если руда сложена рудообразующими минералами одинаковых или близких физических свойств.

Неблагоприятными текстурами при опробовании являются: катакластические и кластические, натечные, коррозионные и цементные. В рудах с такими типами минеральных сростаний простые методы опробования не применяются. Для таких руд надежными методами опробования считаются бороздовый, валовой и вычерпывания. При этом всегда имеют в виду физические свойства руды. При выборе метода опробования полезных ископаемых учитываются широко распространенные текстуры и структуры. Если неблагоприятные текстуры и структуры имеют незначительное развитие, то ими пренебрегают при опробовании.

При поисках медноколчеданных, полиметаллических, сидеритовых и других типов месторождений детально изучаются каркасные текстуры (пористая, ячеистая, ящичная) бурых железняков и других продуктов выветривания в зонах окисления месторождений. Определению и описанию этих текстур наряду с другими методами поисков придается большое значение, так как по морфологическому виду каркасных текстур можно установить состав первичных руд.

1. Атлас пород и руд норильских медно-никелевых месторождений/Д. А. Додин, Б. Н. Батуев, Г. А. Митенков, В. М. Изонто. М., Недра, 1971.
2. Атлас структур и тектур руд/С. И. Талдыкин, Н. Ф. Гончарик, Г. Н. Еникеева, Л. В. Розина. М., Госгеолтехиздат, 1954.
3. Атлас тектур и структур сульфидных медно-никелевых руд Кольского полуострова/Г. И. Горбунов, Ю. Н. Яковлев и др. М., Наука, 1973.
4. Афанасьева Е. Л. Парагенетические минеральные ассоциации и зональность их пространственного размещения в Кафанском медном месторождении. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1971, № 5, с. 74—90.
5. Афанасьева Е. Л., Исаенко М. П. Определитель гипергенных минералов окисленных сульфидных руд в отраженном свете. М., Недра, 1981.
6. Афанасьева Е. Л., Бержанская Л. М. О сидеронитовой структуре и текстуре. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 12, с. 153—156.
7. Бетехтин А. Г. Классификация структур и тектур руд. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1937, № 1, с. 49—76; № 2, с. 235—271.
8. Вахромеев С. А. Руководство по минераграфии. Изд. 2-е. Иркутск, 1956.
9. Глазковский В. А. Геолого-минералогические основы технологической оценки руд месторождений железа. М., Госгеолтехиздат, 1954.
10. Глазковский В. А., Доливо-Добровольский В. В. Оценка текстурных и структурных особенностей руд при изучении их обогатимости. М., Металлургиздат, 1946.
11. Григорьев И. Ф. Структуры минеральных сростаний в рудах. — Зап. Рос. минер. о-ва, 1928, ч. 57, вып. 1, с. 11—60.
12. Григорьев Д. П. Онтогенез минералов. Львов, Изд. Львовского ун-та, 1961.
13. Грицаенко Г. С., Рудницкая Е. С., Горшков А. И. Электронная микроскопия минералов. М., Изд-во АН СССР, 1961.
14. Данчев В. И. Текстуры и структуры урановых руд экзогенных месторождений. М., Атомиздат, 1977.
15. Дистанов Э. Г., Ковалев К. Р. Текстуры и структуры гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических руд Озерного месторождения. Новосибирск, Наука, 1975.
16. Исаенко М. П. Определитель тектур и структур руд. М., Недра, 1975.
17. Исаенко М. П., Боришанская С. С., Афанасьева Е. Л. Определитель главнейших минералов руд в отраженном свете. М., Недра, 1978.
18. Исаенко М. П., Афанасьева Е. Л., Шилкина Г. М. О коррозионных микротекстурах и структурах в рудах. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 8, с. 6.
19. Исаенко М. П., Афанасьева Е. Л., Боришанская С. С. Успехи в развитии учения о текстурах и структурах руд в СССР. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 11, с. 5.
20. Калганов М. И. Атлас тектур и структур железистых кварцитов и богатых железных руд Курской магнитной аномалии и некоторых других месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1955.
21. Калугин А. С. Атлас тектур и структур вулканогенно-осадочных железных руд Алтая. М., Недра, 1970.
22. Караян К. А. Текстуры и структуры руд эндогенных месторождений Зангезура. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1972.
23. Каюпова М. М. Минералогия железных и марганцевых руд Западного Атасу (Центральный Казахстан). Алма-Ата, Наука, 1974.
24. Костов И. Минералогия, М., Мир, 1971.
25. Кэмерон Ю. Н. Рудная микроскопия. М., Мир, 1966.
26. Лабораторные методы исследования минералов, руд и пород/Ю. С. Бо-

- родаев, Н. И. Еремин, Ю. П. Мельников, В. Н. Старостин. М., Изд-во МГУ, 1979.
27. Лазаренко Е. К. Основы генетической минералогии. Львов, Изд. Львовского ун-та, 1963.
 28. Минералы и парагенезисы минералов рудных месторождений. Под ред. П. М. Татаринова. Л., Наука, 1973.
 29. Мовсесян С. А., Исаенко М. П. Комплексные медно-молибденовые месторождения. М., Недра, 1974.
 30. Петровская Н. В. О понятии «парагенетическая минеральная ассоциация». — Геология рудных месторождений, 1967, № 2, с. 69—78.
 31. Петровская Н. В., Шадлун Т. Н. Типоморфизм парагенетических минеральных ассоциаций некоторых рудных формаций. — В кн.: Типоморфизм минералов и его практическое значение. М., 1972, с. 227—233.
 32. Рамдор Пауль. Рудные минералы и их сростания. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
 33. Скрипченко Н. С. Вулканогенно-осадочное рудообразование (на примере колчеданных месторождений Северного Кавказа). М., Недра, 1966.
 34. Скрипченко Н. С. Гидротермально-осадочные сульфидные руды базальтоидных формаций. М., Недра, 1972.
 35. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., Недра, 1976.
 36. Структурно-текстурные особенности эндогенных руд/А. Г. Бетехтин, А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлун. М., Недра, 1964.
 37. Текстуры и структуры руд/А. Г. Бетехтин, А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлун. М., Госгеолтехиздат, 1958.
 38. Типоморфизм минералов и его практическое значение. М., Недра, 1972.
 39. Чернышева Л. В., Смелянская Г. А., Зайцева Г. М. Типоморфизм магнетита и его использование при поисках и оценке рудных месторождений. М., Недра, 1981.
 40. Чухров Ф. В. Типоморфизм — важнейшая проблема современной минералогии. — В кн.: Типоморфизм минералов. М., Наука, 1969.
 41. Шахов Ф. Н. Текстуры руд. М., Изд-во АН СССР, 1961.
 42. Юшко С. А. Минералогия свинцово-цинковых стратиформных месторождений Южного Казахстана. М., Недра, 1969.
 43. Юшко С. А. Методы лабораторного исследования руд. Изд. 4-е. М., Недра, 1971.
 44. Ярош П. Я. Диагенез и метаморфизм колчеданных руд на Урале. М., Наука, 1973.
 45. Bastin E. S. Interpretation of ore textures. Geol. Soc. Amer. Mem., 45, 1950.
 46. Edwards A. B. Textures of the ore minerals and their significance. Austral. Inst. min. and metallurgy. Melbourne, 1947.
 47. Freund H. (ed.). Applied Ore Microscopy. Theory and Technique. Macmillan, New York, 1966.
 48. Oelsner O. Atlas der wichtigsten mineralparagenesen im mikroskopischen bilb. Bergakademie freiberg. Freiberg. Fernstudium, 1961.
 49. Schwartz G. M. Classification and definitions of textures and mineral structures in ores. Econ. Geol., 46, No 6, 1951.

Таблица для определения главнейших

Морфогенетические группы и морфологические виды текстур			Генетические	
			Первичные	
			Отложение минерального	
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	I	II
			дифференциации магмы	седиментации и диagenеза осадка
Однородные	Неопределенная (в штуфе)	Массивная	Массивная	Массивная
Пятнистые	Вкрапленность	Вкрапленная,	Вкрапленная	Вкрапленная
	Пятна, гнезда Нодули	Пятнистая Нодулярная	Пятнистая Нодулярная	Пятнистая
Удлиненные	Полоски	Полосчатая Крустификационная Колломорфно-полосчатая Слоистая	Полосчатая	Полосчатая
	Слой, прослой, пропласток	Слоистая	Псевдослоистая	Слоистая
	Линзы Сланцеватость	Линзовидная Сланцеватая	Линзовидная	Линзовидная
	Прожилки	Плющчатая Прожилковая	Прожилковая	Прожилковая
Друзовые и жеодовые	Корки Дендриты	Корковая Дендритовая		
	Друзы Секрции Жеоды	Друзовая Секреционная Жеодовая		
Коллоидные и метаколлоидные	Оолиты	Оолитовая		Оолитовая
	Почки Конкреции Фестоны Корки Сталактиты Сталагмиты	Почковидная Конкреционная Колломорфная Корковая Концентрически-слоистая Сталактитовая Сталагмитовая		Почковидная Конкреционная Колломорфная Концентрически-слоистая
	Порошок	Порошковатая		Порошковатая

текстур и структур руд

группы текстур		Вторичные текстур		
текстуры		Изменение минерального агрегата в процессе		
агрегата в процессе				
заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд	диагенеза и метаморфизма	выветривания	
	коррозионное, метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекристаллизация	дробление, выщелачивание
III	IV		I	II
Массивная	Массивная	Массивная	Массивная	
Вкрапленная	Вкрапленная	Вкрапленная	Вкрапленная, или очковая	
Пятнистая	Пятнистая	Пятнистая	Пятнистая	
Полосчатая	Полосчатая	Полосчатая	Гнейсовидно-полосчатая	
Крустификационная			Гнейсовидная	
Колломорфно-полосчатая		Слоистая	Колломорфно-полосчатая	
Линзовидная		Линзовидная	Линзовидная	
Прожилковая	Прожилкообразная	Сланцеватая	Сланцеватая	
Корковая	Корковая	Плойчатая	Плойчатая	
Дендритовая	Дендритовая	Прожилкообразная	Просечковая	
Друзовая	Друзовая		Друзовая	
Секреционная				
Жеодовая				
		Оолитовая	Метакolloидные	
			Оолитовая	
Почковидная	Почковидная	Почковидная	Почковидная	
Конкреционная	Конкреционная	Конкреционная	Конкреционная	
Колломорфная	Колломорфная	Колломорфная	Колломорфная	
Корковая		Концентрически-слоистая	Корковая	
Концентрически-слоистая			Концентрически-скорлуповатая	
Сталактитовая			Сталактитовая	
Сталагмитовая			Сталагмитовая	
Порошковатая				

Морфогенетические группы и морфологические виды текстур			Генетические		
			Первичные		
			Отложение минерального		
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка	
			I	II	
Катакластические, кластические и цементные	Трещины Обломки остроугольные Обломки округленные Обломки окатаные (валуны, галька, псевдооолиты) Порошок Цемент	Трещиноватая Брекчиевая Брекчиевидная Кокардовая Конгломератовая Псевдооолитовая Порошковатая Цементная	Брекчиевая Брекчиевидная	Брекчиевая Брекчиевидная Конгломератовая Псевдооолитовая Порошковатая Цементная	
Органогенные	Остатки организмов (фауны и флоры)	Органогенная		Органогенная	
Коррозионные	Скелеты Реликты-остатки Каемки Нитеобразные прожилки, сетка Решетка Выделения с извилистыми, округлыми очертаниями и зазубренными границами	Скелетная Зональная Реликтовая Каемочная Нитеобразная Петельчатая, или сетчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Эмульсивидная Разъедания			
Каркасные	Каркасы — системы перегородок и пустот	Пористая Ячеистая Ящичная			
Структуры минерального агрегата			Первичные Зернистые	Первичные Коллоидные	

группы текстур		Вторичные текстуры		
текстуры		Изменение минерального агрегата в процессе		
агрегата в процессе	метасоматического замещения пород и руд		диагенеза и метаморфизма	выветривания
	коррозионное, метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекристаллизация	дробление, выщелачивание
III	IV	I	II	
Брекчиевая		Брекчиевая	Трещиноватая Брекчиевая	Брекчиевая
Брекчиевидная		Брекчиевидная	Брекчиевидная	Брекчиевидная
Кокардовая				
Цементная		Цементная	Порошковая	Порошковая
		Органогенная		
	Скелетная	Зональная		
	Реликтовая			
	Каемочная			
	Нитеобразная			
	Петельчатая			
	Решетчатая			
	Графическая			
	Субграфическая			
	Эмульсивидная			
	Разъедания			
			Пористая	Пористая
			Ячеистая	Ячеистая
			Ящичная	Ящичная
			Кавернозная	Кавернозная
Первичные Зернистые	Первичные Метазернистые		Вторичные Катакластические	Вторичные Катакластические

			Генетические		
			Первичные		
			Отложение минерального		
Морфогенетические группы и морфологические виды текстур			дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка	
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	I	II	
Структуры минерального агрегата			Коррозионные Вторичные Распада твердого раствора	Кластические Зернистые Коррозионные Вторичные Метаколлоидные Катакластические Кристаллобластические	
			Генетические		
			Первичные		
			Отложение минерального зерна		
Морфогенетические группы и морфологические виды структур			дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка	
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	I	II	
	Идиоморфная, гипидиоморфная	Идиоморфно-зернистая Гребенчатая Радиально-лучистая	Идиоморфно-зернистая	Идиоморфно-зернистая	
Зернистые	Аллотриоморфная Сростки зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных и аллотриоморфных)	Аллотриоморфно-зернистая Гипидиоморфно-зернистая Сидеронитовая	Аллотриоморфно-зернистая Гипидиоморфно-зернистая Сидеронитовая	Аллотриоморфно-зернистая Гипидиоморфно-зернистая	

группы текстур				Вторичные текстур	
текстуры				Изменение минерального агрегата в процессе	
агрегата в процессе					
заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд		диагенеза и метаморфизма	выветривания	
	коррозионное, метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекристаллизация	дробление, выщелачивание	
III	IV		I	II	
Коррозионные Коллоидные Вторичные Метаколлоидные Распада твердого раствора Катакластические Кристаллобластические	Коррозионные Коллоидные Вторичные Метаколлоидные Распада твердого раствора Катакластические Кристаллобластические		Кристаллобластические Метаколлоидные Распада твердого раствора		
группы структур				Вторичные структуры	
структуры				Изменение минерального зерна и коллоидного вещества в процессе	
заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд		диагенеза и метаморфизма	выветривания	
	коррозионное; метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекристаллизация	дробление, выщелачивание	
III	IV		I	II	
Идиоморфно-зернистая Гребенчатая Радиально-лучистая Аллотриоморфно-зернистая Гипидиоморфно-зернистая					

Морфогенетические группы и морфологические виды структур			Генетические		
			Первичные		
			Отложение минерального зерна		
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка	
			I	II	
Коррозионные	Сростки зерен различной величины (крупных и мелких)	Порфиرويدная	Порфиرويدная	Порфиرويدная	
		Пойкилитовая	Пойкилитовая	Пойкилитовая	
Коррозионные	Скелетная Реликтовая Выделения с зазубренными границами	Скелетная Реликтовая Разъедания	Скелетная Реликтовая Разъедания	Скелетная Реликтовая Разъедания	
Метазернистые	Идиоморфная, гипидиоморфная	Идиоморфно-метазернистая			
	Скелетная Аллотриоморфная	Гребенчатая Радиально-лучистая Скелетная Аллотриоморфно-метазернистая			
	Сростки зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных и аллотриоморфных)	Гипидиоморфно-метазернистая		III	
Коллоидные	Сростки зерен различной величины (крупных и мелких)	Порфирометазернистая Пойкилометазернистая			
	Аморфная Скрытокристаллическая Концентрически-зональная Сферическая	Гелевая Скрытокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая, или перлитовая	Скрытокристаллическая	Гелевая Скрытокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	

группы структур			Вторичные структуры	
текстуры			Изменение минерального зерна и коллоидного вещества в процессе	
заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд		диагенеза и метаморфизма	выветривания
	коррозионное, метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекристаллизация	дробление, выщелачивание
III	I	IV	I	II
Порфировидная				
Пойкилитовая				
Скелетная Реликтовая Разъедания	Скелетная Реликтовая Разъедания	Скелетная Реликтовая Разъедания		
	Идиоморфно-метазернистая Гребенчатая Радиально-лучистая Скелетная Аллотриоморфно-метазернистая Гипидиоморфно-метазернистая	Идиоморфно-метазернистая Гребенчатая Радиально-лучистая Скелетная Аллотриоморфно-метазернистая Гипидиоморфно-метазернистая		
	Порфирометазернистая Пойкилометазернистая	Порфирометазернистая Пойкилометазернистая		
Гелевая Скрытокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Гелевая Скрытокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Гелевая Скрытокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Реликты коллоидных структур	

Морфогенетические группы и морфологические виды структур			Генетические	
			Первичные	
			Отложение минерального зерна	
			дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	I	II
	Идиоморфная, гипидиоморфная Скелетная	Идиоморфно-бластическая Скелетная		
Кристаллобластические	Собственно кристаллобластические	Аллотриоморфная, округлая Линзовидная, пластинчатая Сростки бластов различной степени идиоморфизма (идиоморфных и аллотриоморфных) Сростки бластов различной величины (крупных и мелких)	Гранобластическая Ориентированно-бластическая, пластинчатая Гипидиоморфно-бластическая Порфиробластическая Пойкилобластическая	
	Метаколлоидные	Лучистая Волокнистая Пластинчатая	Радиально-лучистая Волокнистая Пластинчатая	
	Распада твердых растворов	Эмульсионная Пластинки, линзочки, решетка Выделения с извилистыми очертаниями и ровными границами	Эмульсионная Пластинчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Пламенеvidная Петельчатая	

группы структур			Вторичные структуры	
структуры			Изменение минерального зерна и коллоидного вещества в процессе	
заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд		диагенеза и метаморфизма	выветривания
	коррозионное, метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекрысталлизация	дробление, выщелачивание
III	IV		I	II
			Идиоморфно-бластическая Гребенчатая Скелетная	
			Гранобластическая Ориентированно-бластическая Пластинчатая Гипидиоморфно-бластическая	
			Порфиробластическая Пойкилобластическая	
			Радиально-лучистая Волокнистая Пластинчатая	
			Эмульсионная Пластинчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Пламенеvidная Петельчатая	

Морфогенетические группы и морфологические виды структур			Генетические	
			Первичные	
			Отложение минерального зерна	
Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка
			I	II
Катакластические и кластические	Обломки остроугольные Обломки одинаковой величины Обломки разной величины Обломки параллельно-удлиненные Обломки сцементированные Изогнутые пластинки и трещинки спайности Зерна параллельно-удлиненные	Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Ориентированнокластическая Обломочная Смятия Расщепления Ориентированнозернистая	Обломочная	Обломочная
Внутреннее строение зерен	Однородное Зоны роста Двойники Фигуры смятия	Однородное Зональное Двойники роста Двойники превращения Двойники давления Фигуры смятия	Однородное Зональное Двойники роста	Однородное Зональное Двойники роста
	Твердые включения	Пойкилитовое Ситообразное Эмульсионное Пластинчатое Решетчатое	Пойкилитовое	Пойкилитовое
Генетические типы месторождений полезных ископаемых			Магматические, пегматиты, карбонаты	Осадочные

группы структур			Вторичные структуры	
структуры			Изменение минерального зерна и коллоидного вещества в процессе	
заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд		диагенеза и метаморфизма	выветривания
	коррозионное, метакристаллическое	унаследованное	дробление, смятие, перекристаллизация	дробление, выщелачивание
III	IV		I	II
Обломочная			Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Ориентированнокластическая Смятия Расщепления Ориентированнозернистая	Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Расщепления
Однородное Зональное Двойники роста	Однородное Зональное Двойники роста	Однородное Зональное Унаследованное Двойники унаследованные	Однородное Реликты Зональное Двойники превращения Двойники давления Фигуры смятия	Однородное
Пойкилитовое	Ситообразное	Ситообразное	Эмульсионное Пластинчатое Решетчатое	
Постмагматические (скарновые, гидротермальные), магматические, пегматиты, карбонаты, выветривания и метаморфогенные			Метаморфизованные	Выветривания (остаточные)

АТЛАС ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

Настоящий атлас является приложением к таблице-определителю текстур и структур руд (см. прил. 1). В атласе собраны иллюстрации характерных сростаний в рудах из различных генетических типов месторождений. Они могут быть использованы при сравнительном изучении руд из других месторождений.

Характерные фотографии и микрофотографии текстур и структур, помещенные в атласе, помогают исследователю путем сравнения правильно определять различные виды сростаний в изучаемых рудах.

В атласе приведены иллюстрации для большинства морфологических видов текстур и структур, а также иллюстрации формы и внутреннего строения минеральных зерен и агрегатов.

Текстуры

1. Текстуры однородные наблюдаются в рудах, сложенных одним минеральным агрегатом с равномерным расположением минералов. Из морфологических видов текстур в этой группе выделяются: массивная (рис. 1, 2) и порошковая.

2. Текстуры пятнистые соответствуют таким формам сростания минеральных агрегатов, как вкрапленность, пятна, гнезда и нодули. Минеральные агрегаты перечисленной формы расположены неравномерно в породе или руде. В этой группе выделяются четыре вида текстур: вкрапленная (рис. 3, 4), очковая, пятнистая (рис. 5) и нодулярная (рис. 6). Пятнистые текстуры наблюдаются во всех генетических группах месторождений, но наиболее широко они развиты в метасоматических месторождениях и жилах выполнения.

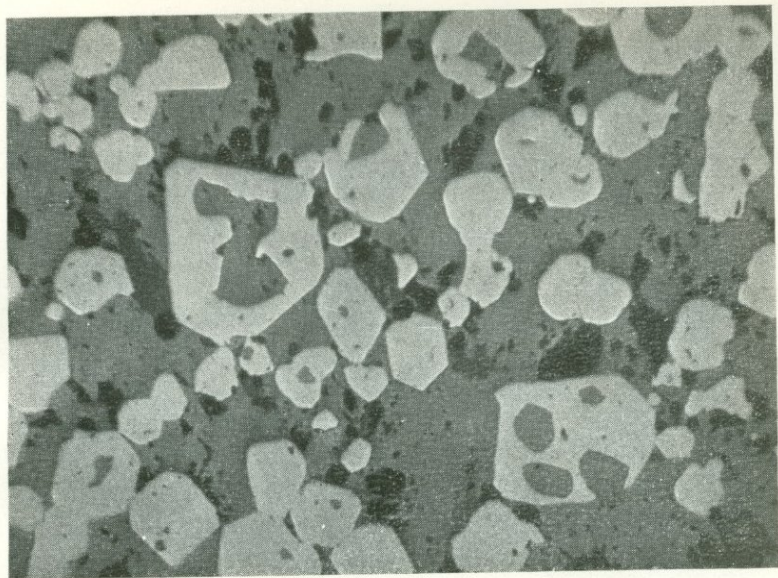


Рис. 1. Массивная текстура колчеданной руды. Зерна пирита (белое) равномерно распределены в массе сфалерита (серое). Месторождение Дегтярское, Урал. Полированный шлиф. Ув. 85

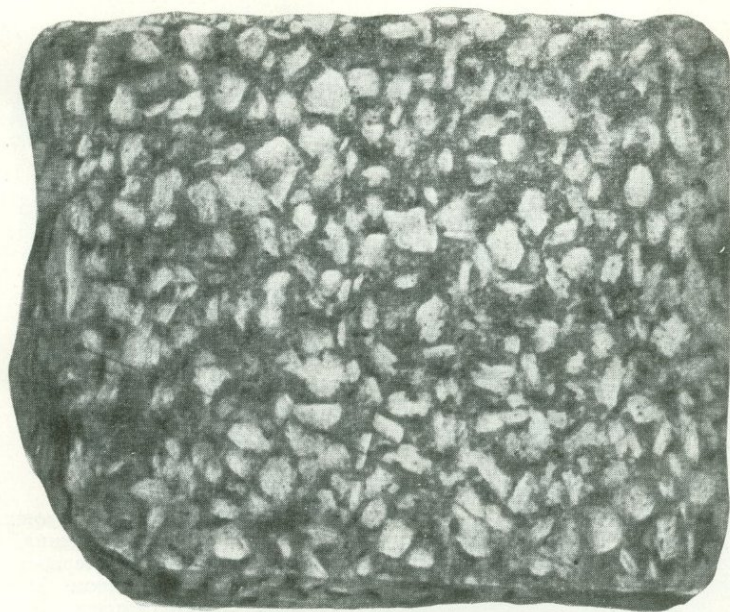


Рис. 2. Массивная текстура монцонита. Порода сложена каолинизированными и серицитизированными плагиоклазами (белое), анортоклазом и биотитом (темно-серое). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный штупф

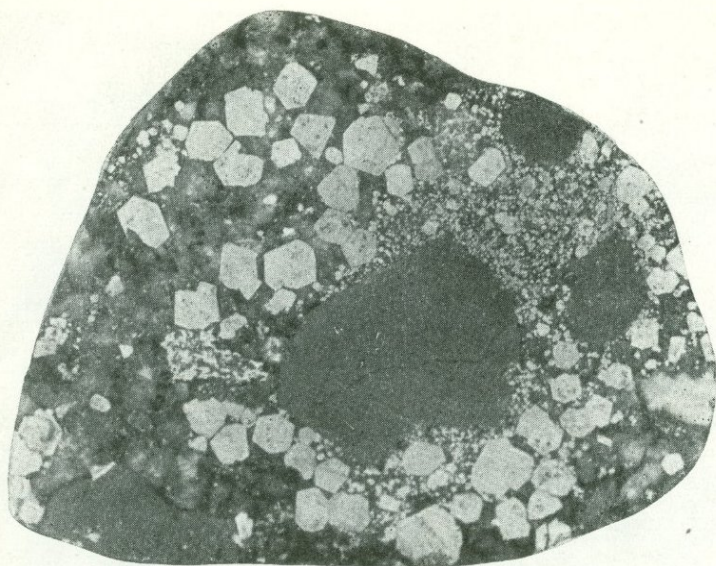


Рис. 3. Вкрапленная текстура замещения. Вкрапленность метакристаллов пирита (белое) в нерудных минералах (темно-серое, серое). Структура агрегата пирита идиоморфнометазернистая. Месторождение Акджальское, Средняя Азия. Полированный штуч

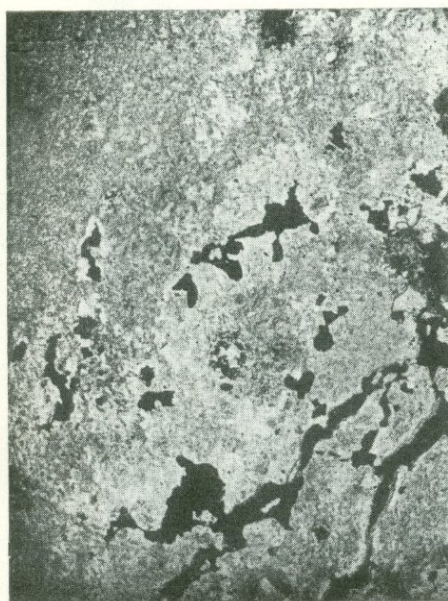


Рис. 4. Вкрапленная и прожилкообразная текстуры замещения. Выделения халькопирита (черное) развиты в слабо измененном монцитоне (серое). Месторождение Каджаран, Армянской ССР. Прозрачный шлиф с одним никелем. Ув. 20

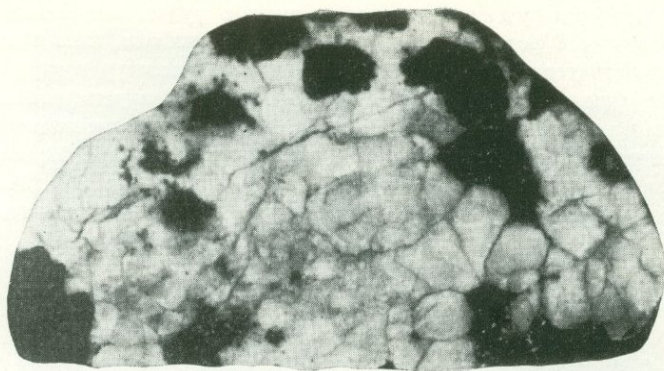


Рис. 5. Пятнистая текстура. Выделение сфалерита (черное) в кальците (белое, раздроблен.). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный штуф

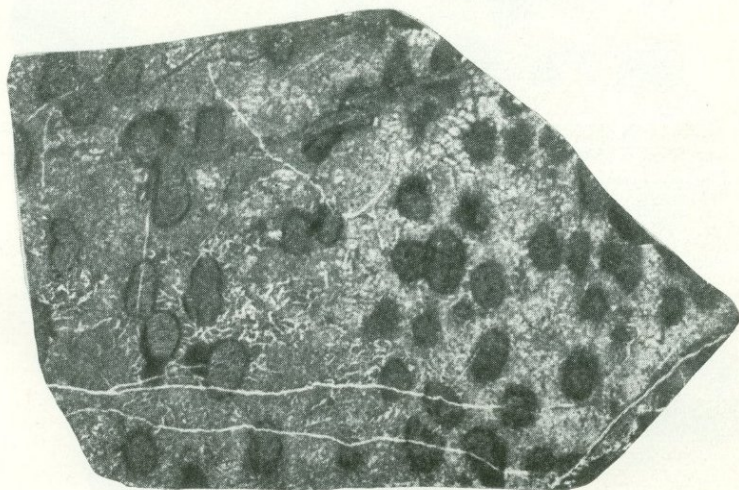


Рис. 6. Нодулярная текстура. Нодули хромита (темно-серое) в серпентините. Вокруг нодулей хромита развиты реакционные каемки хлорита (черное). Прожилки магнезита (белое). Месторождение Сарановское, Средний Урал. Полированный штуф

3. Текстуры удлиненные развиты в рудах, сложенных минеральными агрегатами в форме полосок, прослоек, прожилков, линз и плиток сланцеватости. Характерными морфологическими видами текстур в группе являются полосчатая (рис. 8—11), гнейсовидная (рис. 12, 13), крустификационная симметричная и несимметричная (рис. 16, 17), слоистая, псевдослоистая, линзовидная, сланцеватая, пльичатая (рис. 18), прожилковая (рис. 7, 19, 20), прожилковообразная (рис. 21, 22), корковая (рис. 23) и дендритовая (рис. 24). Удлиненные текстуры исключительно широко развиты в рудах всех генетических групп и часто определяют условия образования месторождений.

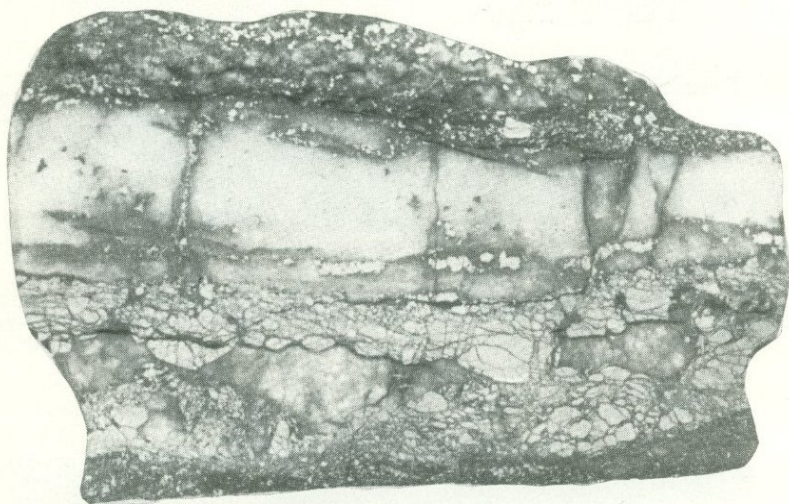


Рис. 7. Текстуры прожилковая и трещиноватая. Белое — жильный кварц; светло-серое — пирит; черное — участки дробления. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный штупф. Нат. вел.

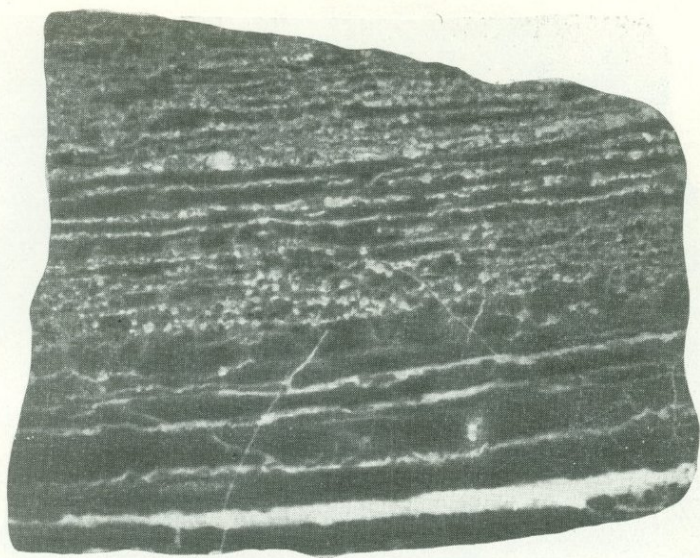


Рис. 8. Полосчатая текстура заполнения пустот. Вкрапленность в прожилки киновари, кварца и кальцита (серое, белое) развиваются по трещинкам сланцеватости в породе (черное). Месторождение Никитовка, Украинская ССР. Полированный штуф

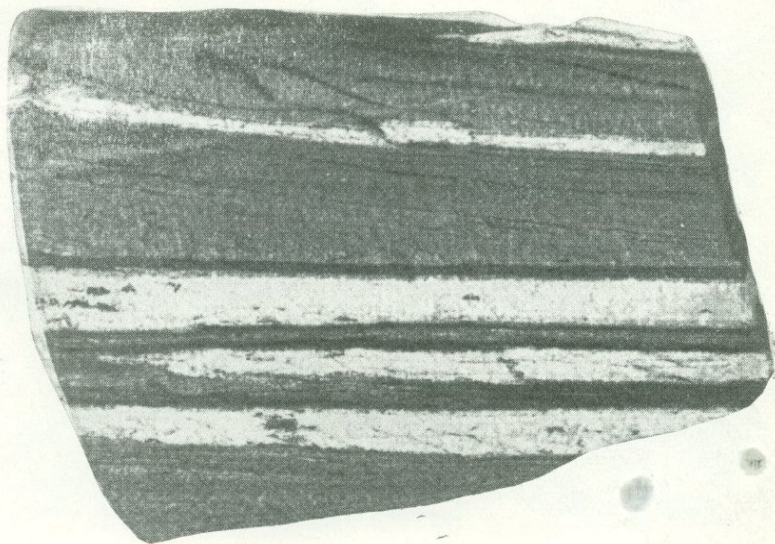


Рис. 9. Полосчатая текстура железистого кварцита. Яковлевское месторождение, КМА. Полированный штуф

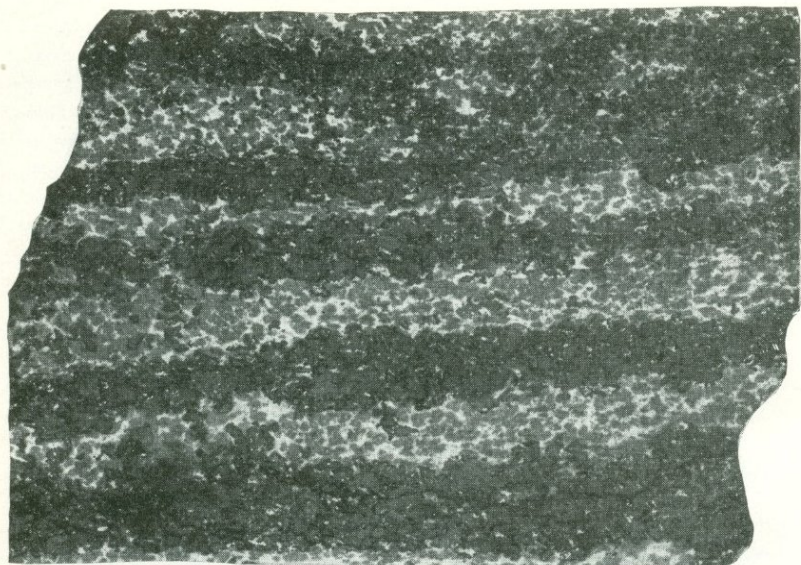


Рис. 10. Унаследованная полосчатая текстура. Гематит (черное) метасоматически замещает отдельные прослойки вулканогенной породы (серое, светло-серое). Чатахское месторождение. Полированный штупф. $\frac{3}{4}$ нат. вел.

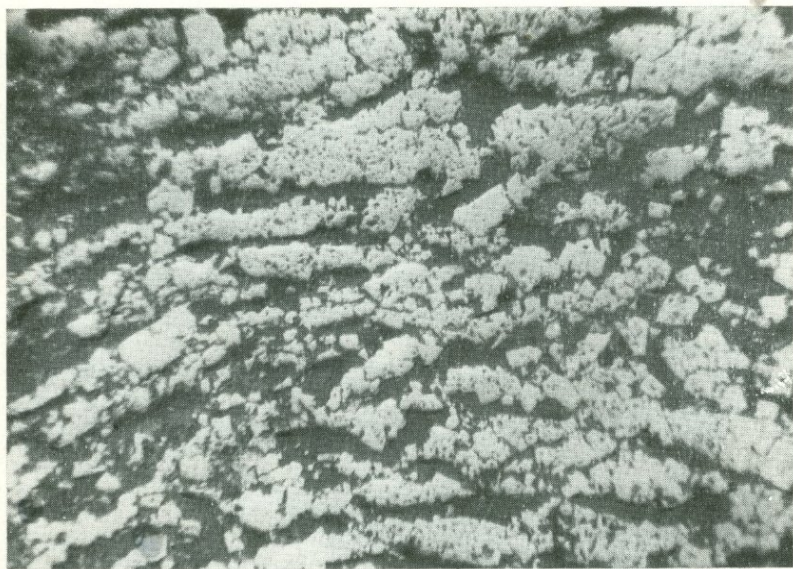


Рис. 11. Полосчатая микротекстура замещения. Пирит — белое; кальцит — темно-серое. Месторождение Катехское, Азербайджанская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

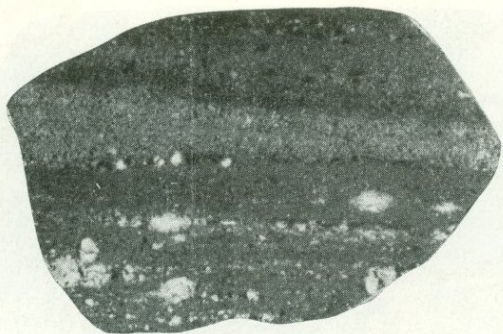


Рис. 12. Гнейсовидная и линзовидная текстуры медно-цинковой колчеданной руды. Пирит — белое; сфалерит — черное. Месторождение им. III Интернационала, Урал. Полированный штуф



Рис. 13. Гнейсовидная и линзовидная текстуры медно-цинковой руды. Чередование полосок и линзочек сфалерита (черное) и халькопирита (белое). По трещинкам в сфалерите развиты просечки халькопирита. Вверху линзочки кварца (серое). Месторождение Карпушиха, Урал. Полированный штуф

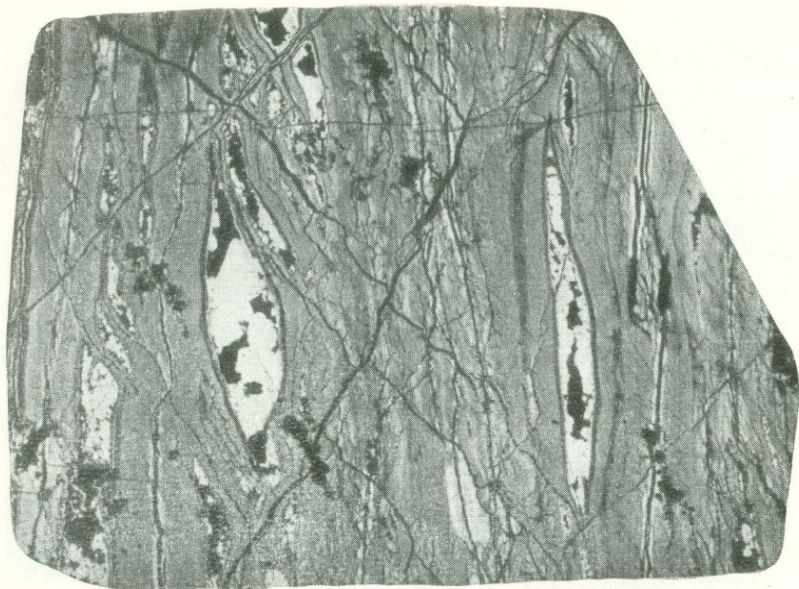


Рис. 14. Трещиноватая текстура. Линзовидные и прожилковидные выделения пирита (белое) и кварца (черное) в массе геля-пирита (светло-серое) пересечены трещинами (черное). Месторождение Гайское, Урал. Полированный штупф. Нат. вел.

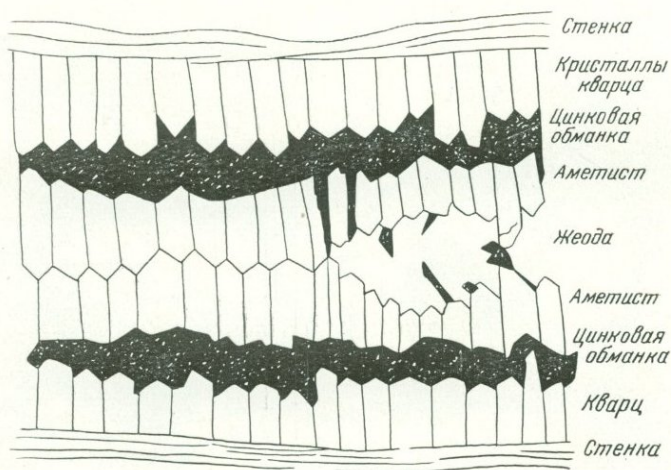


Рис. 15. Крустификационная (симметричная) текстура и гребенчатая структура. В центре жилы — железная полость

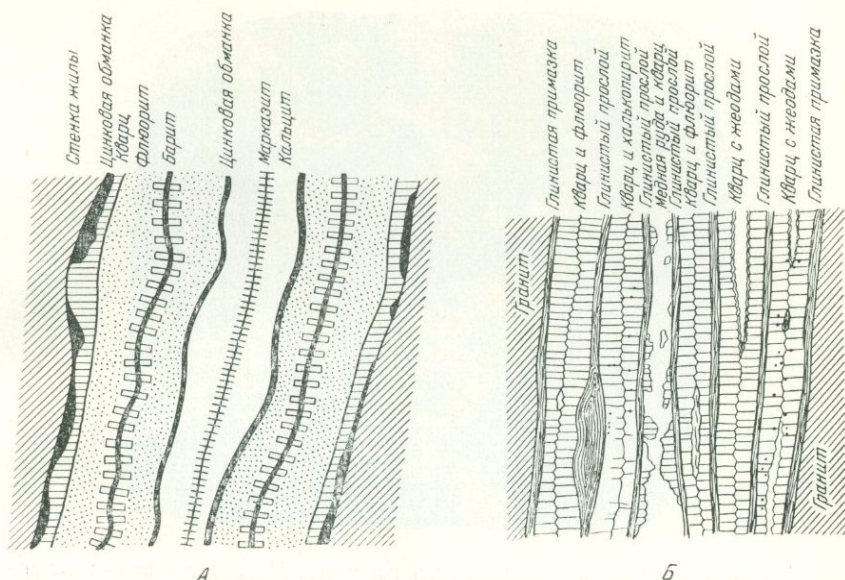


Рис. 16. Крустифицированные жилы: А — симметричная крустификация — Фрейберг, ГДР (по Виссенбаху); Б — несимметричная крустификация в оловянных жилах — Редрос, Корнуолл (по Филлипсу)



Рис. 17. Крустификационная текстура кварца и аметиста. Франция. Полированный штупф. По Ф. Н. Шахову, $\frac{4}{5}$ нат. вел.

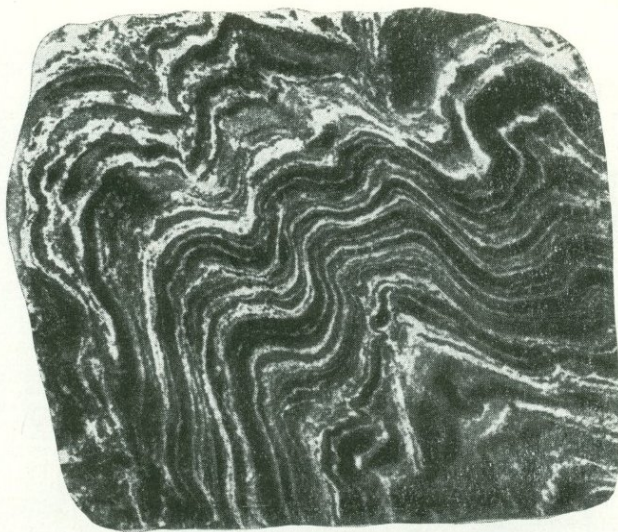


Рис. 18. Плойчатая текстура железистого кварцита. Магнетит — белое; кварц — черное. Погромецкое месторождение, КМА. Полированный штуф. $\frac{4}{5}$ нат. вел.

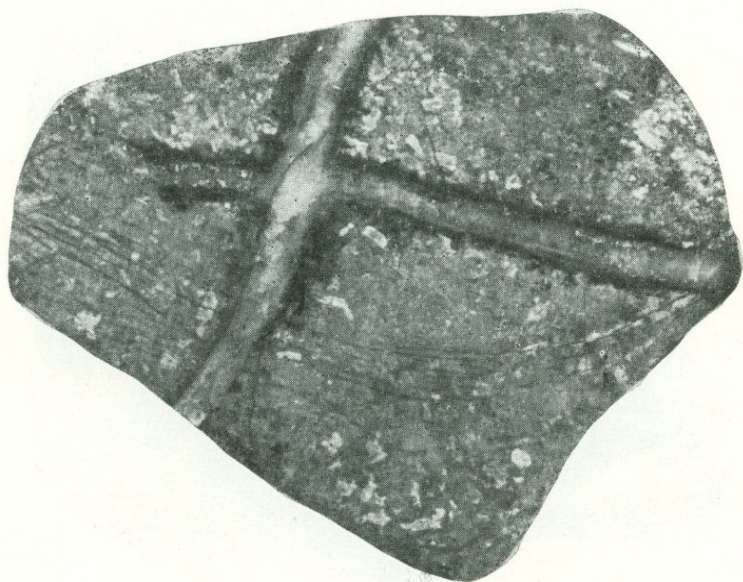


Рис. 19. Кварц-молибденитовый прожилок в монцоните. По зальбандам прожилка развита реакционная каемка биотита (черное). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный штуф. Нат. вел.

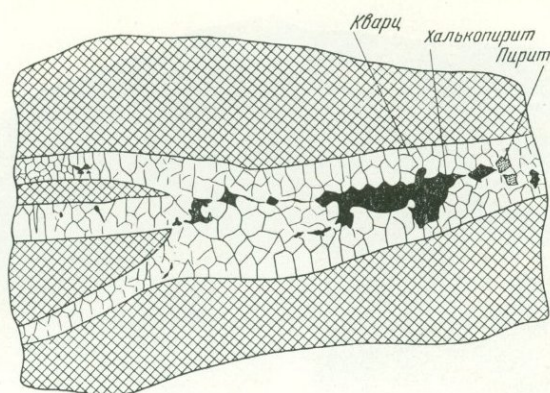


Рис. 20. Прожилковая текстура руды складывается двумя минеральными агрегатами, отложившимися в разные этапы минерализации. Первый агрегат — порфирит (сетка), второй агрегат — кварц-сульфидный прожилок. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Зарисовка. Нат. вел.

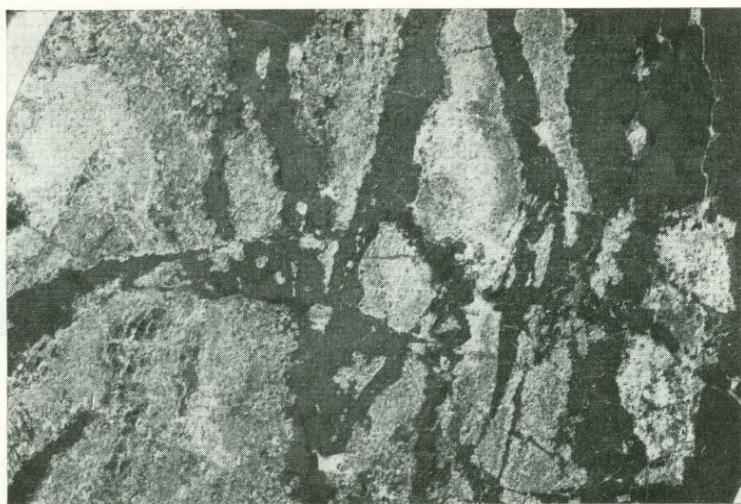


Рис. 21. Прожилкообразная текстура замещения. Магнетит (черное) слагает прожилки в скарнированном порфирите (серое). В магнетите развиты реликты нерудных минералов. Месторождение Дашкесан, Азербайджанская ССР. Полированный штупф. $\frac{4}{5}$ нат. вел.

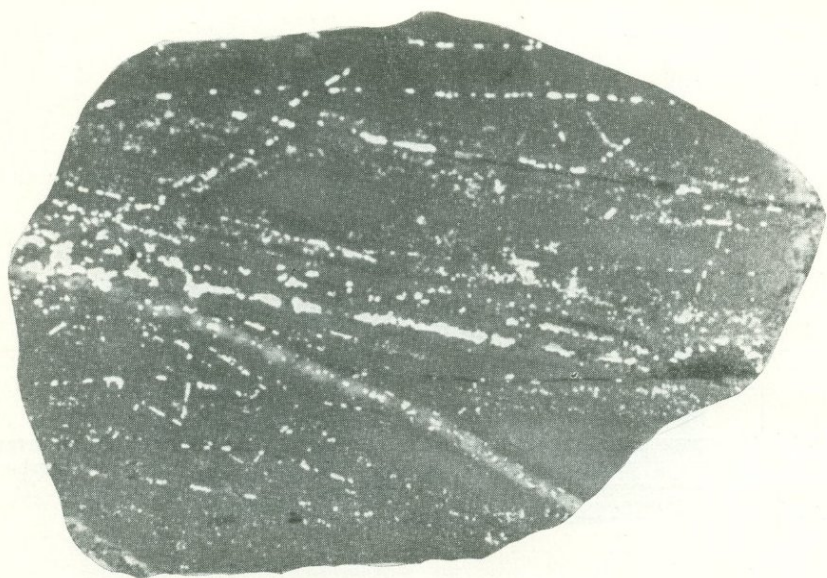


Рис. 22. Прожилкообразная и вкрапленная текстуры замещения. Пирит — белое; кварц — серое; порода — черное. Месторождение Шикахох, Армянская ССР. Полированный штуп. Ув. 1,7

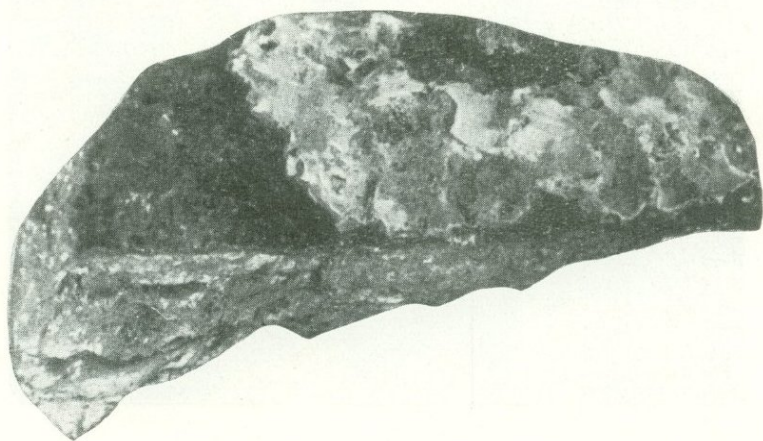


Рис. 23. Корковая текстура заполнения пустот. Корочка скрытокристаллического малахита (вверху, светло-серое) развита на поверхности корочки лампадита (внизу, черное), порода (внизу, серое). Месторождение Каджаран, Армянская ССР

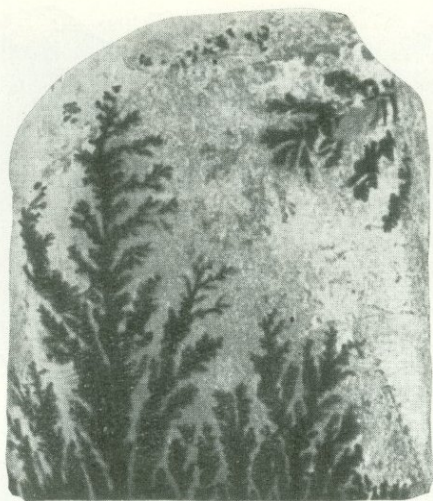


Рис. 24. Дендриты псиломелана (черное) в породе. Месторождение Полуночное, Северный Урал. Полированный штуф

4. Текстуры друзовые и жеодовые всегда связаны с наличием в горной породе или руде небольших полостей неправильной, изометричной, линзообразной и округлой формы. Друзовая текстура выполнения пустот и перекристаллизации (рис. 25, 26, 27). Текстуры жеодовая и секретионная (рис. 28, 29).

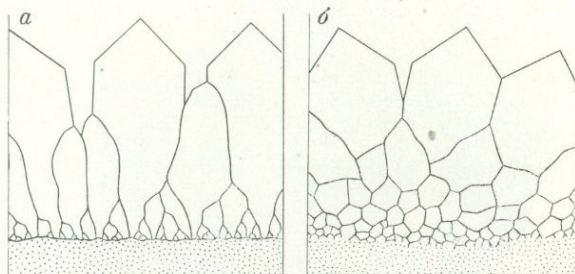


Рис. 25. Схема строения друз нарастания (а) и друз перекристаллизации (б). По Д. П. Григорьеву

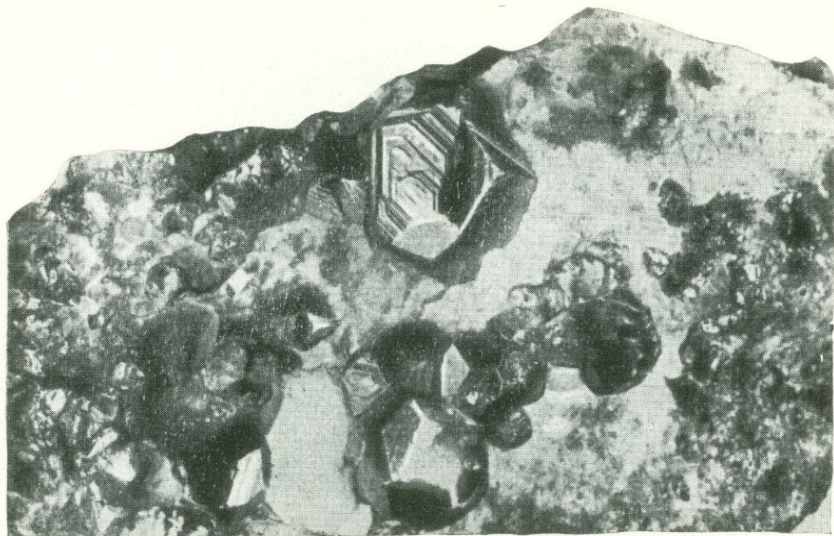


Рис. 26. Друзовая текстура выполнения пустот. Крупные кристаллы пирита в форме пентагондодекаэдра и октаэдра (с зональным строением) нарастают на стенке трещины в породе. Месторождение Парагачай.

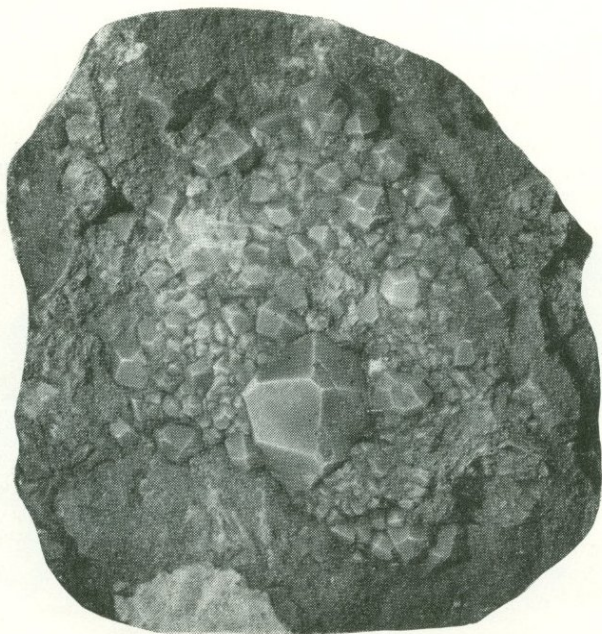


Рис. 27. Друзовая текстура перекристаллизации. Друза граната образовалась в магнетит-гранатовом скарне. Высокогорское месторождение. Урал. $\frac{2}{3}$ нат. вел.

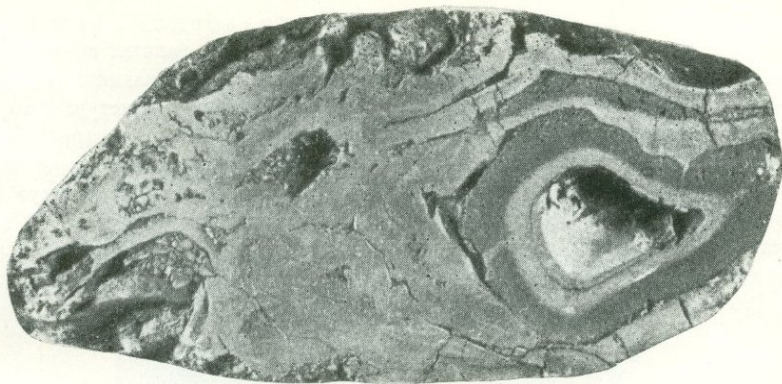


Рис. 28. Жеодовая концентрически-скорлуповатая текстура агрегата гидрогётита. Керченское месторождение. Полированный штуф

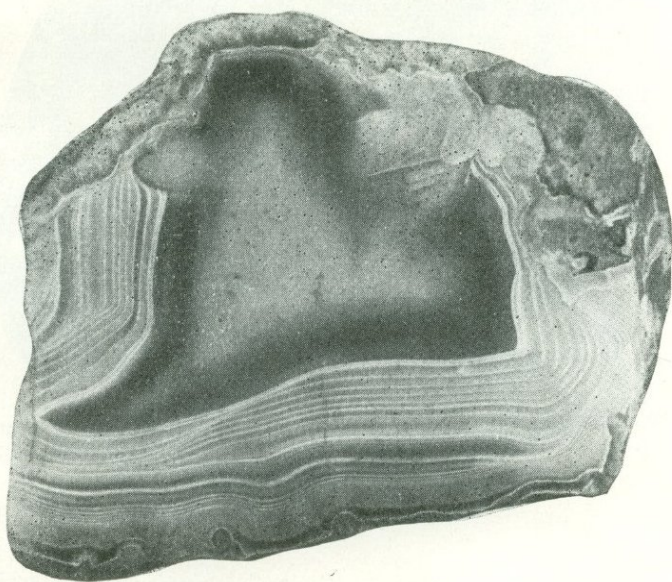


Рис. 29. Секретионная текстура опала. Месторождение Эндзиванское, Армянская ССР. Полированный штуф

5. Текстуры коллоидные и метаколлоидные встречаются в рудах с минеральными агрегатами сферической формы — оолиты, почки, конкреции — и натечной формы — фестоны, корки, сталактиты, сталагмиты и гроздья. Морфологические виды коллоидных и метаколлоидных текстур: оолитовая (рис. 30), почковидная (рис. 31), конкреционная, колломорфная (рис. 33, 34), концентрически-слоистая, сталактитовая (рис. 35), сталагмитовая и порошковая. Морфологические виды коллоидных и метаколлоидных текстур отличаются друг от друга по характеру строения минеральных агрегатов. В коллоидных агрегатах развиты гелевая и скрытокристаллическая структуры; в рудах с метаколлоидными текстурами в агрегатах развиты кристаллобластические структуры.

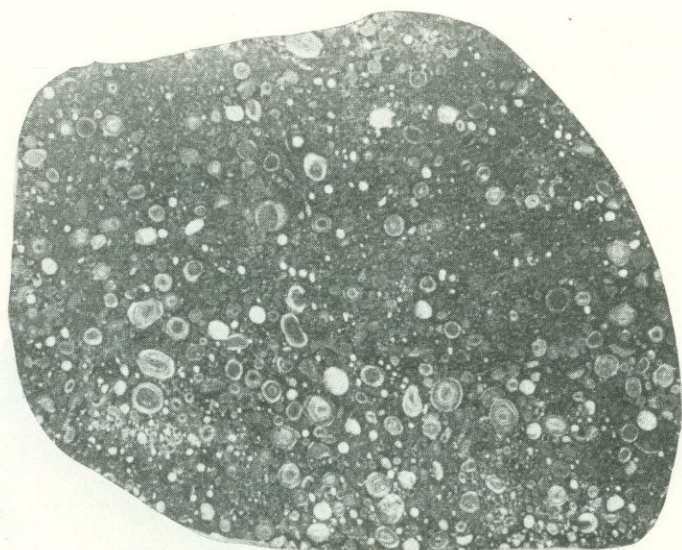


Рис. 30. Оолитовая текстура железной руды. Видно концентрически-зональное строение отдельных оолитов. Керченское месторождение. Полированный штуф

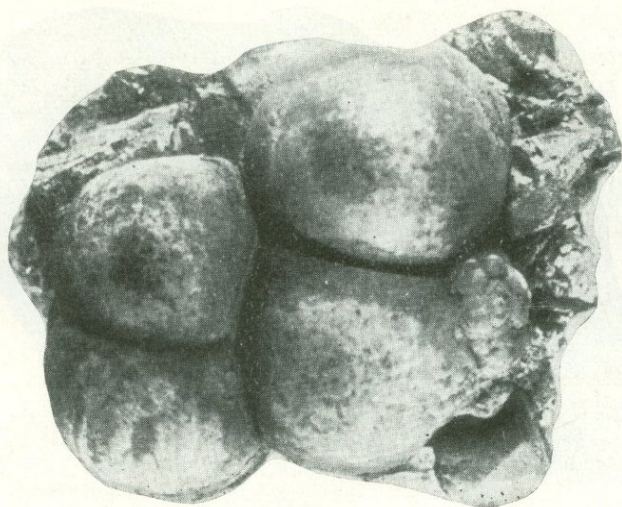


Рис. 31. Почковидная текстура марказита. Образец 72. $\frac{1}{2}$ нат. вел.

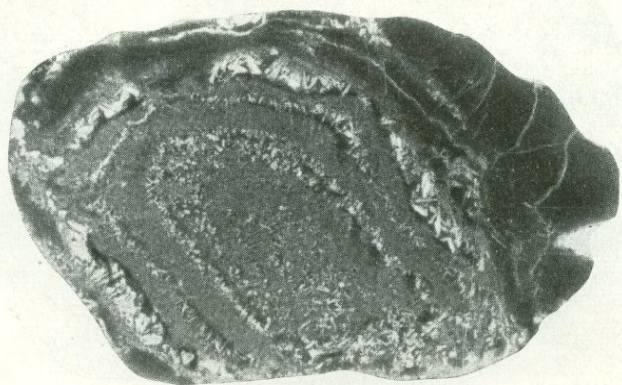


Рис. 32. Общий вид алевролит-сидеритовой конкреции с пиритом (белое). Метасоматические прожилки пирита развиты по концентрической зональности конкреции. Месторождение Катехское, Азербайджанская ССР. Полированный штуф. Ув. 2



Рис. 33. Колломорфная и почковидная текстуры коллоидных агрегатов малахита. Структура агрегата концентрически-зональная. Месторождение Высокогорское, Урал. Полированный штуф

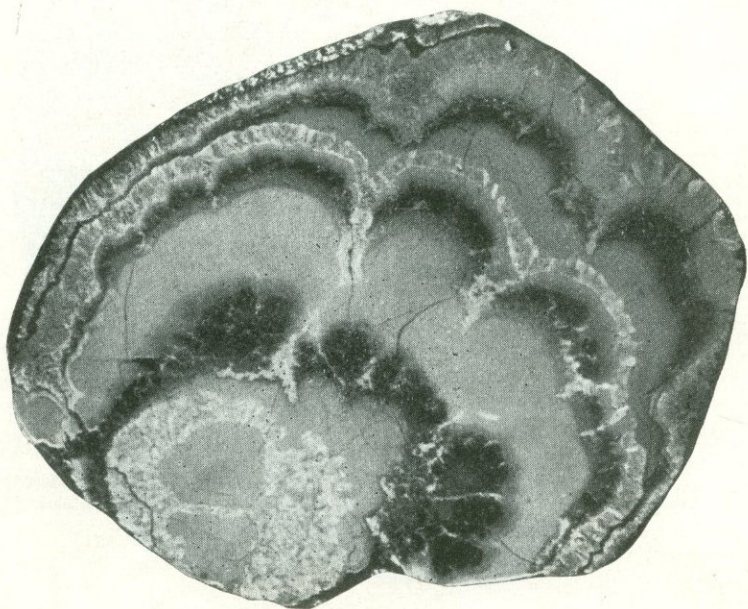
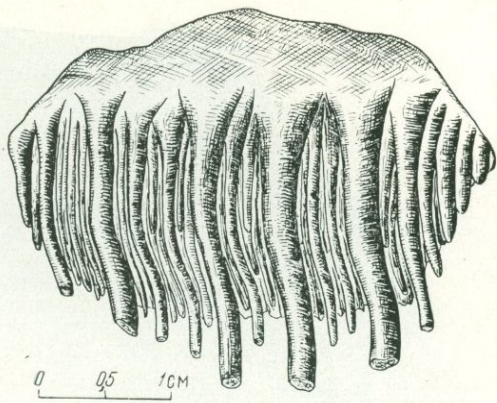


Рис. 34. Колломорфная текстура агрегата псиломелана (светло-серое, с трещинками усыхания) и халцедона (черное). Структура агрегата псиломелана и халцедона гелевая. Для пиролюзита (белое) характерны волокнистая метаколлоидная структура и колломорфная метаколлоидная текстура. Полированный штуф

Рис. 35. Сталактивы бурого железняка. Шахта Бакальчик, Бакальские месторождения, Урал



6. Текстуры катакластические и кластические характеризуются обломками минералов, руды и горной породы. Обломки могут оставаться на месте своего образования (катакластические текстуры) и могут быть перемещены водными потоками, ветром, ледником, грязевыми потоками и другими агентами на значительные расстояния (кластические текстуры). Обломки обычно скреплены цементом. Морфологическими видами текстур в этой группе являются: трещиноватая (рис. 36), брекчиевая (рис. 37, 38), брекчиевидная (рис. 39, 40), псевдооолитовая, порошковатая и др.

7. Текстуры цементные являются разновидностью кластических. Они выделяются в рудах в том случае, когда рудообразующие минералы цементируют отдельные обломки горной породы, песчинки, гальку или валуны. Морфологические виды текстур в этой группе — цементная (рис. 44) и цементная унаследованная (рис. 45).

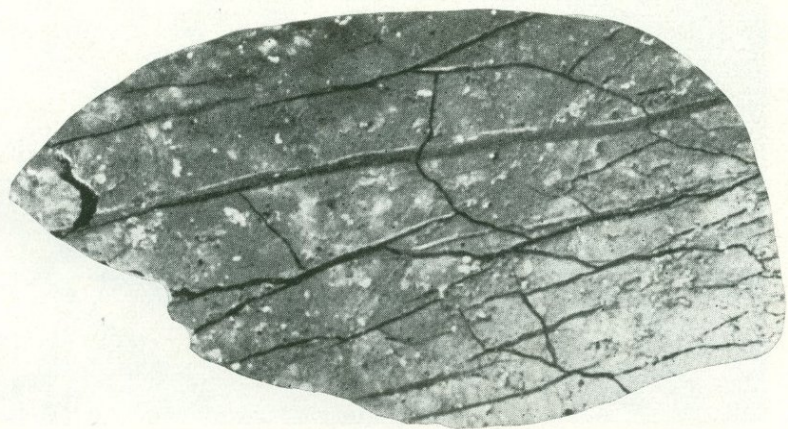


Рис. 36. Первичная вкрапленная и вторичная трещиноватая текстуры. Пирит — белое; порода — серое; трещины — черное. Месторождение Шикахах, Армьянская ССР. Полированный штуф

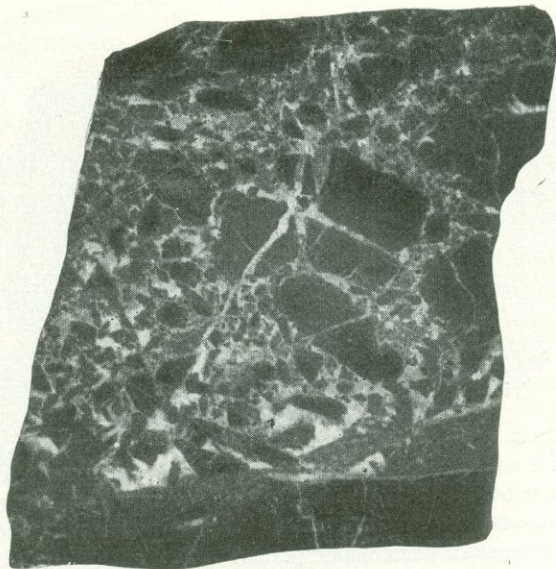


Рис. 37. Брекчиевая и прожилковая текстуры. Обломки кварцита (черное) цементируются киноварь-кварц-кальцитовым агрегатом белое и серое). Месторождение Хайдаркан, Средняя Азия, Полированный штуф. $\frac{4}{5}$ нат. вел.

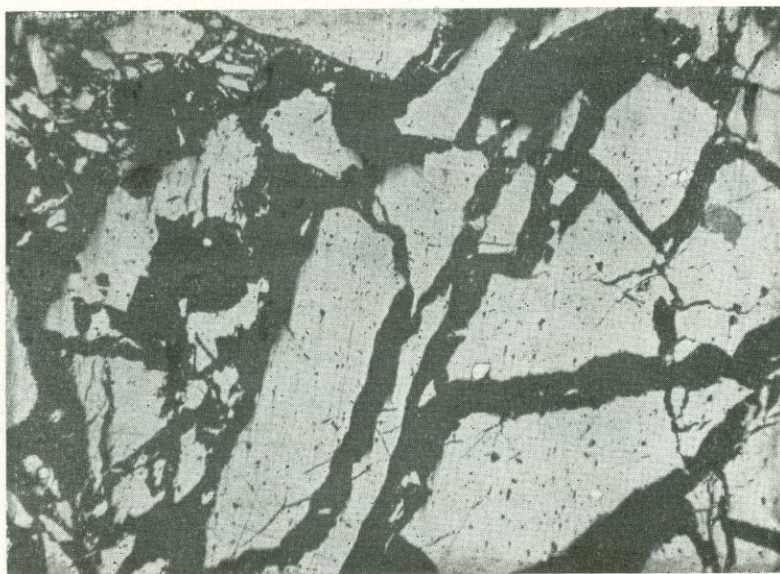


Рис. 38. Брекчиевая микротекстура. Обломки халькопирита (белое) сцементированы кварцем (черное). Месторождение Агарак, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

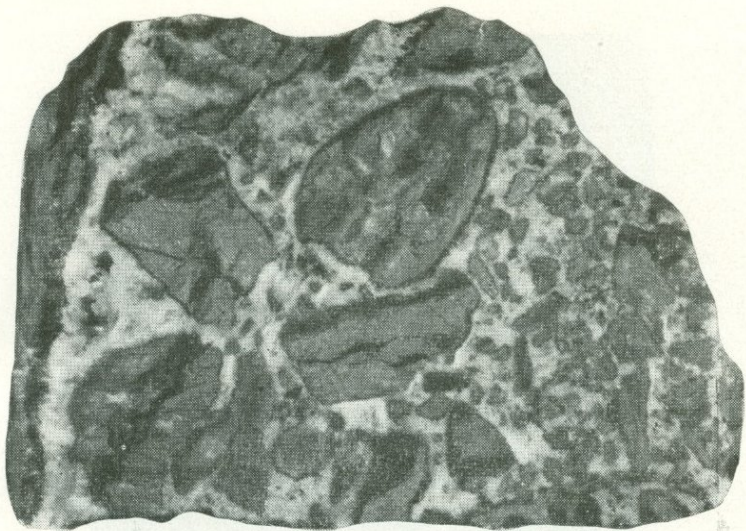


Рис. 39. Брекчиевидная текстура. Брекчия медноколчеданной руды. Месторождение Гай, Урал. Полированный штуф

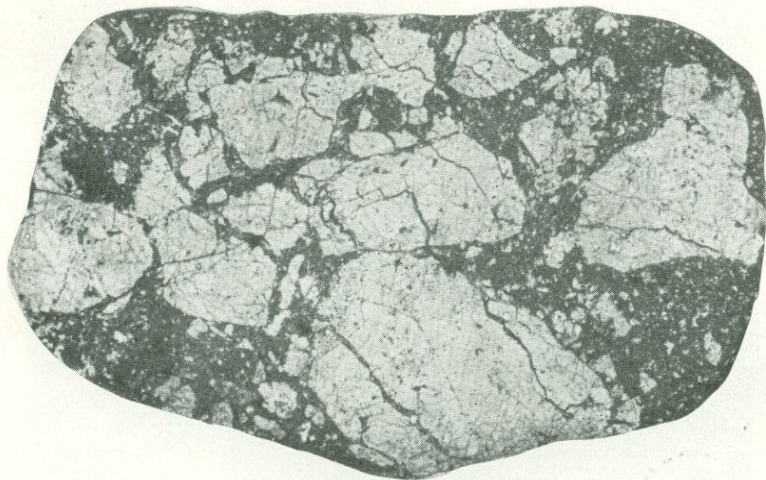


Рис. 40. Брекчиевидная унаследованная текстура замещения и прожилковая текстура заполнения пустот. Крупные участки халькопирита I (белое, трещиноватое) образовались при замещении обломков пирита. В халькопирите развиты мелкие реликты пирита (белое, рельефное). Обломки халькопирита I сцементированы агрегатом сфалерита, галенита, халькопирита II и блеклой руды (черное). Обломки и цемент пересекаются прожилками кальцита (черное). Месторождение Ахтала. Армянская ССР. Полированный штуф. $\frac{2}{3}$ нат. вел.



Рис. 41. Кокардовая, или кольчатая, текстура. Кольца сульфидов (черное) окружают обломки кварца (белое) и породы (темно-серое). Месторождение Целлерфельд, ГДР. Полированный штуф. По Ф. Н. Шахову. $\frac{3}{4}$ нат. вел.

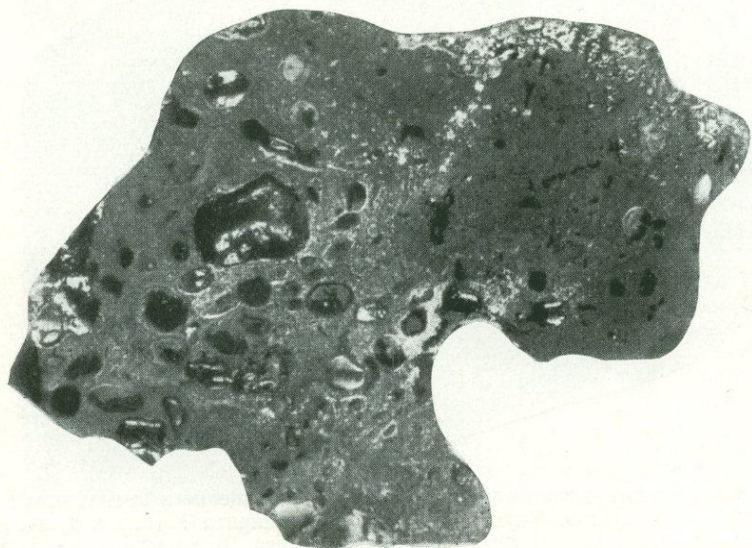


Рис. 42. Конгломератовая текстура руды; галька кварца и породы сцементирована гидрогётитом. По Р. М. Шерифу. Месторождение Бахария, АРЕ. Полированный штуф

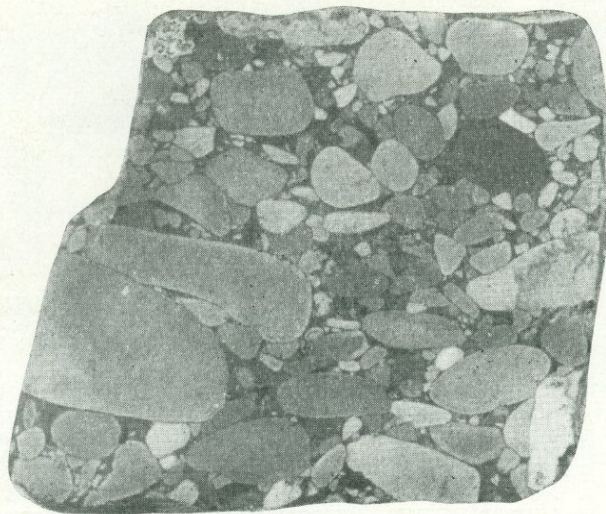


Рис. 43. Конгломератовая текстура породы. Полированный штупф

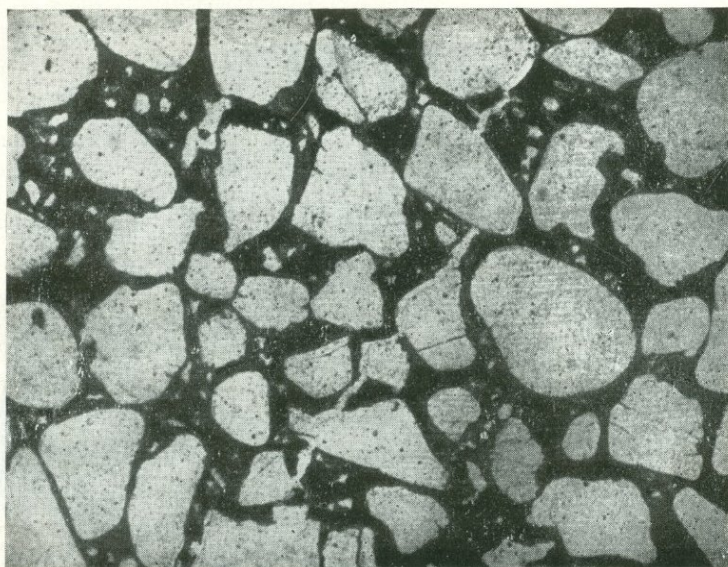


Рис. 44. Цементная микротекстура. Угловатые и окатанные обломки кварца (белое) сцементированы гидрогётитом (черное). Липецкое месторождение. Прозрачный шлиф. Ув. 46



Рис. 45. Цементная унаследованная микротекстура. Обломки песчаника (серое и темно-серое) сцементированы халькопиритом (белое) и борнитом (светло-серое). Месторождение Джезказган, Казахская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

8. Текстуры органогенные свойственны таким рудам и горным породам, которые сложены минеральными агрегатами, представляющими остатки окаменелых растений и животных. Морфологическими видами текстур в этой группе являются органогенная отложения и органогенная унаследованная (рис. 46—49).



Рис. 46. Унаследованная органогенная текстура. В массе гидрогётита (черное, темно-серое) видны остатки створок раковин (белое). Керченское месторождение, Железная Балка. Образец

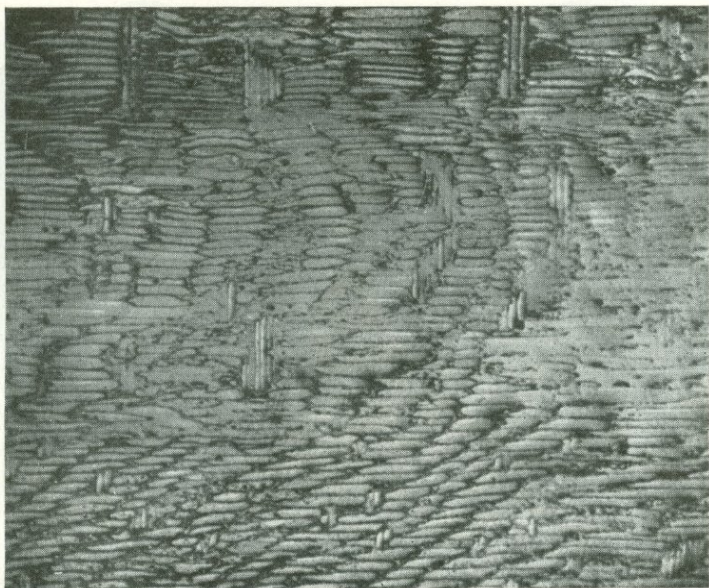


Рис. 47. Унаследованная органигенная текстура. Псевдоморфоза гидрогётита по древесине. Ауэрбаховское железорудное месторождение, Урал. Полированный шлиф. Ув. 46



Рис. 48. Органигенная унаследованная текстура. Раковины *Arcicardium*, полностью замещенные железисто-марганцовистым веществом. Керченское месторождение. $\frac{3}{4}$ нат. вел.

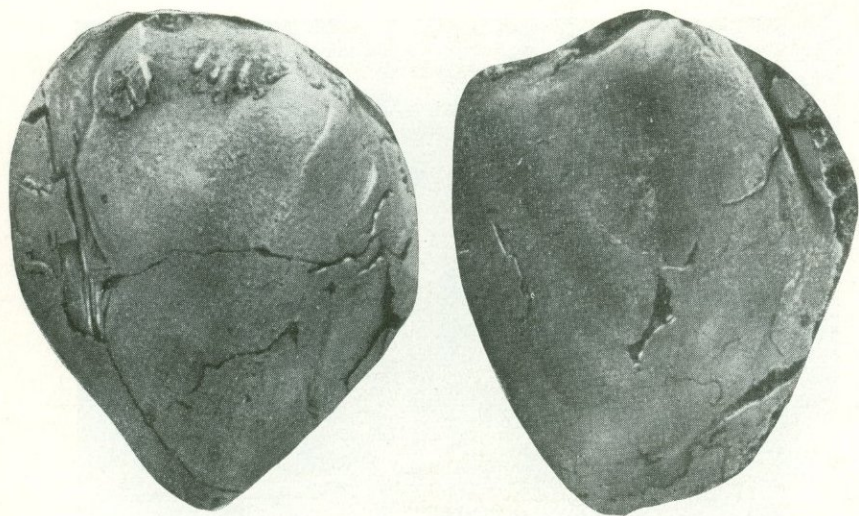


Рис. 49. Раковины *Arcicardium* замещены железисто-марганцовистым веществом (Fe — 28,3%; Mn — 8,5%). Керченское месторождение

9. Текстуры коррозионные наблюдаются в сростаниях между разновозрастными минеральными агрегатами, возникшими в процессе замещения. В этих сростаниях ранний агрегат замещается поздним с явлениями коррозии в виде зазубренных границ. Морфологическими видами текстур в группе являются: скелетная (рис. 50), зональная, реликтовая (рис. 51, 52), каемочная (рис. 53, 54), нитеобразная (рис. 55), петельчатая, или сетчатая (рис. 56, 57), решетчатая (рис. 58), графическая и субграфическая (рис. 59, 60, 61), разъедания (рис. 62).

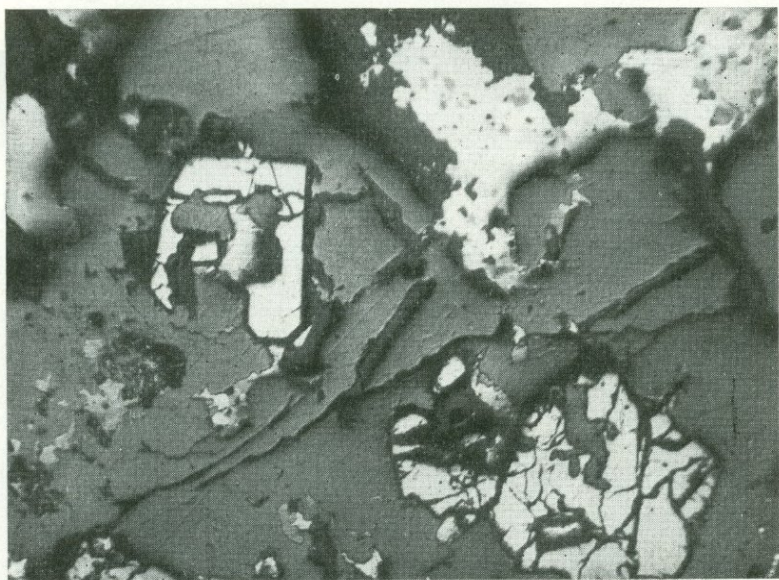


Рис. 50. Скелетная микротекстура. Скелетные и раскрошенные зерна пирита (белое, рельефное) ранней ассоциации разъедаются сфалеритом (серое) поздней ассоциации. Вверху (белое) участки галенита. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100

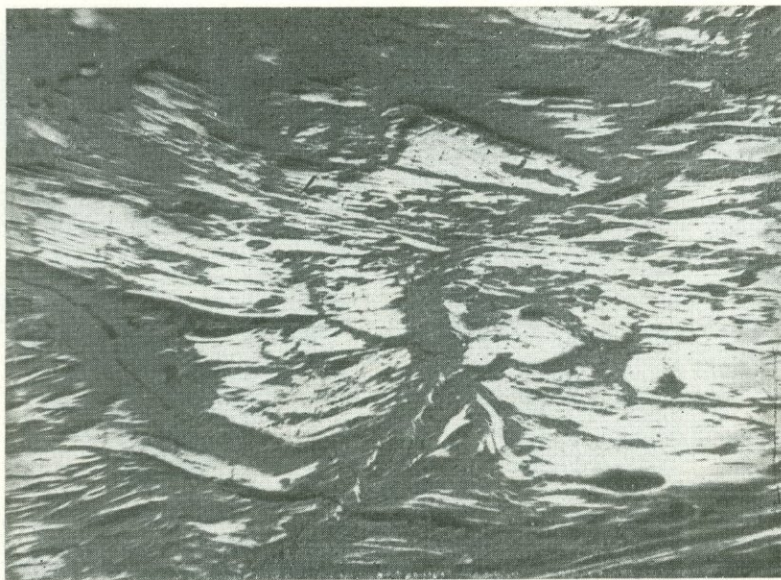


Рис. 51. Реликтовая микротекстура. Реликты молибденита (белое) в массе повеллита (серое). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100

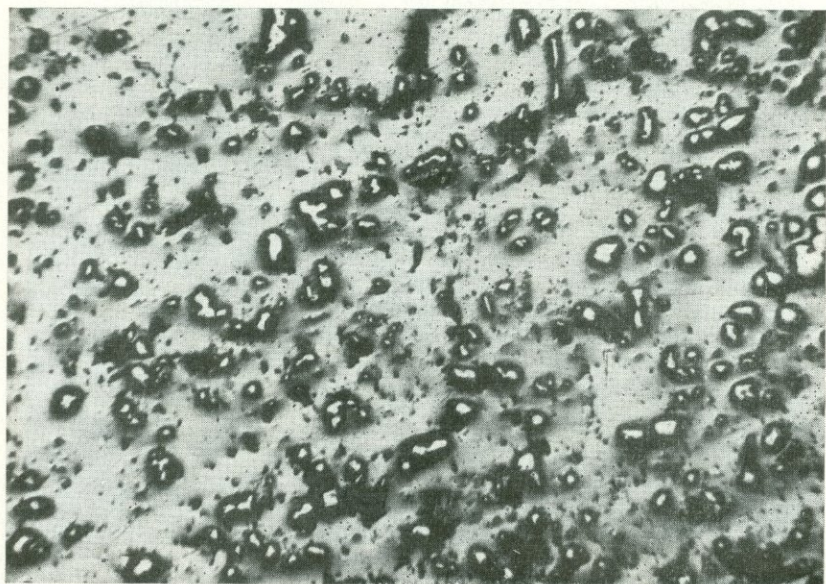


Рис. 52. Реликтовая микротекстура. Реликты пирита (белое) в энаргите (серое). Месторождение Аравус, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 85

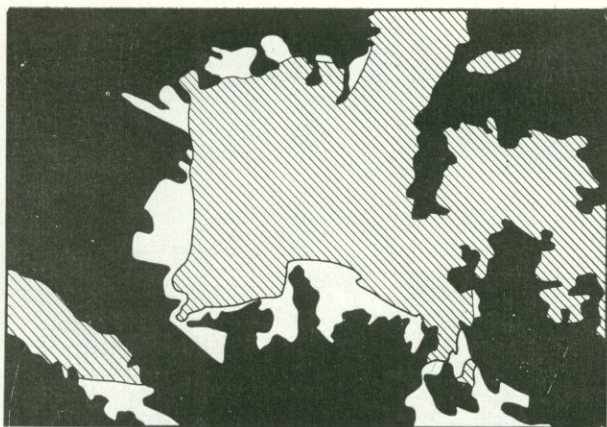


Рис. 53. Касмочная микротекстура. Реакционные касмки энургита (белое) развиты по краям выделений халькопирита (штриховка). Породообразующие минералы (черное). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Зарисовка. Ув. 240.

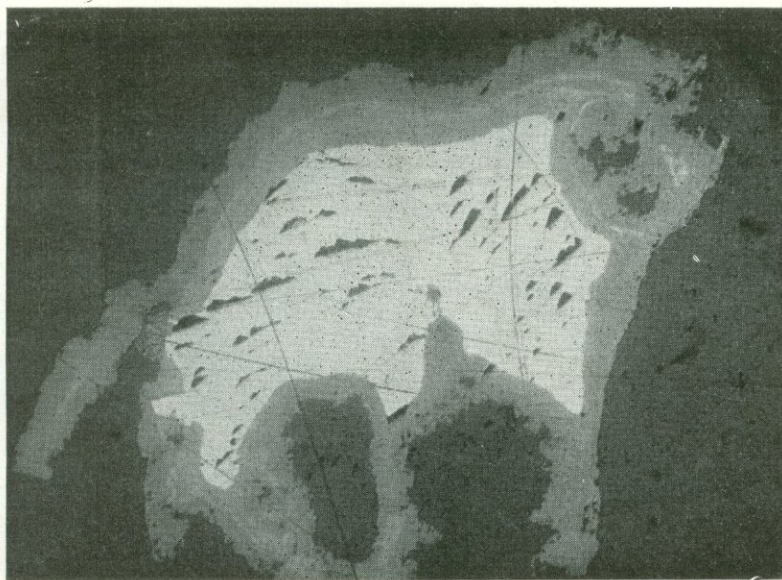


Рис. 54. Касмочная микротекстура. По периферии агрегата галенита (белое) развивается касмка англезита (серое). Темная основная масса — известняк Малкинское месторождение. Полированный шлиф. Ув. 40

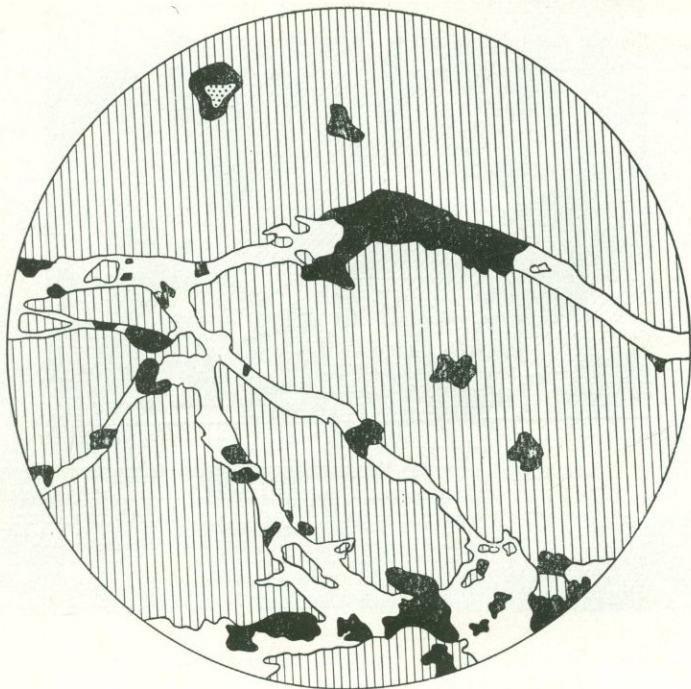


Рис. 55. Нитеобразная микротекстура. Кварц-энаргитовые прожилки (кварц — черное, энаргит — белое) пересекают агрегат раннего халькопирита (заштрихован). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Зарисовка. Ув. 20



Рис. 56. Сетчатая микротекстура, образующаяся при замещении халькопирита (белое) гётитом (серое). Месторождение Левиха, Урал. Полированный шлиф. Ув. 40

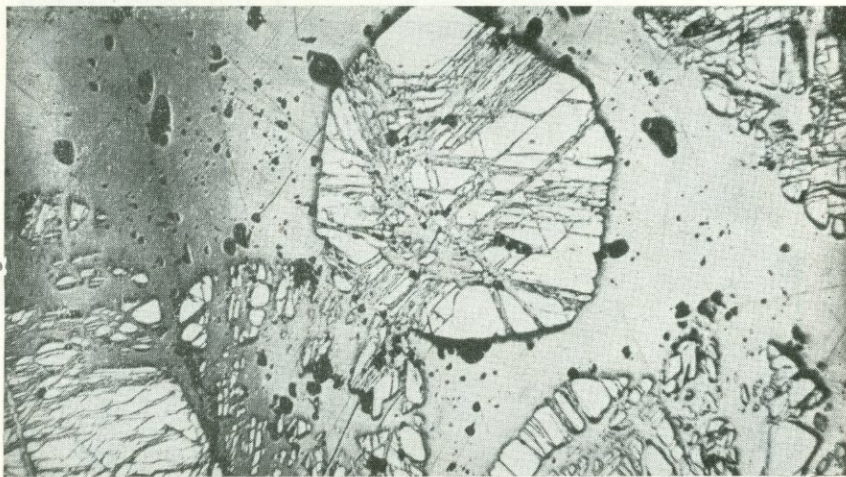


Рис. 57. Петельчатая, или сетчатая микротекстура, переходящая в реликтовую. Пирит ранней ассоциации (белое) замещается халькопиритом поздней ассоциации (светло-серое, серое). Пустотки (черное). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 20



Рис. 58. Решетчатая микротекстура замещения галенита (белое) церусситом (черное). Месторождение Нерчинское, Забайкалье. Полированный шлиф. Ув. 40

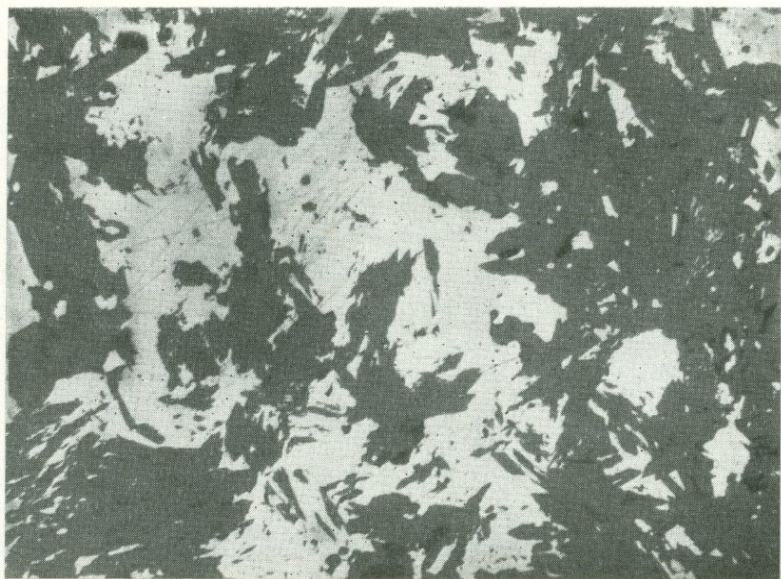


Рис. 59. Графическая текстура замещения. Халькопирит (белое) метасоматически замещает породообразующие минералы (темно-серое). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный штаф.

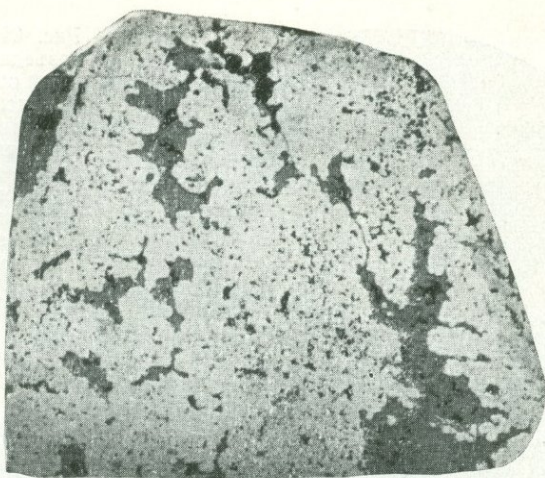


Рис. 60. Графическая текстура замещения. Агрегат пирита (белое с черными ямками) замещается агрегатом энаргита (серое). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный штуф

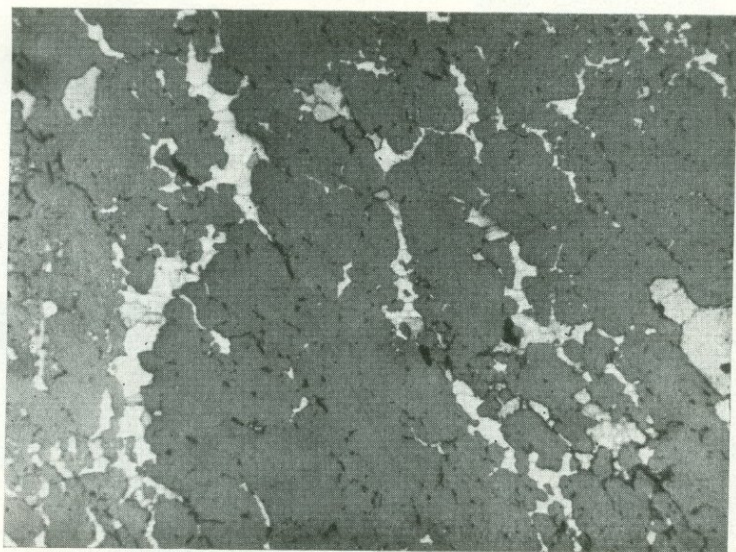


Рис. 61. Субграфическая микротекстура. Выделения галенита (белое) с извилистыми очертаниями и зазубренными границами развиты в сфалерите (серое). Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70

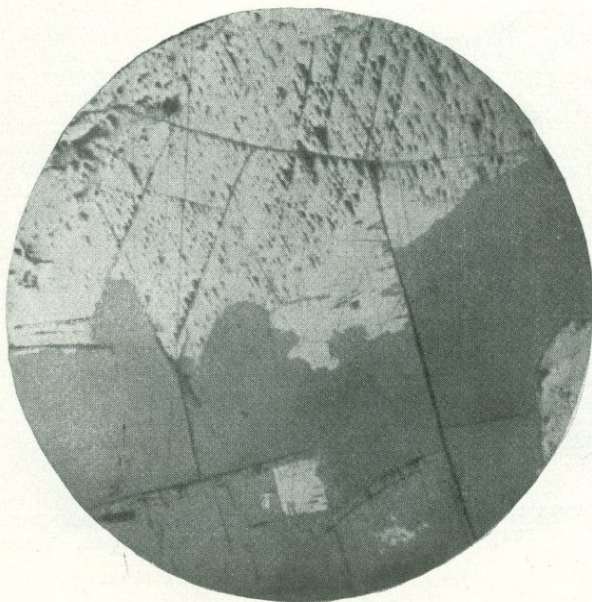


Рис. 62. Микротекстуры разъедания и реликтовая, образующиеся при замещении агрегата галенита (белое) агрегатом гипергенных минералов — ковеллином и англезитом (серое). Месторождение Нерчинское, Забайкалье. Полированный шлиф. Ув. 40

10. Текстуры каркасные характеризуются системой пустот и перегородок, которые образуются в руде или горной породе в процессе окисления, растворения и выщелачивания минералов. Перегородки в каркасе выщелачивания слагаются устойчивыми минералами. Морфологические виды каркасных текстур: пористая, пещеристая, ячеистая и ящичная (рис. 63, 64), кавернозная (рис. 65).

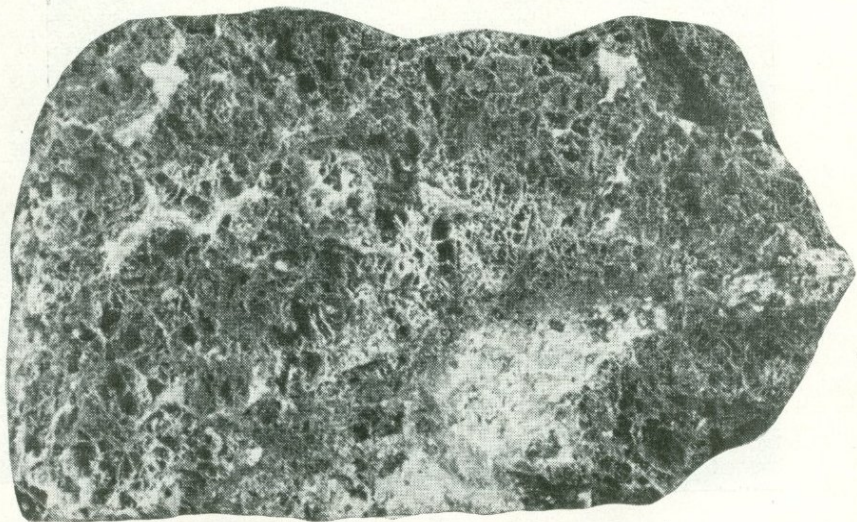


Рис. 63. Ячеистая и ящичная текстуры выщелачивания полиметаллической руды состава анкерит, сфалерит, галенит и кварц. Месторождение Нерчинское, Забайкалье. Образец.



Рис. 64. Ящичная текстура выщелачивания. Пустотки — коробочки выщелачивания разделены тонкими перегородками из кремнезема. Пустотки частично заполнены пучками игольчатых кристаллов.



Рис. 65. Кавернозная текстура. Лимонит (темно-серое) с тонкими прожилками и вкрапленностью самородной меди (белое), с реликтами пирита, халькозина и куприта (светло-серое), с пустотками выщелачивания (черное). Месторождение Каджаран, Армянская ССР, карьер. Полированный штуф. Ув. $\frac{2}{3}$ нат. вел.

Структуры

1. Форма и внутреннее строение минеральных зерен (рис. 66—100).

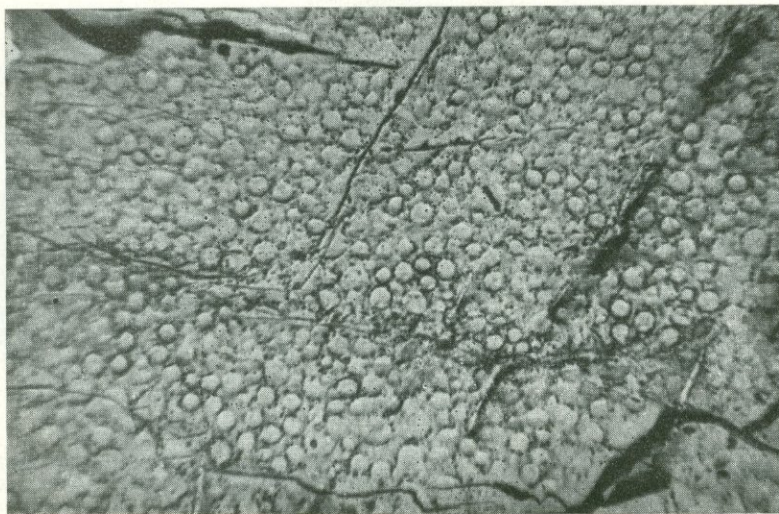


Рис. 66. Ложный рисунок структуры пирротина, протравленного в парах царской водки. Такие же фигуры появляются на поверхности зерен сфалерита, протравленного в парах царской водки. Полированный шлиф. Ув. 100

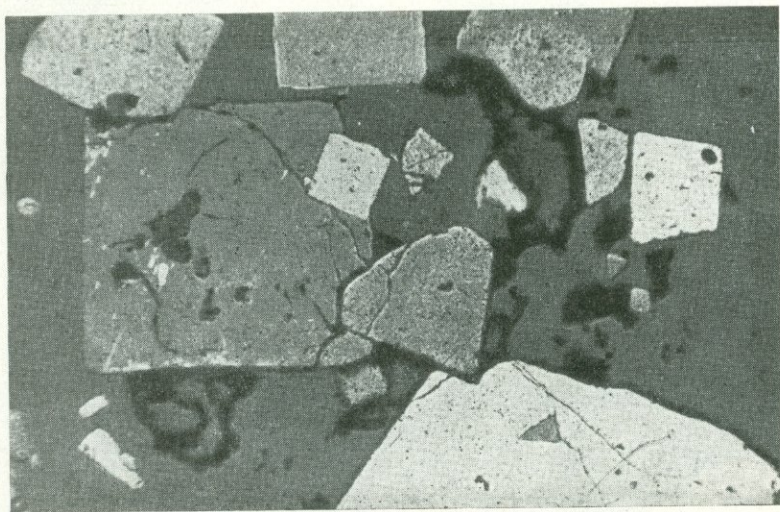


Рис. 67. Однородное строение метакристаллов пирита (протравлен, прямоугольники серого и белого цвета). Границы зерен пирита ровные, без признаков коррозии. Гранодиорит (темно-серое). Месторождение Айгедзор, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90

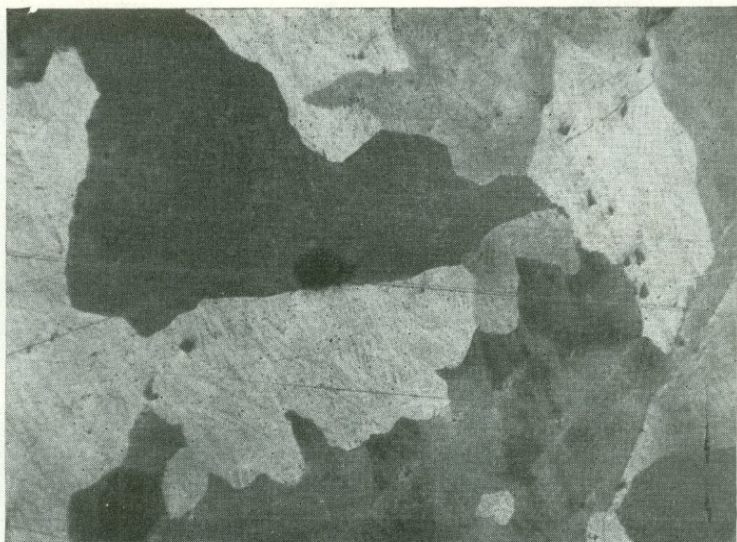


Рис. 68. Однородное строение зерен халькопирита (протравлен в парах царской водки). Границы зерен ровные, форма неправильная. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

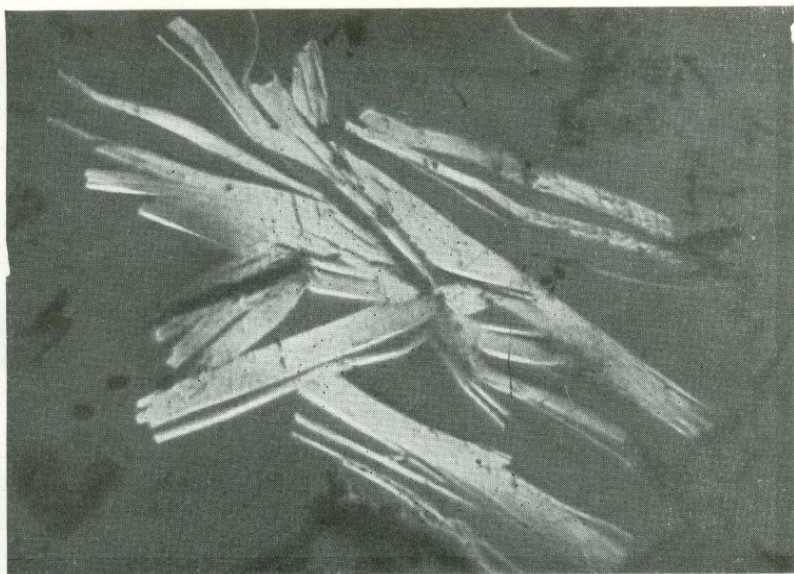


Рис. 69. Метакристаллы молибденита (белое) пластинчатой формы, кварц (черное). Месторождение Шикахох, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 47

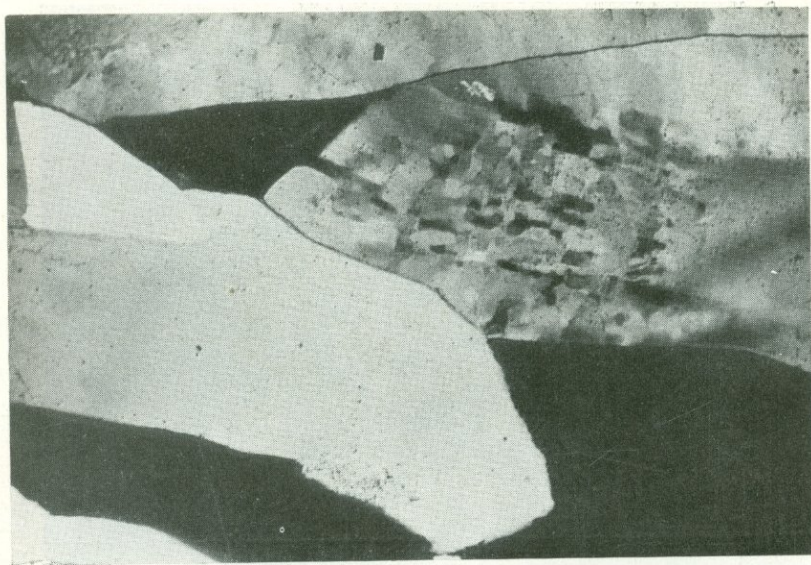


Рис. 70. Шестоватые кристаллы жильного кварца с однородным и мозаичным строением. Месторождение Личк, Армянская ССР. Прозрачный шлиф; в скрещенных николях. Ув. 30.

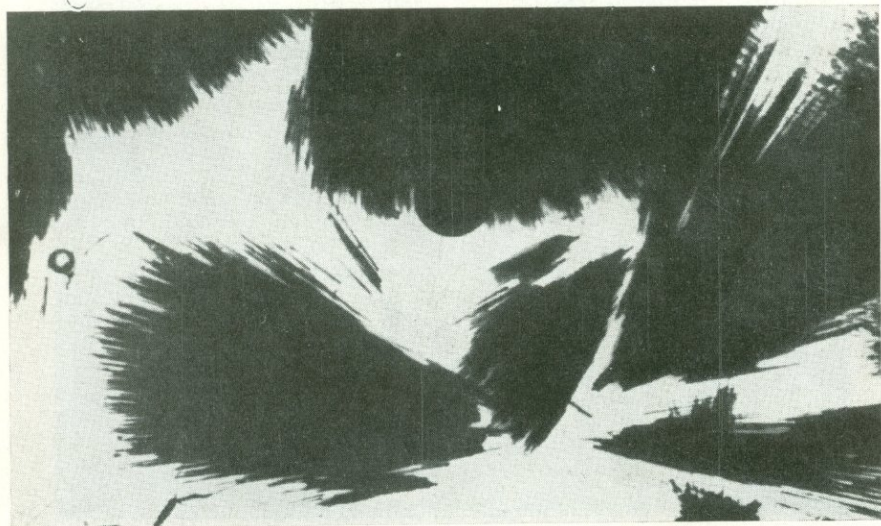


Рис. 71. Радиально-лучистые агрегаты удлиненных зерен гётита (черное) в кварце (белое). Прозрачный шлиф. Лебединский рудник, КМА. Ув. 100



Рис. 72. Трещинки спайности в зернах цинкениита. Протравлен насыщенным раствором КОН в течение 40—60 мин. Месторождение Дарасун, Забайкалье. Полированный шлиф. Ув. 45

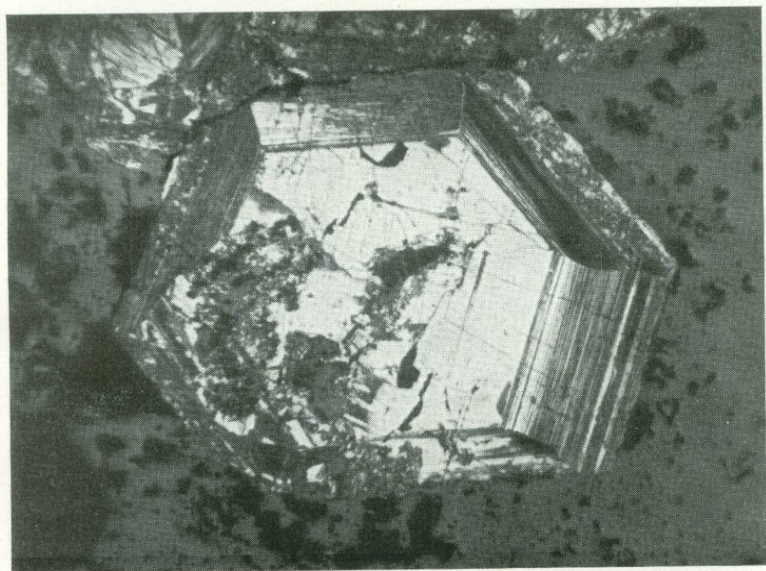


Рис. 73. Метакристалл кобальтина с зональным строением в скальне. Месторождение Дашкесан, Азербайджанская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

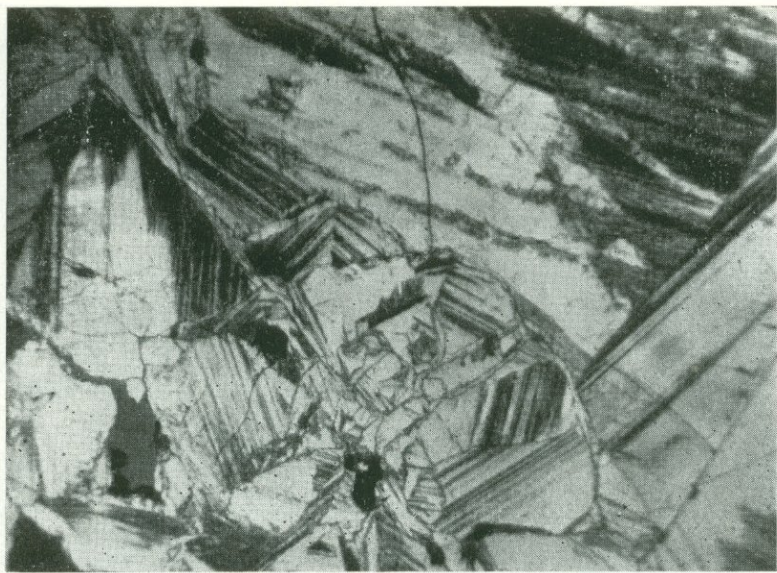


Рис. 74. Тонкие штрихи зональности внутри деформированных метакристаллов кобальтина (протравлен). Месторождение Дашкесан, Азербайджанская ССР. Полированный шлиф. Ув. 160

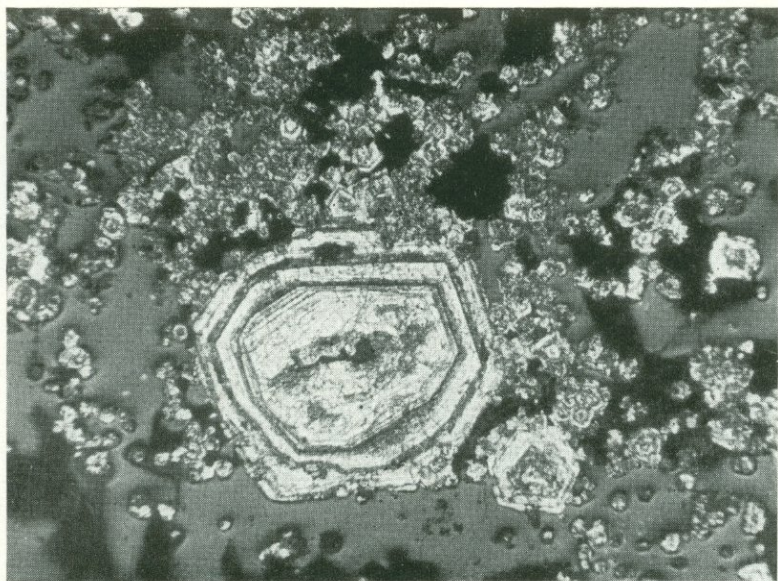


Рис. 75. Почка пирита (белое, протравлен) с концентрически-зональным строением. Пирит развит в кварце (темно-серое). Полированный шлиф. Ув. 85

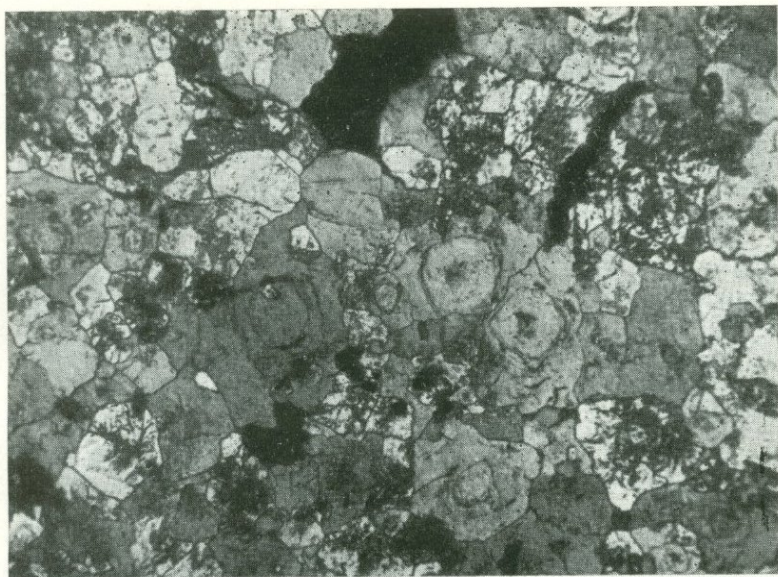


Рис. 76. Реликты зонального строения в отдельных ксеноблестах пирита (белое, серое, протравлен). Нерудный минерал (черное). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70

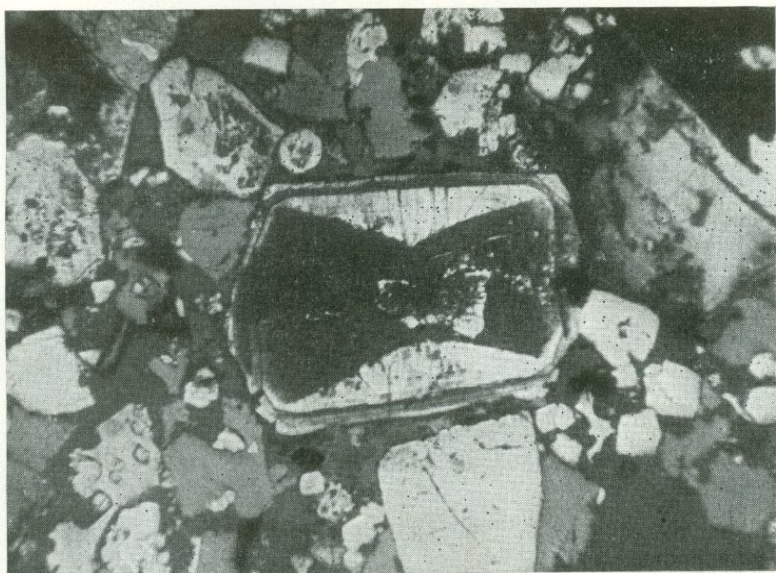


Рис. 77. Секториальное и зональное строение метакристалла пирита. Более загрязненные примесями участки метакристалла пирита сильнее протравились. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70

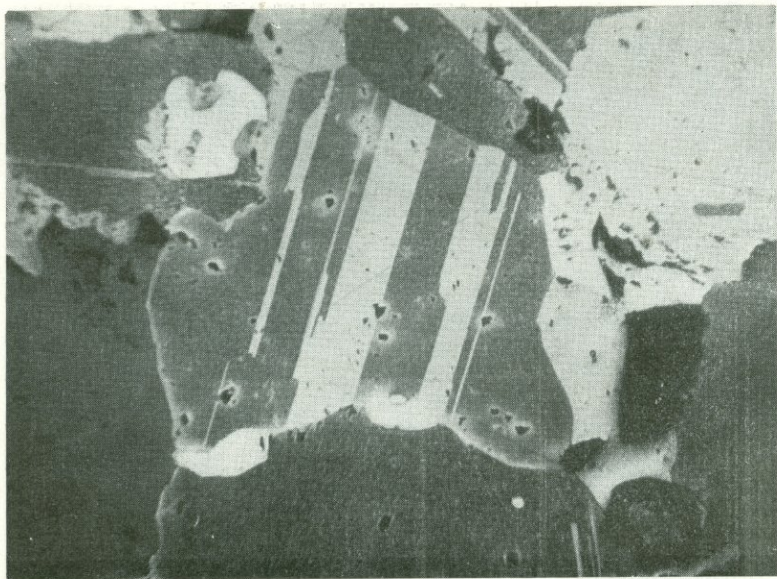


Рис. 78. Зерно сфалерита (в центре) с двойниками роста. Сфалерит протравлен в парах царской водки. Месторождение Садон, Дагестанская АССР. Полированный шлиф. Ув. 90

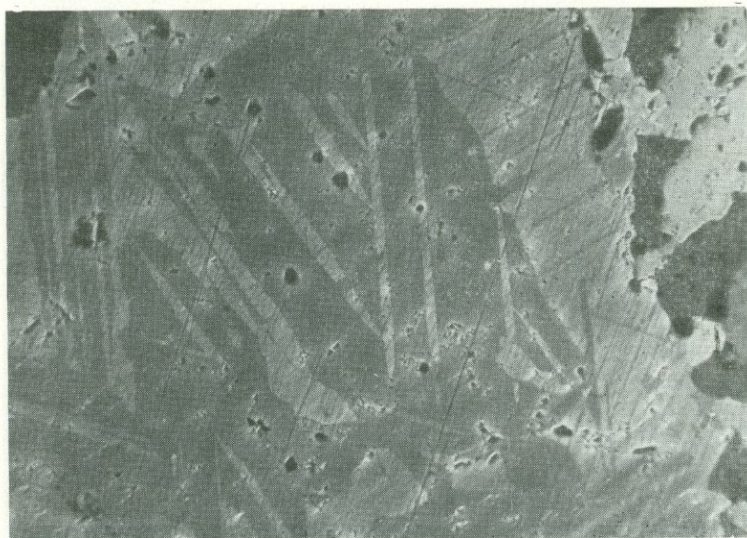


Рис. 79. Полисинтетические двойники превращения в халькопирите (протравлен). Двойники веретенообразной формы возникают перед перекристаллизацией агрегата. Месторождение Айгедзор, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 85

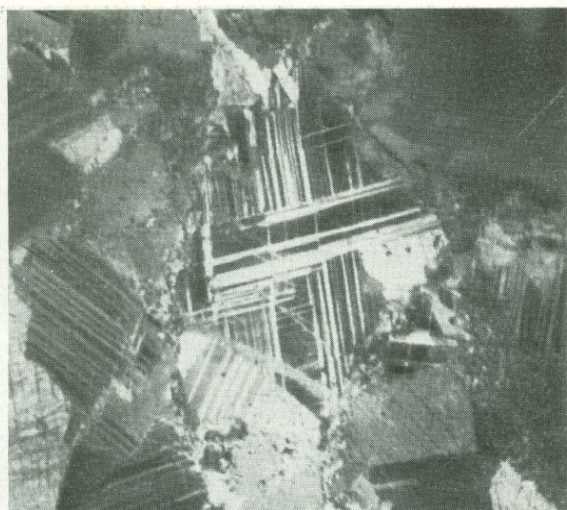


Рис. 80. Характерные полисинтетические и решетчатые двойники роста в отдельных зернах гаусманита. Месторождение Аршанское, Саяны. По П. Ф. Андрущенко. Полированный шлиф. В скрещенных николях. Ув. 165

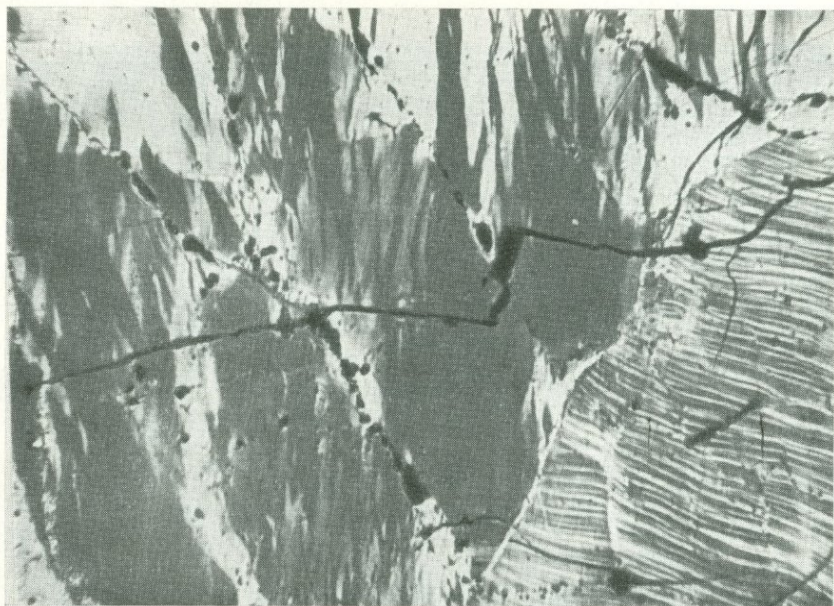


Рис. 81. Ланцетовидные двойники превращения и двойники давления в халькопирите III на контакте с дайкой диабазы. Протравлено в парах царской водки. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 300. Ув. 40

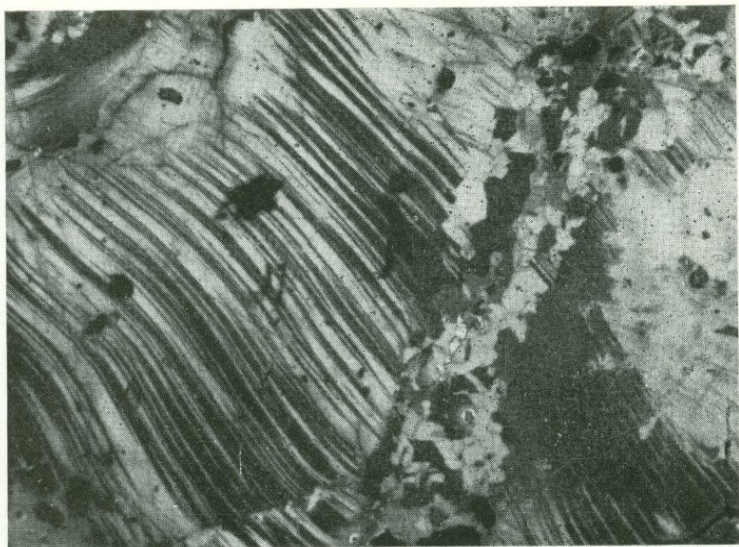


Рис. 82. Полисинтетические двойники давления в халькопирите. Полоски двойников изогнуты, имеют одинаковую толщину. В центре развит прожилки перекристаллизованного халькопирита. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100



Рис. 83. Полисинтетические двойники давления в антимоните. Удерейское месторождение, Красноярский край. Полированный шлиф. Ув. 90

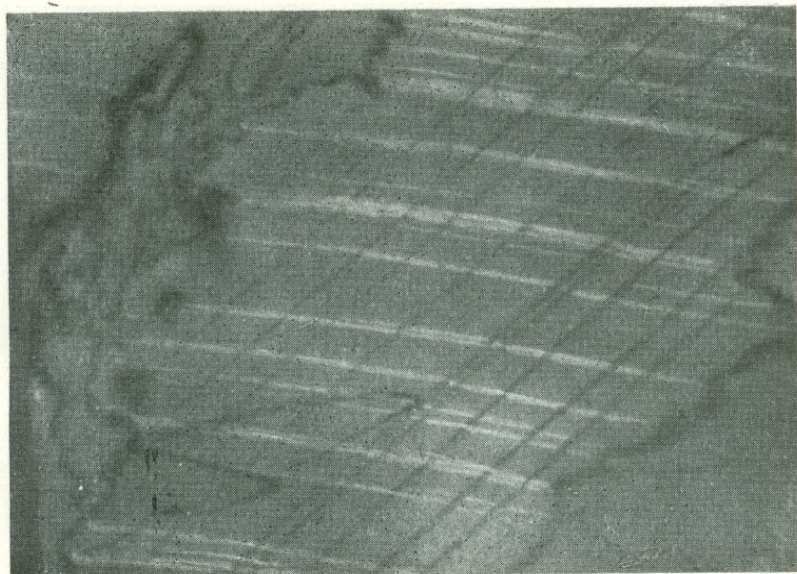


Рис. 84. Решетчатые двойники давления в кальците из обломков рудной брекчии. Месторождение Катехское, Азербайджанская ССР. Полированный шлиф в скрещенных николях. Ув. 90



Рис. 85. Фигуры смятия развиваются по диагонали в пластинках молибденита. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Николи скрещены. Ув. 40

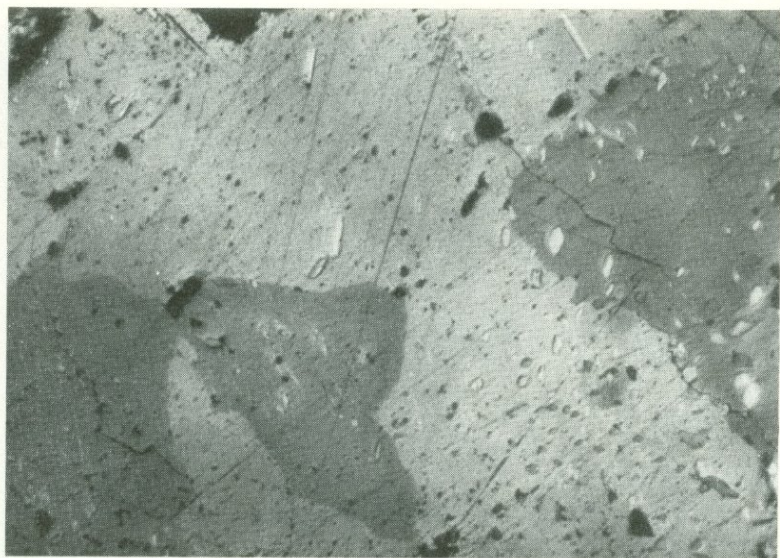


Рис. 86. Пойкилитовое строение. Аллотриоморфные зерна киновари с включениями ранних мелких кристалликов антимонита, разбросанных в беспорядке. Месторождение Никитовка, Украинская ССР. Полированный шлиф. Николи скрещены. Ув. 40

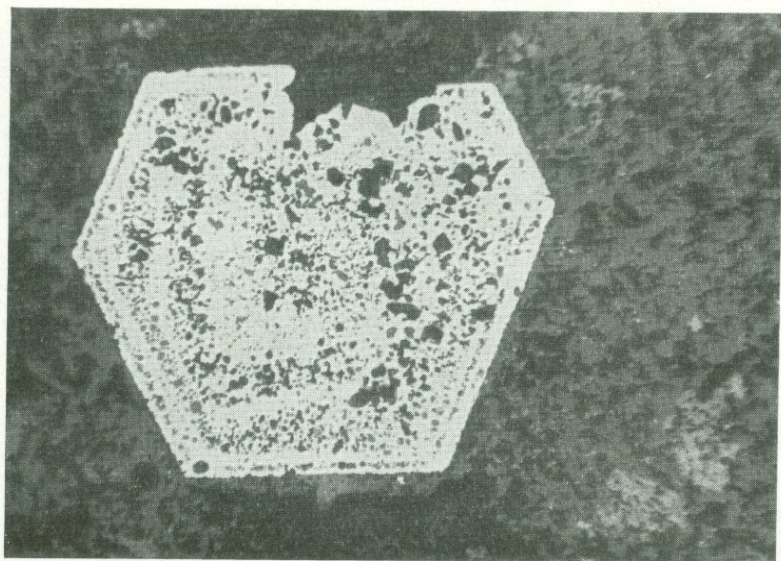


Рис. 87. Метакристалл кобальтина с твердыми включениями (реликтами), придающими кристаллу ситообразное строение. В метакристалле слабо выражено зональное строение. Месторождение Дашкесан, Азербайджанская ССР. Полированный шлиф. Ув. 85

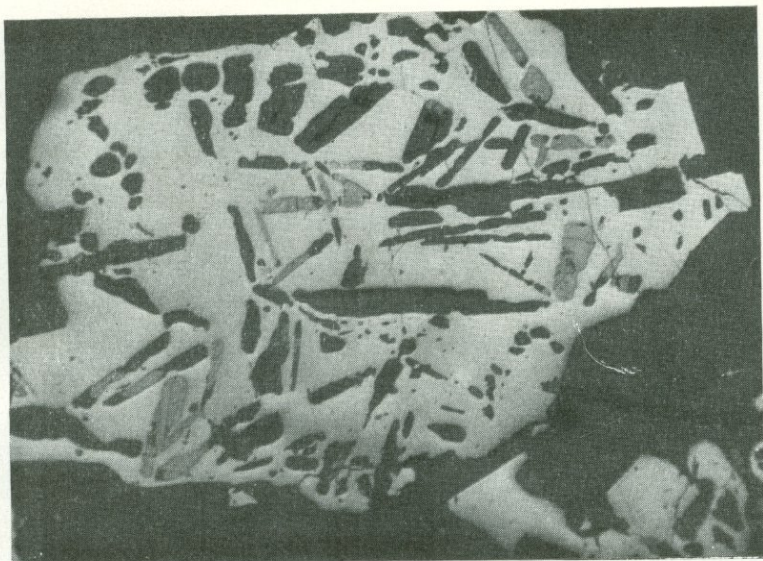


Рис. 88. Метакристалл пирита (белое) в порфирите (черное) с реликтами призматических зерен плагиоклаза (черное). Плагиоклаз замещается халькопиритом (светло-серое). Месторождение Шамлуг, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70

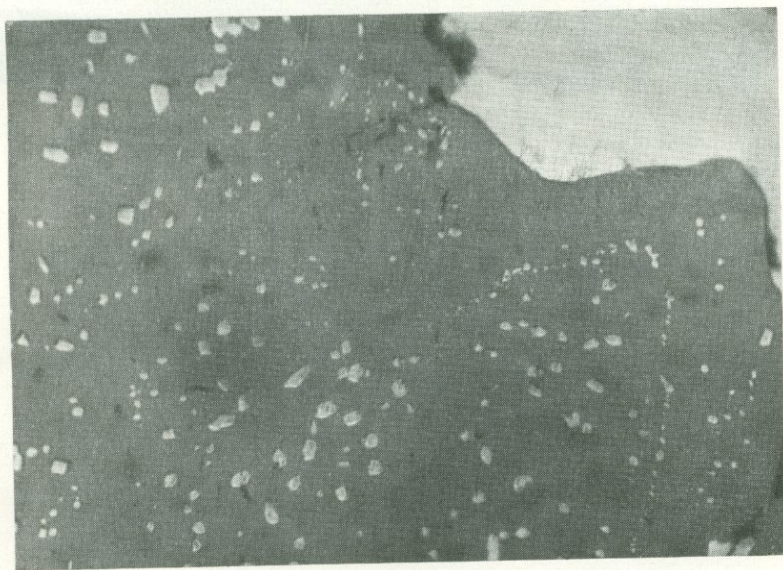


Рис. 89. Эмульсионные выделения халькопирита (белое) в сфалерите (серое). Распад твердого раствора. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320



Рис. 90. Зерна магнетита (черное, протравлен HCl конц.) с решеткой ильменита (белое). Нерудный минерал (темно-серое). Месторождение Алексеевское, Забайкалье. Полированный шлиф. Ув. 90

2. Структуры зернистые широко развиты в минеральных агрегатах, отложившихся при кристаллизации расплавов и водных растворов в магматических очагах, соленосных бассейнах, открытых трещинах и пустотах горных пород и руд. Морфологические виды структур в этой группе — идиоморфнозернистая (рис. 91), аллотриоморфнозернистая (рис. 92), гребенчатая (рис. 93), радиально-лучистая, гипидиоморфнозернистая (рис. 94), сидеронитовая (рис. 95), порфировидная, пойкилитовая (рис. 96).

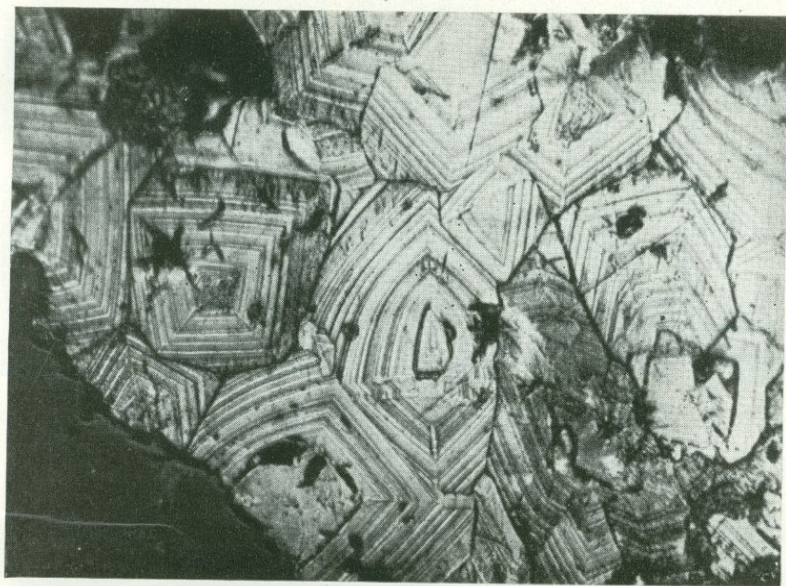


Рис. 91. Идиоморфнозернистая структура агрегата повеллита. Форма и зональное строение зерен выявлены при травлении повеллита HNO_3 конц. в течение 5 мин. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

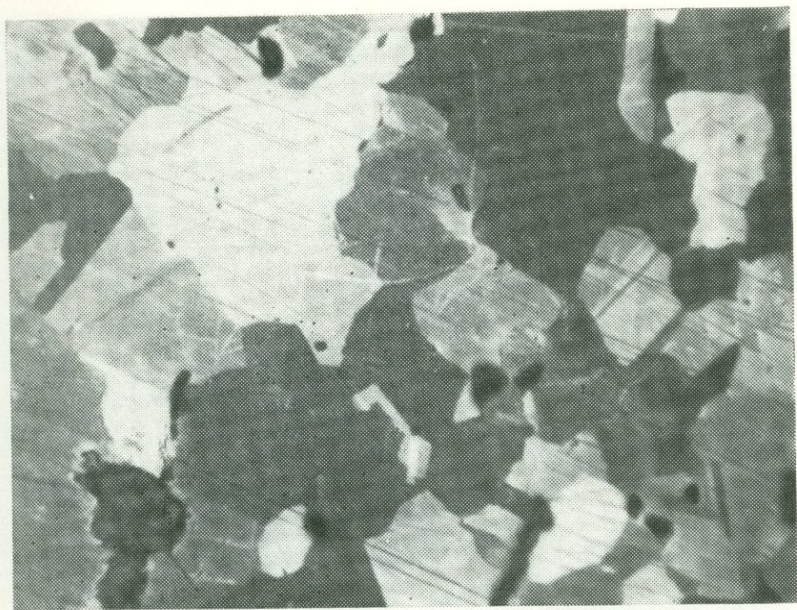


Рис. 92. Аллотриоморфнозернистая структура халькопирита. Протравлен в парах царской водки. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70



Рис. 93. Гребенчатая структура кварца. В центральную часть кварцевого прожилка проникает более поздний агрегат мелкозернистого кварца, хлорита и пирита. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Прозрачный шлиф. В скрещенных николях. Ув. 5

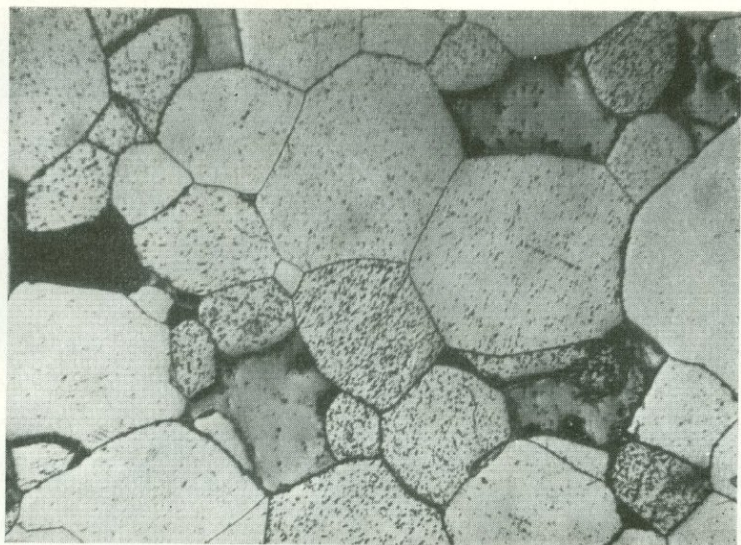


Рис. 94. Гипидиоморфнозернистая структура. Промежутки между идиоморфными зернами пирита (белое, шагреневое) заполнены халькопиритом (светло-серое) и кварцем (черное). Полированный шлиф. Ув. 40



Рис. 95. Сидеронитовая структура. Идиоморфные и гипидиоморфные зерна пироксена (серое) и плагиоклаза (темно-серое) сцементированы пирротинном (белое). Месторождение Талнах Красноярский край. Полированный шлиф. Ув. 63

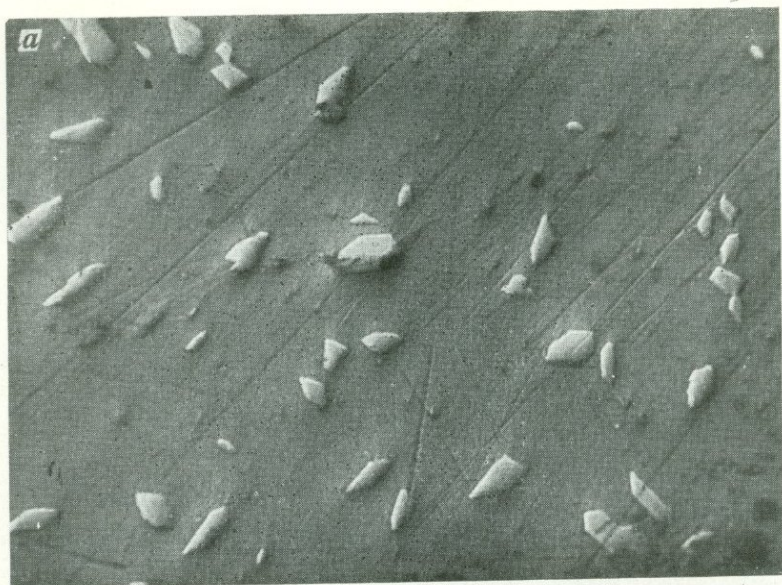


Рис. 96. Пойкилитовая структура срастания зерен киновари (серое) и антимонита (белое). Мелкие кристаллики антимонита являются более ранними образованиями. Месторождение Никитовка, Украинская ССР. Полированный шлиф: *a* — с одним николем; *б* — в скрещенных николях. Ув. 100

3. Структуры коррозионные формируются в минеральном агрегате при разъедании кристаллов и зерен ранее выделившихся минералов остаточными растворами. Из последних выделяются новые минералы, цементирующие реликты и скелетные формы ранних минералов. Границы в коррозионных сращениях между ранними и поздними минералами зазубренные. В этой группе структур выделяются следующие морфологические виды: скелетная (рис. 97), зональная, реликтовая (рис. 99) и разъедания (рис. 98, 100, 101).

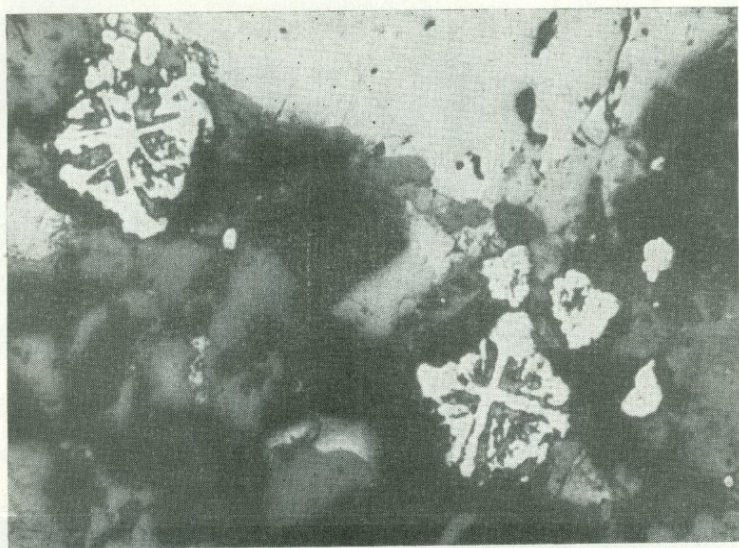


Рис. 97. Скелетные формы зерен пирита (белое) образуются при разъедании сфалеритом (серое). Халькопирит (белое сверху); нерудные минералы (темно-серое). Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 160

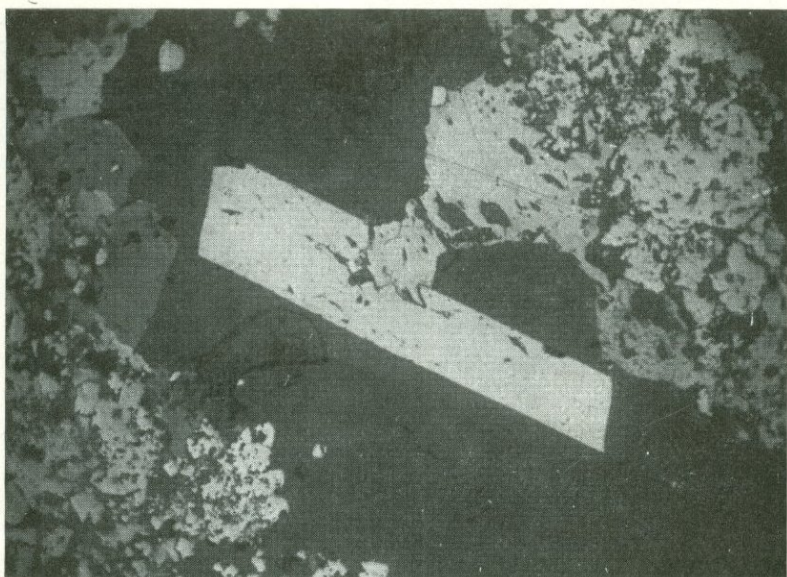


Рис. 98. Структура разъедания. Идиоморфный кристалл арсенопирита (белое) разъедается халькопиритом (светло-серое). Развита кварц (черное) и сфалерит (серое). Месторождение им. III Интернационала, Урал. Полированный шлиф. Ув. 70



Рис. 99. Реликтовая структура. Реликты сфалерита (серое) в галените (белое). Полированный шлиф. Ув. 40

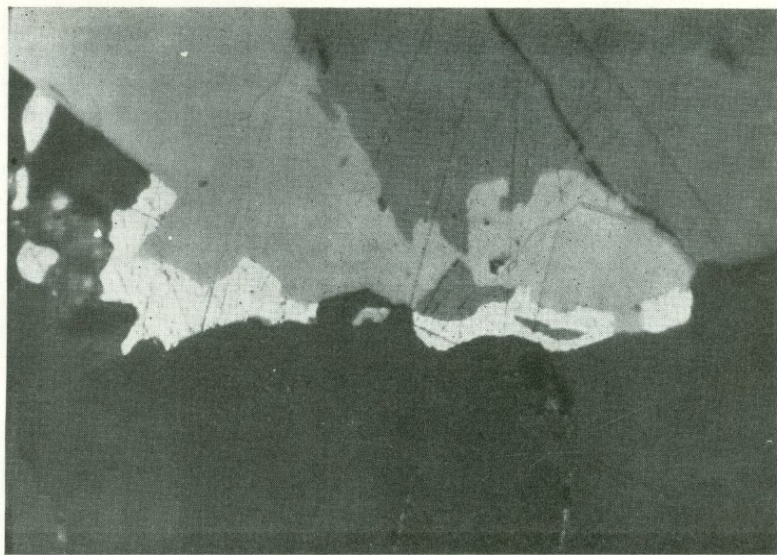


Рис. 100. Структура разъедания. Теннантит (светло-серое) разъедается борнитом (серое справа,верху). Борнит и теннантит корродируются самородным золотом (белое). Нерудные минералы (черное). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320

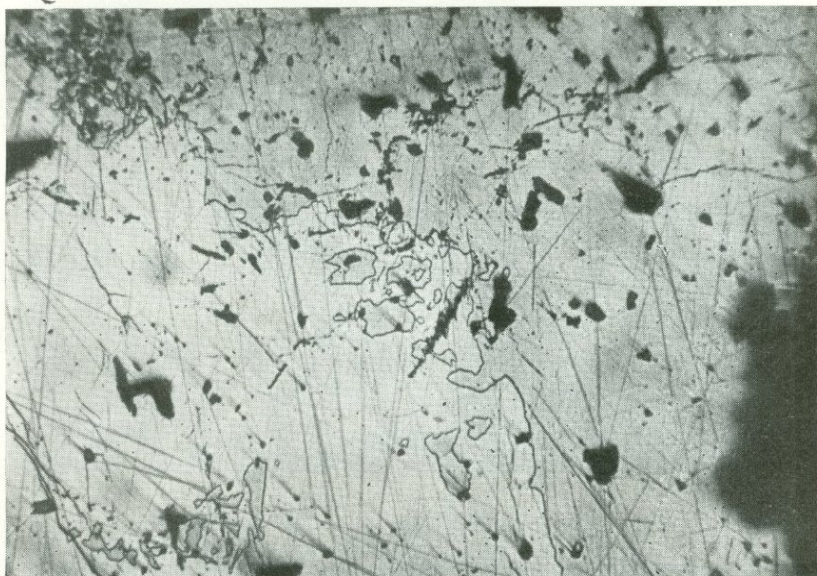


Рис. 101. Структура разъедания. Теннантит II (светло-серое, слева) корродирует энаргит II (серое, справа). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 530. Ув. 320

4. Структуры метазернистые наблюдаются в минеральном агрегате, отложившемся в процессе метасоматического замещения в горной породе, руде и минерале. В группе метазернистых структур выделяются следующие морфологические виды: идиоморфнометазернистая (рис. 102, 103), радиально-лучистая метазернистая, гребенчатая метазернистая (рис. 104), скелетная метазернистая (рис. 105), аллотриоморфнометазернистая (рис. 106), гипидиоморфнометазернистая и порфирометазернистая (рис. 107).

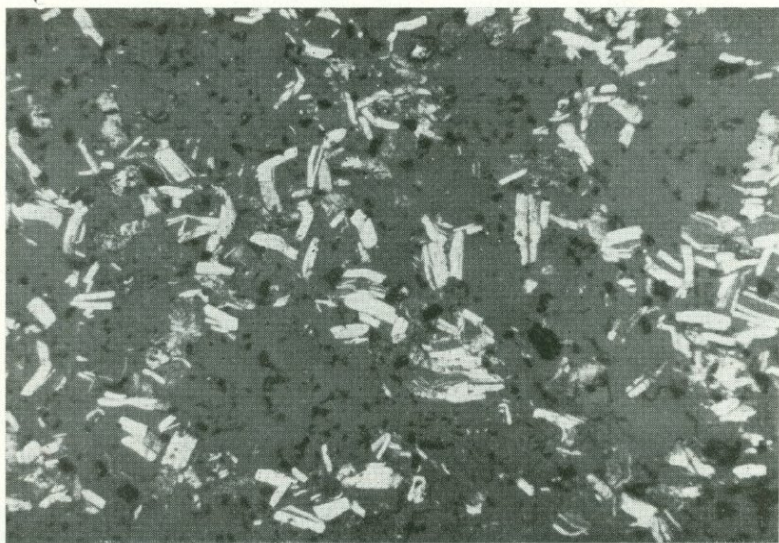


Рис. 102. Идиоморфнометазернистая структура. Метакристаллы молибденита (белое) в роговике (серое). Выбоины (черное). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70



Рис. 103. Идиоморфнометазернистая структура. Метакристаллы кварца (темно-серые) в сфалерите (протравлен, полосы черного и серого цвета) приурочены к трещинкам дробления и пересекают двойники роста. Полированный шлиф. Ув. 70

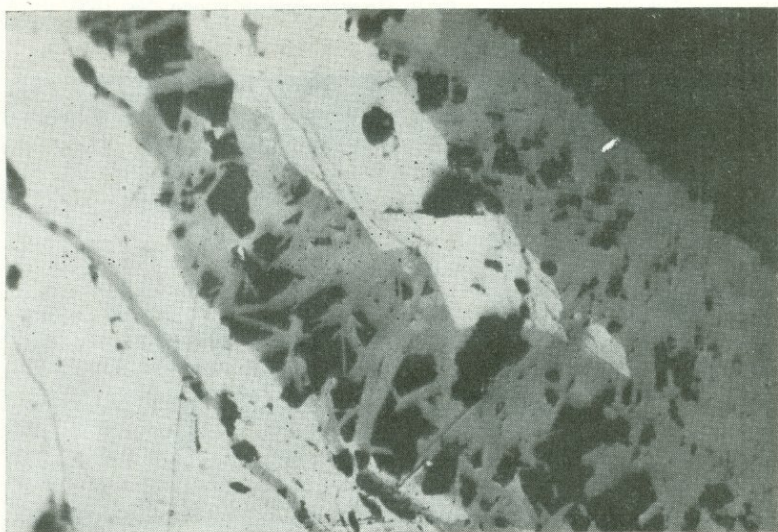


Рис. 104. Гребенчатая метазернистая структура энаргита (серое) в кварц-энаргитовом прожилке. Энаргит замещает халькопирит (белое). Кварц и другие нерудные минералы (черное). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320



Рис. 105. Скелетная метазернистая структура. Метакристаллы куприта правильной и скелетной формы (белое) развиты в массе кальцита (темно-серое). Месторождение Анкаван, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 165

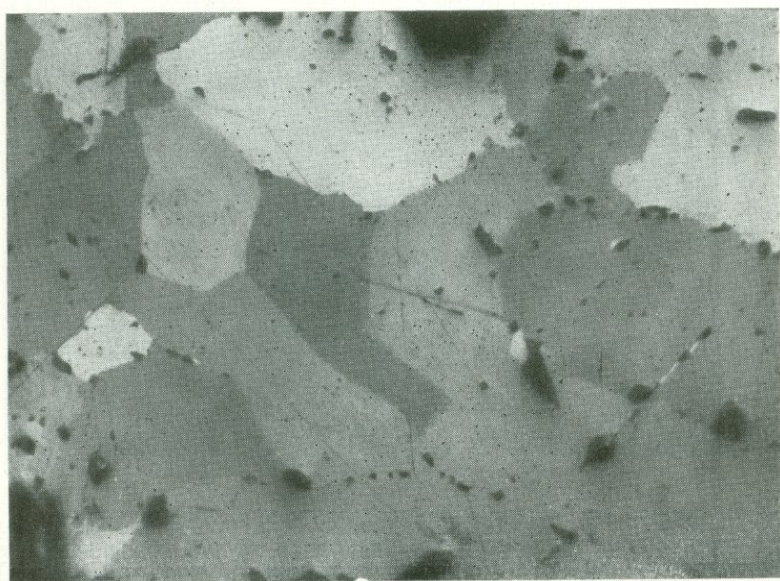


Рис. 106. Структура энаргита аллотриоморфнометазернистая. Месторождение Аравус, Армянская ССР. Полированный шлиф. Николи скрещены. Ув. 165

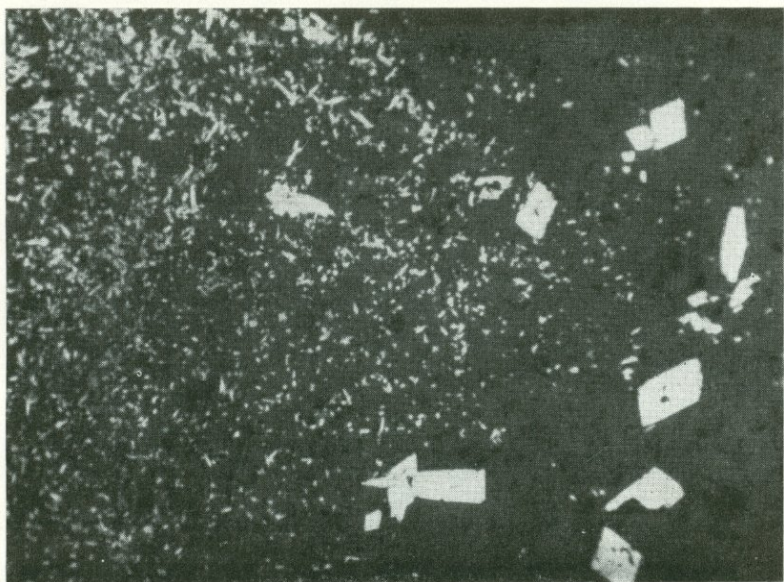


Рис. 107. Порфирометазернистая структура арсенопирита (белое) в карбонатной породе (темно-серое). Месторождение Бакырчак, Казахская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70

5. Структуры коллоидные встречаются в минеральных агрегатах сферической, натечной и фестончатой формы, сложенных мельчайшими индивидами минералов величиной от 0,002 до 0,0002 мм (рис. 108); подразделяются на следующие морфологические виды: гелевая, скрытокристаллическая, концентрически-зональная (рис. 109, 110) и перлитовая, или шариковая (рис. 111).

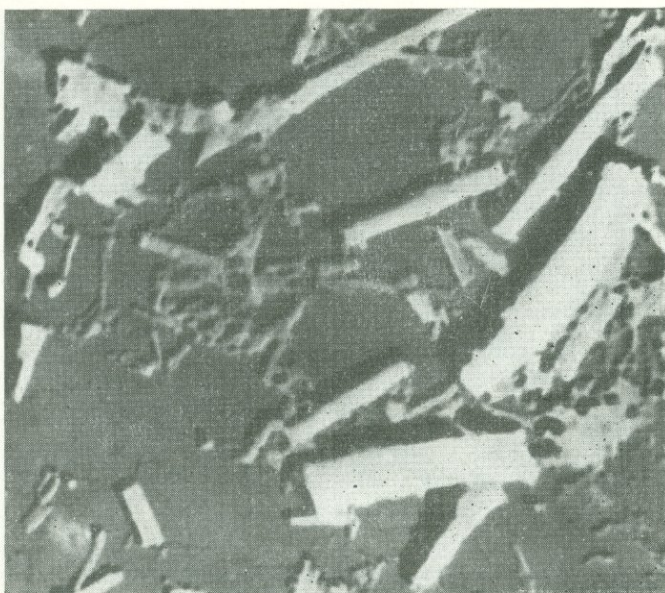


Рис. 108. Форма частиц ферримолибдита. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Ув. 13 000, электронный микроскоп



Рис. 109. Концентрически-зональная структура теннантита I (протравлено). Отдельные зоны сложены халькопиритом V (светло-серое), кварц (темно-серое). Пирит (белое), кварц (темно-серое). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 2062. Ув. 165

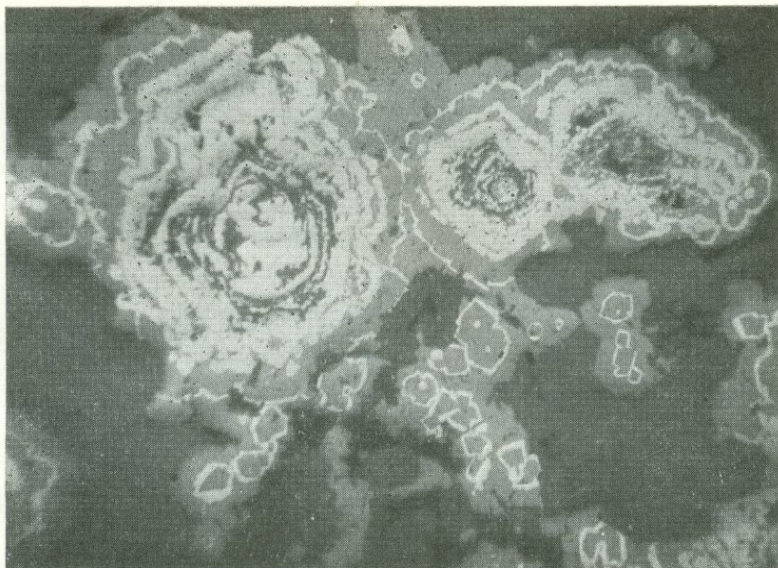


Рис. 110. Концентрически-зональная структура в рудном агрегате почковидной формы. Рудные минералы сфалерит (серое) и халькопирит (белое) развиты в нерудных минералах (черное, темно-серое). Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90.

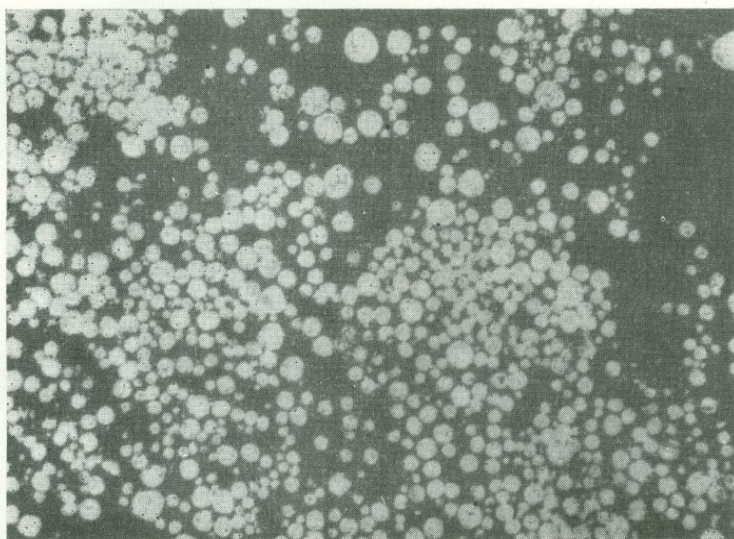


Рис. 111. Перлитовая, или шариковая, структура. Шарики пирита (белое) в кварце (черное). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 120

6. Структуры собственно кристаллобластические формируются в процессе перекристаллизации в твердом состоянии минеральных агрегатов при диагенезе, параморфном превращении под влиянием агентов метаморфизма. Выделяются следующие морфологические виды структур: аллотриоморфнобластическая (рис. 113) или гранобластическая (рис. 114, 115), идиоморфнобластическая (рис. 112), скелетная кристаллобластическая, гипидиоморфнобластическая, ориентированнобластическая (рис. 116, 117), пластинчатая, пойкилобластическая и порфиробластическая (рис. 118, 119).

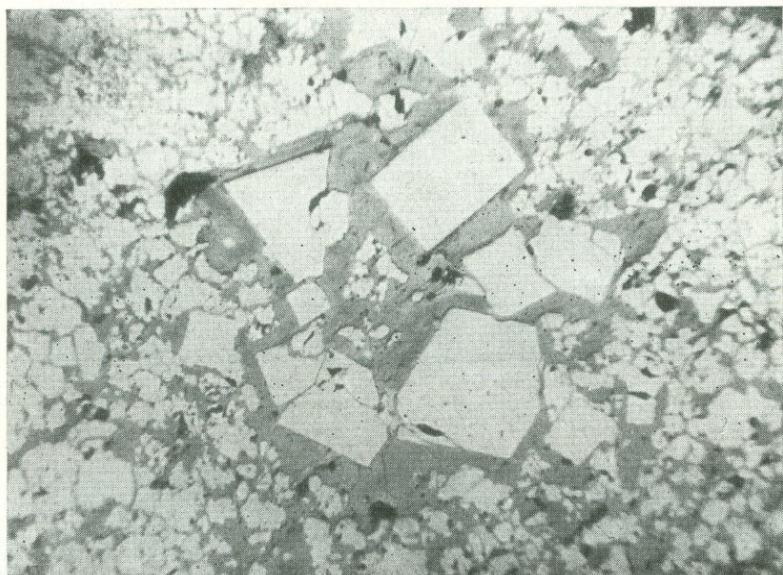


Рис. 112. Идиоморфнобластическая структура. Идиобласты пирита (белое в центре) образуются при перекристаллизации аморфного и скрытокристаллического пирита под влиянием растворов, из которых выделились халькозин и борнит (светло-серое в центре). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90



Рис. 113. Аллотриоморфиобластическая структура. Ксенобласты пирита развиты в волокнистом пирите. Видны трещины дробления. Протравлен HNO_3 конц. + CaFe_2 . Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

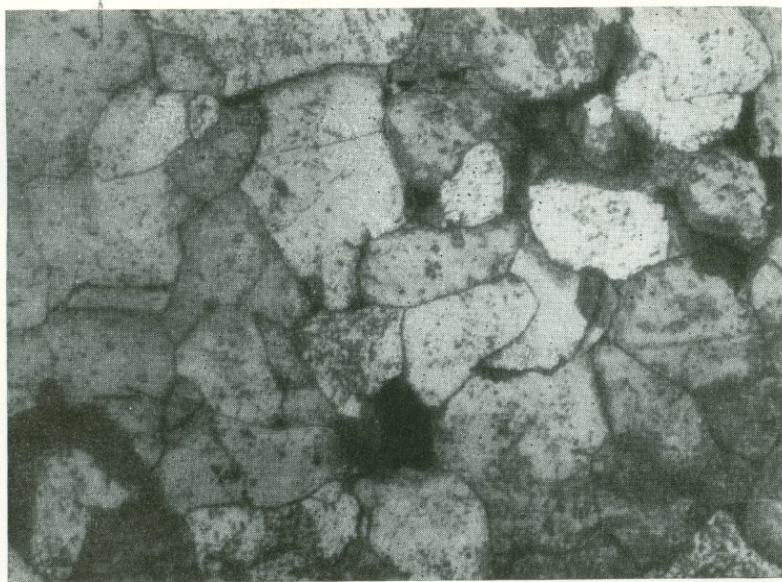


Рис. 114. Гранобластическая структура пирита. Протравлен HNO_3 конц. + CaFe_2 в течение 3 мин. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100



Рис. 115. Гранобластическая структура в борните I. Протравлен в реактиве I+KI. Реликты пирита (белое). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф 110. Ув. 320.

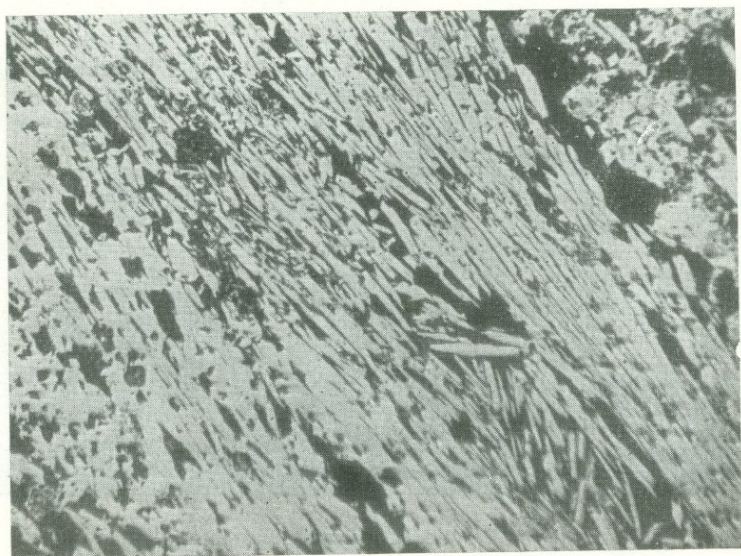


Рис. 116. Ориентированнобластическая структура. Пластинки гематита (белое) ориентированы согласно сланцеватости. Нерудный минерал (темные участки). Яковлевское месторождение, КМА. Полированный шлиф. Ув. 85



Рис. 117. Ориентированнобластическая структура в агрегате антимонита. Уд-
рейское месторождение, Красноярский край. Полированный шлиф. Ув. 90

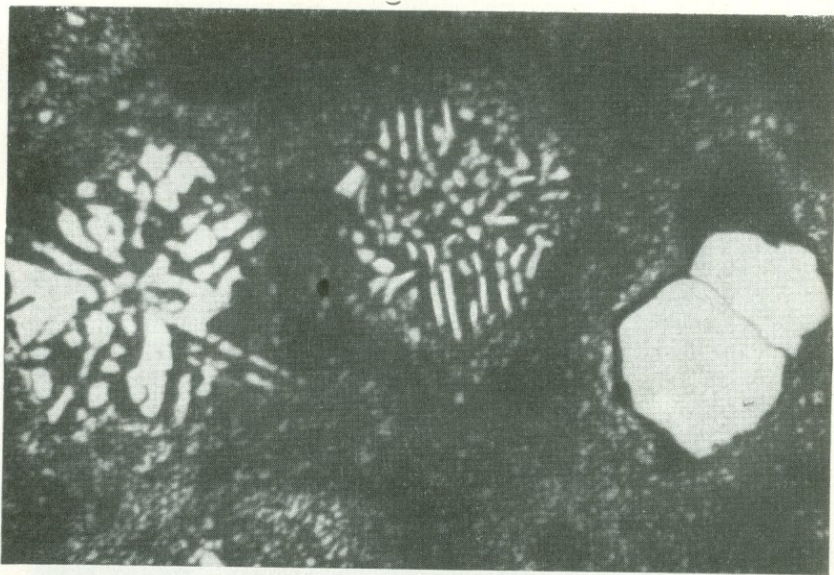


Рис. 118. Порфиробластическая структура пирита (белое) в тонкозернистом
халькопиритовом агрегате (черное, протравлен в парах царской водки; зерно
раннего пирита—белое, справа). Месторождение Кафан, Армянская ССР. По-
лированный шлиф. Ув. 70

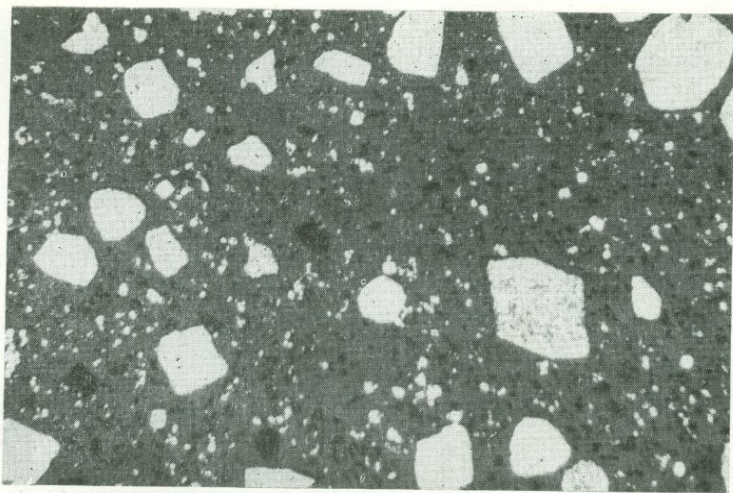


Рис. 119. Порфиробластическая структура руды. Идиобласты пирита (белое) разной величины. Строение зерен однородное. Пирит протравлен, нерудный минерал — черное. Месторождение Левиха, Средний Урал. Полированный шлиф. Ув. 70

7. Структуры метаколлоидные образуются при раскристаллизации геля в твердом состоянии. Морфологическими видами структур являются радиально-лучистая (рис. 120, 122, 123) и волокнистая (рис. 121, 124).

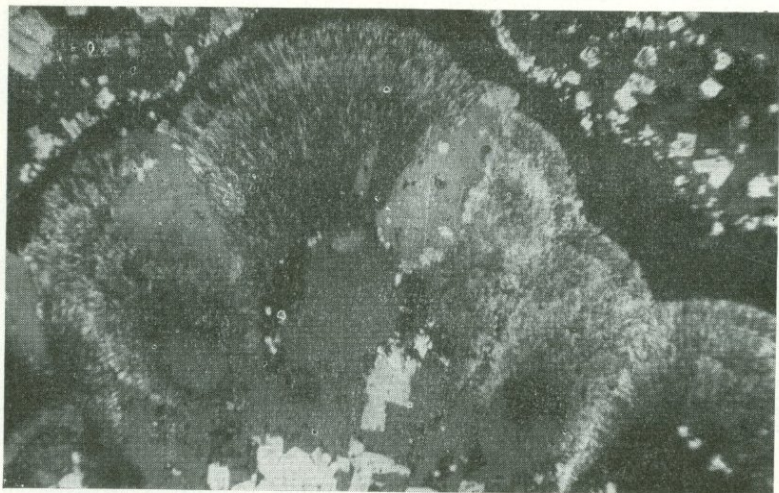


Рис. 120. Почка радиально-лучистого пирита (протравлен) разъедается и замещается сфалеритом (серое) и баритом (черное). Внизу идиобласты пирита. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

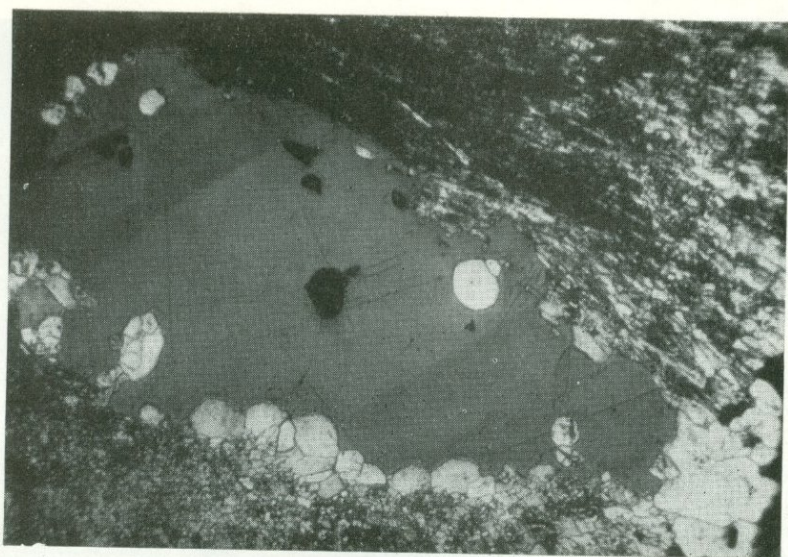


Рис. 121. Волокнистый пирит на контакте с поздним сфалеритом (серое) перекристаллизован. Кристаллобласти пирита (белое, округлое) развиты между сфалеритом и ранним пиритом. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 80

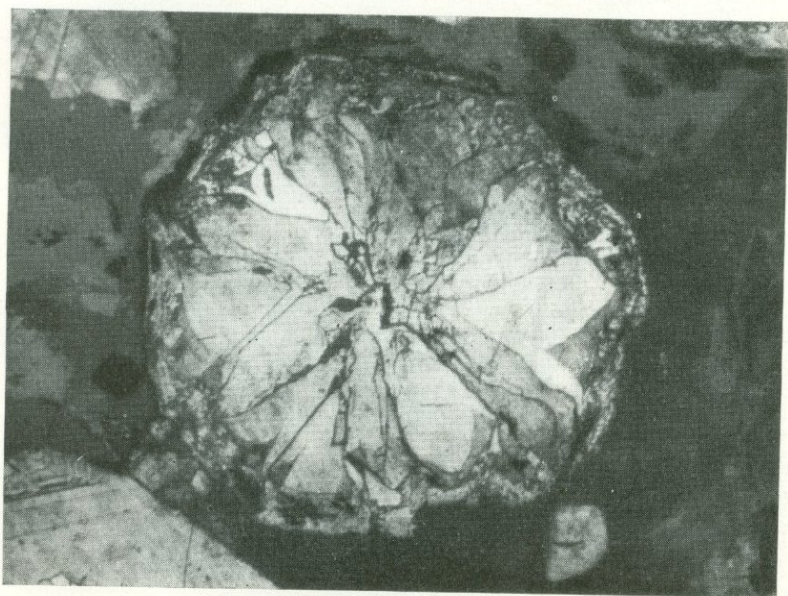


Рис. 122. Почка пирита с радиально-лучистым строением. Пирит протравлен в HNO_3 конц. + CaFe_2 . Вокруг пирита развиты сфалерит и нерудный минерал (серое, темно-серое). Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 160

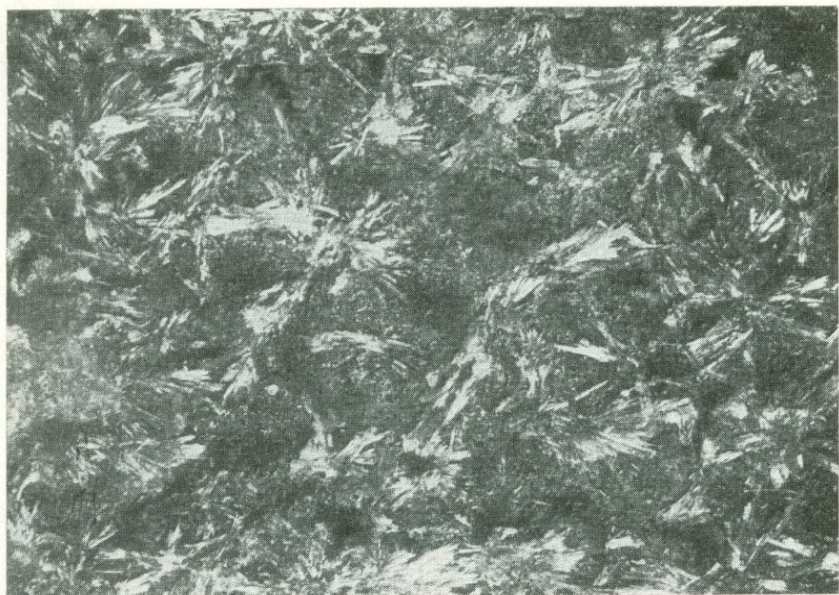


Рис. 123. Радиально-лучистая структура агрегата малахита. Месторождение Анкаван, Армянская ССР, карьер. Штуф. Ув. 1,5.

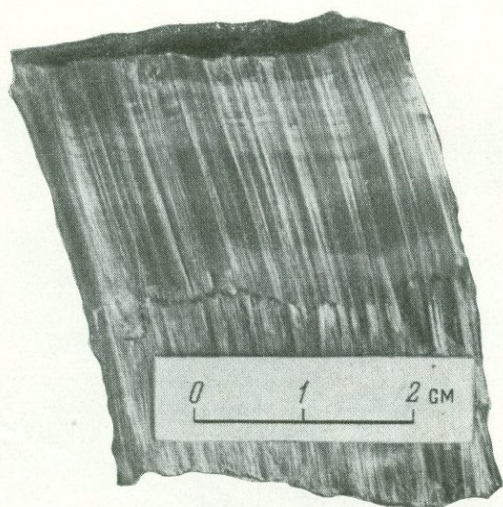


Рис. 124. Тонковолокнистая структура хризотил-асбестового агрегата. Волокнистость развивалась в процессе раскристаллизации кремнемагнезиальных гелей (асбогелей). По Б. Я. Меренкову. Месторождение Баженовское, Урал

8. Структуры распада твердых растворов наблюдаются в сложных по составу минералах — твердых растворах. Последние при понижении температуры подвергаются перекристаллизации в твердом состоянии с образованием более простых минеральных видов и характерных срастаний между ними. Морфологические виды структур в этой подгруппе: эмульсионная (рис. 125), звездчатая (рис. 126), пластинчатая и решетчатая (рис. 127), графическая (рис. 128), пламенивидная (рис. 129) и петельчатая (рис. 130).

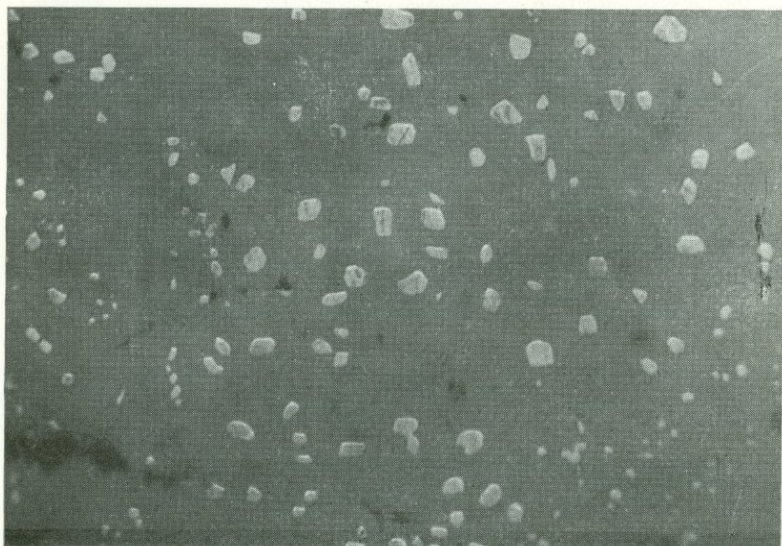


Рис. 125. Эмульсионная структура распада твердого раствора сфалерит (серое) + халькопирит (белое). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320

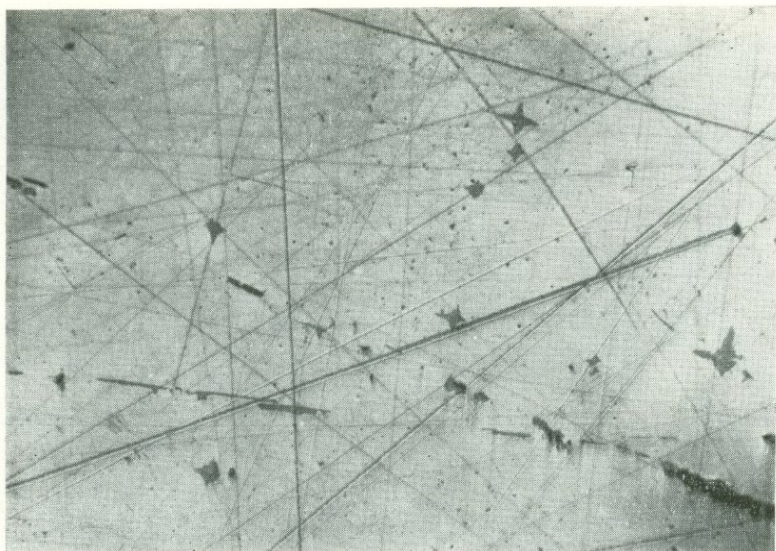


Рис. 126. Звездчатая структура распада твердого раствора халькопирит+сфалерит (халькопирит, белое — основное поле; сфалерит, серое — включения). Месторождение Высокогорское, Урал. Полированный шлиф. Ув. 160

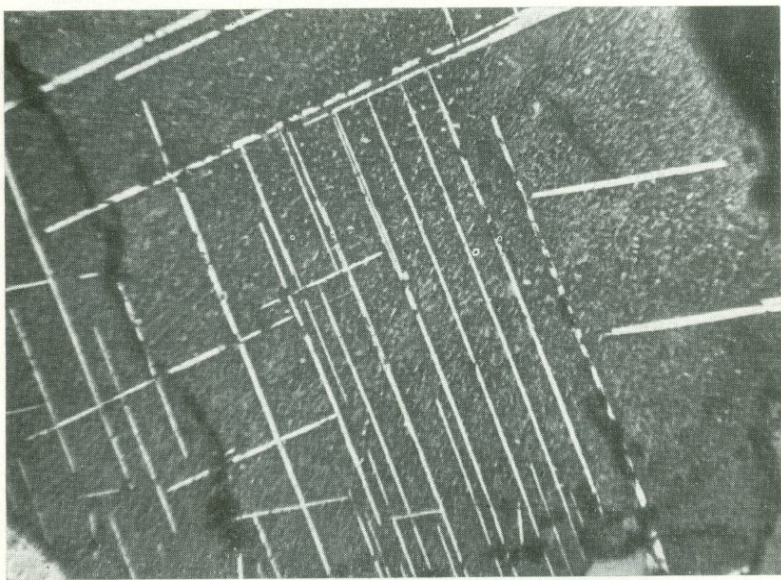


Рис. 127. Пластинчатая и решетчатая структуры распада твердого раствора магнетит+ильменит. Магнетит протравлен в HCl (конц.) в течение 5 мин. Ильменит (белое). Месторождение Алексеевское, Забайкалье. Полированный шлиф. Ув. 90

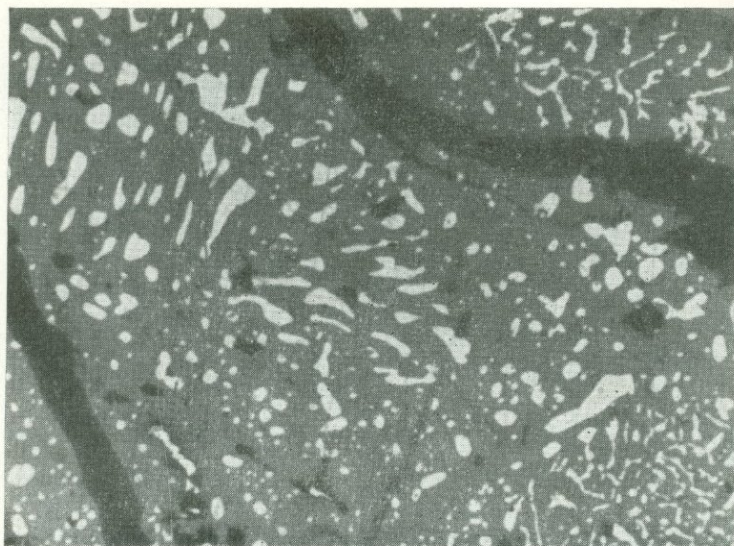


Рис. 128. Графическая и эмульсионная структуры распада твердого раствора сфалерит+халькопирит (сфалерит — темно-серое; включения халькопирита — белое). В сфалерите и халькопирите развиты прожилки карбоната (черное). Место-рождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100

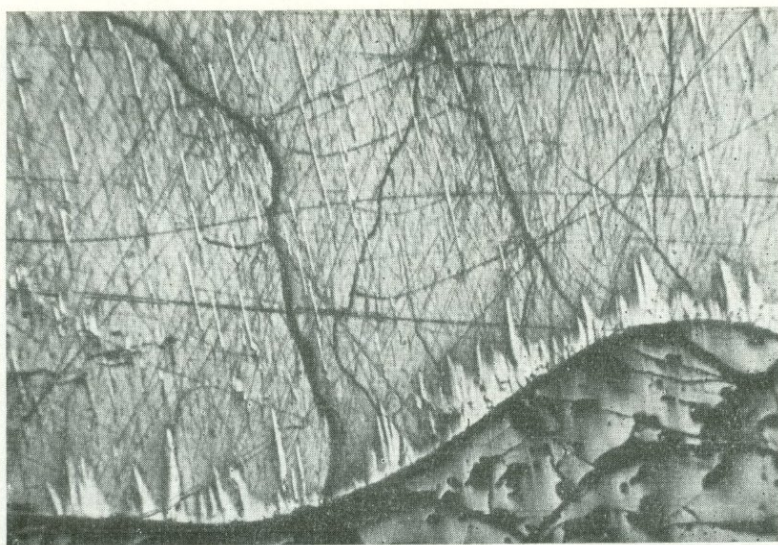


Рис. 129. Пластинчатая и пламенивидная структуры распада твердого раствора пирротин (серое)+пентландит (белое). Пирротин протравлен КОН. Внизу зерно магнетита. Видны трещины. Местоорождение Мончегорское, Кольский полуостров. Полированный шлиф. Ув. 85

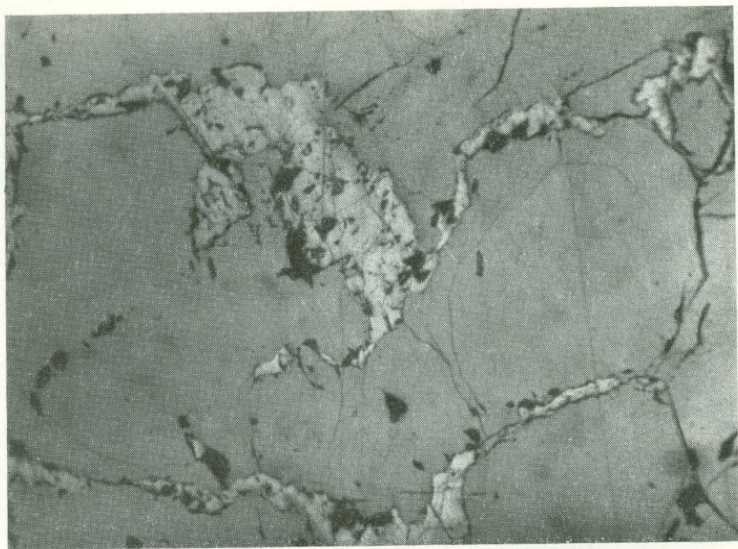


Рис. 130. Петельчатая структура распада твердого раствора пирротин+пентландит. Выделения пентландита с извилистыми границами (более светлое, прожилкообразное) развиты между зернами пирротина (более темное). Месторождение Мончегорское, Кольский полуостров. Полированный шлиф. Ув. 70

9. Структуры катакластические и кластические характеризуются кластическими зернами—обломками минералов. Катакластические структуры являются вторичными и формируются в минеральном агрегате в процессе его дробления и смятия под действием агентов динамометаморфизма или выветривания. Морфологические виды катакластических структур: раздробленная (рис. 132), гранокластическая, тонкокластическая, порфирокластическая (рис. 131), ориентированнокластическая (рис. 133), ориентированнозернистая (рис. 134, 135), смятия (рис. 136) и расщепления (рис. 137). Кластические структуры — первичные. Они формируются одновременно с минеральным агрегатом в процессе отложения. Морфологические виды кластических структур: обломочная (рис. 138) и разновидности ее — псефитовая, псаммитовая, алевролитовая и пелитовая.

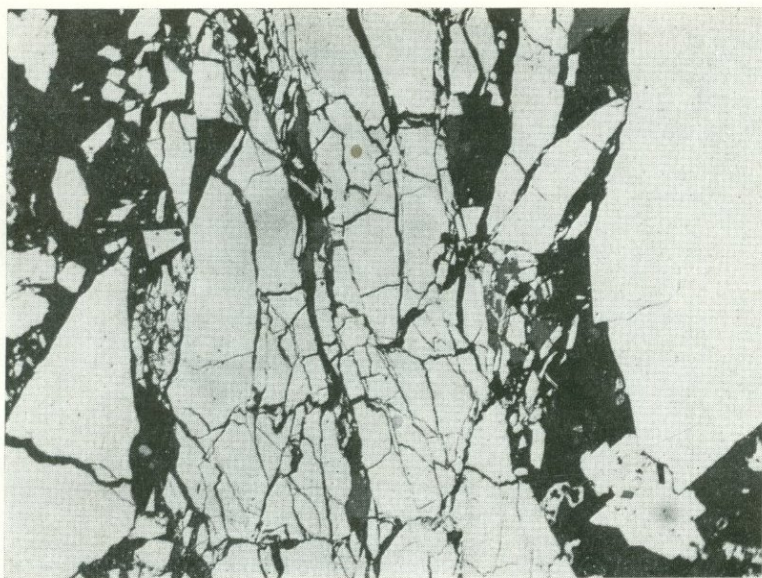


Рис. 131. Порфирокластическая структура в агрегате пирита. Обломки пирита (белое) сцементированы кварцем (черное). Полированный шлиф. Ув. 40



Рис. 132. Раздробленная структура в агрегате энаргита (белое). Диккит — черное. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90

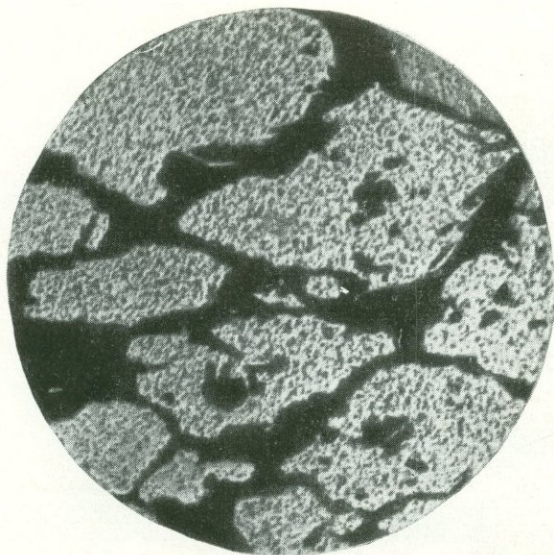


Рис. 133. Ориентированнокластическая структура в серноколчеданной руде. Обломки пирита (белое) линзообразной формы расположены параллельно друг другу в кварце (черное). Месторождение им. III Интернационала, Средний Урал. Полированный шлиф. Ув. 60

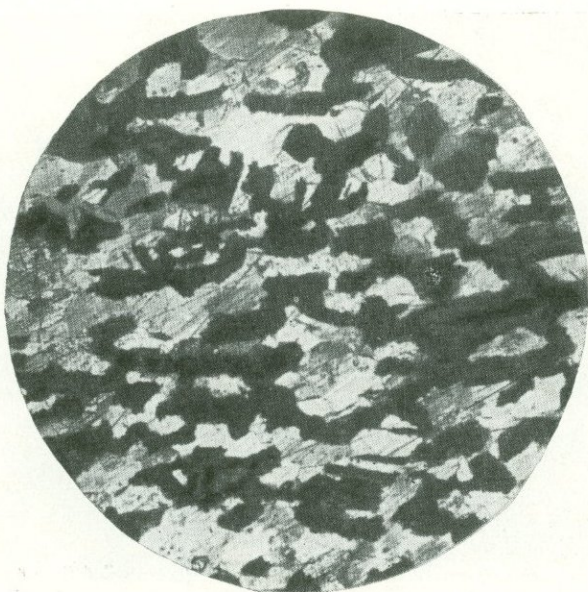


Рис. 134. Ориентированнозернистая структура в агрегате халькопирита. Минерал протравлен в парах царской водки. Месторождение Левиха, Средний Урал. Ув. 40

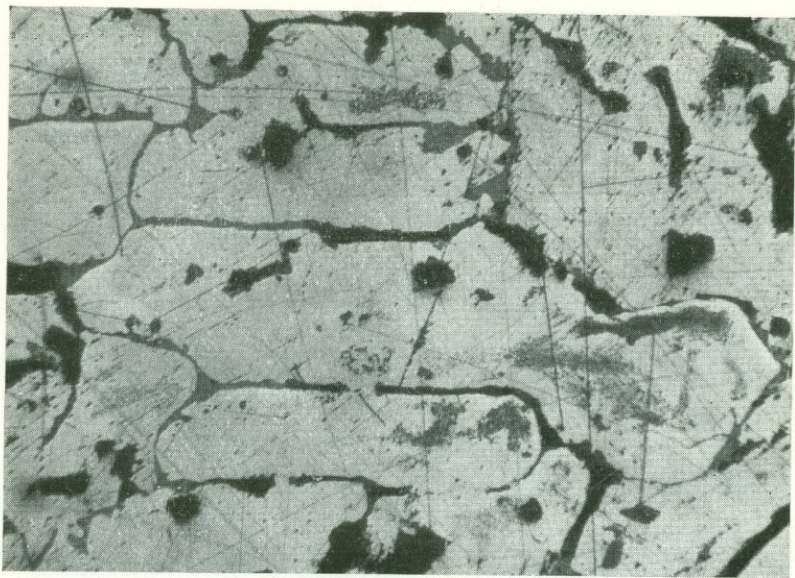


Рис. 135. Ориентированнозернистая структура. Форма зерен галенита выявляется благодаря отложению поздних минералов (кварц — черное, вольфенит — серое) по границам зерен. Месторождение Привольное, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90

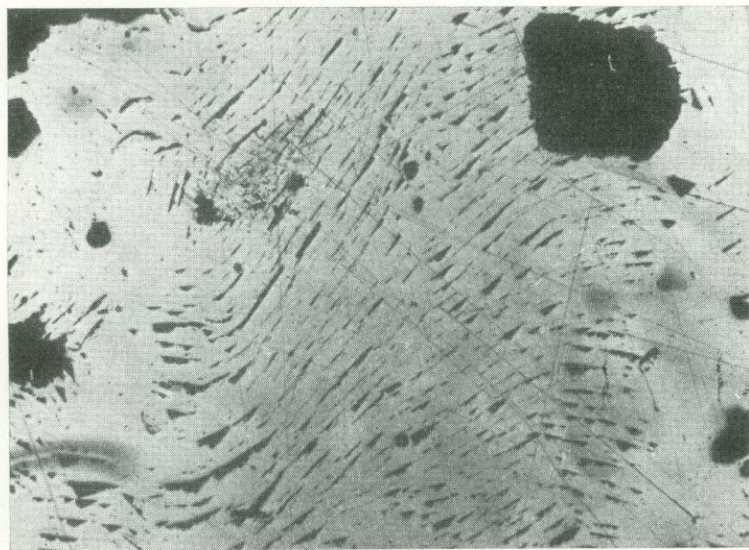


Рис. 136. Структура смятия в галените (белое, с треугольниками). Кварц — черное. Месторождение Садон, Дагестанская АССР. Полированный шлиф. Ув. 40



Рис. 137. Структура расщепления и смятия (в левом верхнем углу) в агрегате молибденита (белое); кварц (темно-серое). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 90

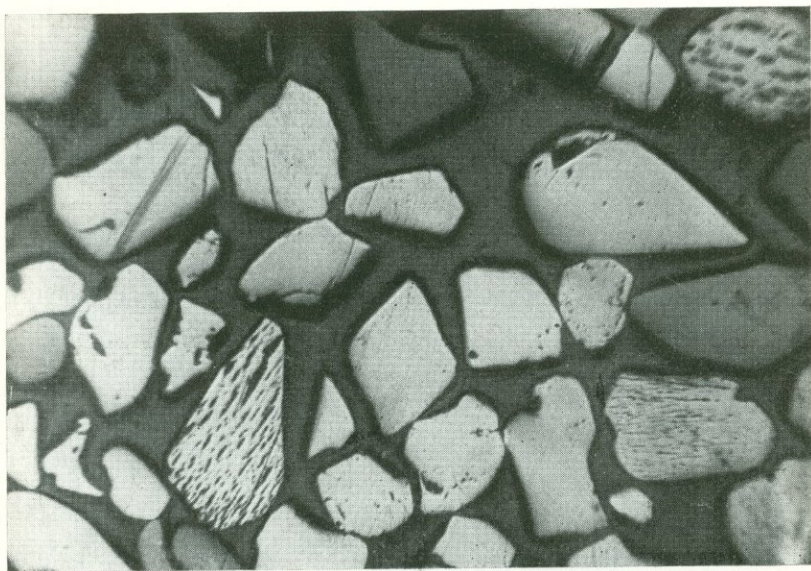


Рис. 138. Обломочная структура в агрегате рутила, ильменита (белое), циркона (серое, рельефное) и кварца (черное). Обломки минералов сцементированы дикситом (черное). Полированный шлиф. Ув. 90

ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РУД» И К РАЗДЕЛУ «ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И СТРОЕНИЕ РУД» В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР-ГЕОЛОГ (0101)

Введение

Кратко характеризуются использованные материалы (образцы, шлифы, пришлифовки, зарисовки) и применяемые автором методы исследования (макроскопические, микроскопические и др.). Образцы и шлифы отбираются студентом на месторождении с точной привязкой. Собираются графические материалы, отражающие распределение минеральных ассоциаций и привязки образцов. Приводится краткая характеристика ранее проведенных минералогических исследований.

Излагаются основные результаты работы с указанием темы УИР, выполненной студентом.

ГЛАВА I

Краткая геологическая характеристика месторождения

Глава пишется на 2—3 страницы и составляется по личным наблюдениям и литературным данным. Содержит краткие сведения о рудовмещающих породах и их околорудном изменении, рудогенерирующих интрузиях и рудоконтролирующих структурах. Наиболее детально характеризуются морфология, размеры и внутреннее строение рудных тел, минеральный состав руд, текстуры и структуры, типы и сорта руд, распределение минеральных ассоциаций в пространстве. Приводятся краткие сведения о генезисе месторождения.

Иллюстрации — фрагменты карт, погоризонтных планов, разрезов по месторождению с отражением морфологии рудных тел.

ГЛАВА II

Минеральный состав руд

Размер главы 8 страниц, строится в основном на результатах личных исследований студента. Вначале приводится разделение рудообразующих минералов на группы по количеству их в руде (табл. 1).

Диагностические свойства минералов сведены в табл. 2. Далее приводится описание каждого минерала в порядке, соответствующем их ценности или количественному распределению. Сначала описываются все рудные минералы с подразделением по группам металлов: минералы железа, меди, цинка и т. д., затем жильные.

Описание всех рудообразующих минералов составляется по единому плану: название минерала, количество и форма проявления в руде или в отдельных типах руд (вкрапленность, пятна, прожилки, массивные скопления и т. д.), выделяются генерации и разновидности.

Описание каждой генерации составляется по плану: 1) приуроченность к определенной минеральной ассоциации и количественное содержание в данной ассоциации; 2) форма и размеры выделений минерала; 3) форма, размеры, внутреннее строение зерен; включения в зернах; признаки метаморфизма; генетический тип зерен; 4) парагенезис на основе характера границ и взаимоотношения с другими минералами (учитываются наиболее часто встречающиеся, типичные взаимоотношения); 5) отличительные особенности данной генерации (табл. 3).

Таблица 1

Минеральный состав полиметаллических руд (в %)

Гипогенные	Рудные	Главные >10	Второстепенные 10—1	Редкие <1
		Пирит 30 Халькопирит 20 Сфалерит 10	Галенит 8 Теннантит 2	Алтант Гессит
	Жильные	Кварц 20	Кальцит 5 Гипс 5	
Гипергенные	Рудные			Халькозин Борнит Ковеллин

Таблица 2

Диагностические свойства рудных минералов в отраженном свете

Минерал, формула, сингония	R, %	ΔR	Цвет	Явления анизотропии: A ₁ , A ₂ , A ₃ , И	Внутренние рефраксы	Твердость			Форма и строение зерен	Диагностическое травление	Микрохимические реакции
						по царапанию	по рельефу	<i>H</i>			

Примечание. Минералы: A₁ — слабо анизотропные; A₂ — отчетливо анизотропные; A₃ — сильно анизотропные; И — изотропные минералы; *H* — число микротвердости.

Таблица 3

Отличительные признаки генераций минералов

Минералы	Генерация или разновидность	Форма мономинеральных выделений	Размеры выделений	Форма зерен	Размеры зерен	Внутреннее строение зерен	Включения в зернах	Элементы-примеси
Пирит	I II							
Халькопирит	I II III							

Текстурно-структурные особенности руд. Характерные минеральные ассоциации

Глава состоит из 7 страниц. В начале главы дается определение основных терминов, используемых автором — текстура и структура, на основе отечественной литературы.

Описываются текстуры руд. Особенно важны текстуры, отражающие взаимоотношения минеральной ассоциации с другими более ранними и поздними ассоциациями.

Описываются структуры минеральных ассоциаций. Составляется табл. 4 генетических групп текстур и структур и их морфологических видов в рудах со ссылками на иллюстрации (зарисовки, фотографии и отпечатки).

Описание текстур и структур производится по генетическим группам, перечисленным в табл. 4. В каждой группе сначала приводится описание морфологических видов текстур, затем структур.

На основании текстурно-структурного анализа составляются выводы о способе отложения руды и выделяются характерные минеральные ассоциации.

ГЛАВА IV

Последовательность минералообразования в рудах

Глава должна быть написана на 5 страницах и в ней даны определения основных терминов: характерная минеральная ассоциация, парагенезис минералов, генерация минерала, этапы и стадии минерализации, критерии выделения этапов и стадий минерализации.

Далее следует описание схемы последовательности минералообразования, составленной по общепринятой форме (см. рис. 30, 31, 46, 47). Характеризуются этапы и стадии минерализации, на основе описания соответствующих им ассоциаций описывается последовательность отложения минералов в каждой ассоциации. Описание каждой характерной минеральной ассоциации составляется по следующему плану: 1) название ассоциации, минеральный состав (перечисляются минералы в последовательности их выделения); 2) распределение в руде, рудном теле, месторождении; 3) форма, размеры агрегатов ассоциации, характер срастания и возрастные взаимоотношения с другими ассоциациями; 4) текстуры и структуры; 5) парагенезисы; 6) генерации минералов; 7) типоморфные особенности минералов. Выводы о физико-химических условиях рудоотложения.

Таблица 4

Генетические группы и морфологические виды текстур и структур

Генетические группы	Заполнения пустот в породах и рудах	Метасоматического замещения пород и руд	Диагенеза и метаморфизма
Текстуры	Прожилковая (рис.)	Каемочная (рис.) Вкрапленная (рис.)	Метаколлоидная (рис.) Гнейсовидная (рис.)
Структуры	Идиоморфнозернистая или гребенчатая (рис.)	Гелевая (рис.) Идиоморфнометазернистая (рис.)	Радиально-лучистая (рис.) Ориентированнозернистая (рис.)

Качественная характеристика руд

Глава должна быть представлена на 2—3 страницах. Даются определения терминов: природные типы и технологические сорта руд. Все исследования по изучению качества руды сводятся в таблицу (см. табл. 23 и 24).

На основе анализа карточки технологической характеристики делаются выводы о качестве руды по основным показателям (содержание основного компонента, полезных и вредных примесей, форма выделений и характер границ рудообразующих минералов, размерность их выделений, текстуры и структуры, благоприятные и неблагоприятные для обогащения), а также составляется заключение о возможных способах обогащения и переработки руды, получаемых концентратах, потерях полезных компонентов и их причинах и др.

Учебно-исследовательская работа студента (УИРС)

Результаты исследований по УИРС оформляются в виде самостоятельного раздела на 2—5 страницах или в соответствующей главе курсовой работы.

Заключение

На основании проведенных исследований делается вывод о принадлежности месторождения или рудопрооявления к определенному генетическому типу и рудной формации. Приводятся краткие сведения о физико-химических условиях образования руд на основании изученных особенностей их минерального состава и строения, а также сведения о промышленном значении данного типа руды.

Список литературы включает использованную автором литературу, на которую делаются ссылки в тексте. Список составляется по общим правилам. Все *иллюстрации* к тексту должны быть подписаны и пронумерованы, на них должны быть сделаны соответствующие ссылки в тексте.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ УИРС ПО КУРСУ «МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РУД»

Научная работа студентов в высшем учебном заведении является эффективным средством повышения качества обучения и воспитания высококвалифицированных специалистов. Соединение учебно-воспитательного процесса с научными исследованиями является наилучшей формой профессиональной подготовки будущего горного инженера-геолога.

Учебно-исследовательская работа студентов (УИРС) отличается от научно-исследовательской работы студентов (НИРС) тем, что она включается в учебный план в качестве обязательных занятий.

1. По методам диагностики рудообразующих минералов в отраженном свете:

1. Методика приготовления полированных шлифов.

2. Изучение R и ΔR минералов по литературным данным. Количественное измерение R на приборах. Дисперсия R и цвет рудных минералов. Отражение и внутренние рефлексы минералов. Поляризационные или коноскопические фигуры на примере изотропных и анизотропных минералов.

3. Построение различных типов спектров отражения для группы ясноокрашенных, слабоокрашенных и бесцветных минералов; для минералов с высоким, средним и низким отражением.

4. Построение графиков вариации R и H для минералов группы теллуридов, сульфидов, сульфосолей, окислов и др.

5. Изучение магнитности методом порошкографии (магнетит, пирротин, кубанит, реньерит и др.).

6. Кристалломорфные особенности рудных минералов, их генетическое и технологическое значение.

7. Применение фазового микрохимического анализа для характеристики минерального состава сульфидных и окисленных руд: медно-никелевых, медноколчеданных, медно-молибденовых, полиметаллических и др.

8. Применение метода окрашивания для диагностики жильных минералов: карбонатов, сульфатов, глинистых минералов и минералов окисленных руд.

9. Минералы — геологические термометры в рудах эндогенных месторождений.

10. Парагенезисы минералов — важный критерий диагностики на примере различных типов руд.

11. Некоторые вопросы технологической минералогии.

В лабораториях студенты могут выполнять УИРС по следующим тонким методам изучения рудных минералов: а) электронно-микроскопическое; б) рентгеноструктурное (микрорентгеноструктурное); в) спектральное (микроспектральное). Научное руководство осуществляют преподаватель и научный сотрудник лаборатории.

11. По текстурно-структурному анализу.

1. Изучение типоморфных особенностей рудообразующих минералов на примере материала курсовой работы.

2. Типоморфные минеральные ассоциации и их значение при диагностике рудных минералов и определении типа рудной формации.

3. Парагенетический анализ руд. Построение диаграмм состав — парагенезис для руд месторождений различного генезиса.

4. Генетическое и практическое значение текстур и структур в рудах различных формаций.

5. Постановка опытов по выявлению структуры мономинеральных агрегатов и внутреннего строения зерен методом структурного травления для слабо изученных минералов — золота, теннантита, тетраэдрита, аргентита, пентландита, галенита и др.

6. Текстуры и структуры — геологические термометры в рудах месторождений эндогенного генезиса.

7. Коррозионные микротекстуры и структуры, их различие и значение.

8. Явления диагенеза в рудах. Типоморфные текстуры и структуры.

9. Текстуры и структуры, благоприятные для обогащения, в сравнении с рудами разных типов. Их описания и иллюстрации.

10. Текстуры и структуры, неблагоприятные для обогащения, в сравнении с рудами разных типов. Их описания и зарисовки.

11. Составление альбома фотографий, микрофотографий и зарисовок образцов и шлифов с текстурами и структурами в рудах метасоматического замещения.

12. Составление альбома иллюстраций текстур и структур в рудах метаморфизованных месторождений.

13. Качественная характеристика природных типов руд различных металлов (в сравнении).

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

Текстура	Номер рисунка в прил. 2	Стр.	Текстура	Номер рисунка в прил. 2	Стр.
Брекчиевая	37, 38	36	Неоднородные		25
Брекчиевая унаследованная		36	Нитеобразная	55	39
Брекчиевидная	39, 40	36	Нодулярная	6	26
Брекчиевидная унаследованная	39, 40	36	Обломочные		36
Валунчатая	—	36	Однородные		24
Вкрапленная	3, 4	26	Оолитовая	30	33
Гнейсовидная	12, 13	27	Оолитовая метаколлоидная		33
Графическая	59, 60	41	Оолитовая унаследованная		33
Грубослоистая	—	28	Органогенная		38
Дендритовая	24	30	Органогенная унаследованная	46—49	38
Друзовая выполнения	25а, 26	31	Очковая		26
Друзовая перекристаллизации	25б, 27	31	Охристая		37
Жеодовая	28	32	Пересечения		37
Землистая		35	Петельчатая	57	30
Зональная унаследованная	—	39	Петельчатая, или сетчатая	57	30, 39
Зональная каемочная	—	39	Пещеристая		39
Кавернозная	65	39	Плющчатая	18	
Каемочная	53, 54	41	Плющчатая унаследованная		
Каркасная		41	Полосчатая	8, 9	27
Катакlastические и кластические		35	Полосчатая унаследованная	10, 11	27
Кокардовая	39, 41	36	Пористая		41
Колломорфная	33, 34	34	Порошковатая		25, 35
Колломорфная метаколлоидная	34	34	Порошковатая коллоидная		35
Колломорфная унаследованная		34	Порошковатая катакlastическая		37
Колломорфно-полосчатая		28	Почковидная	31	33
Колломорфно-полосчатая метаколлоидная		28	Почковидная метаколлоидная		34
Конгломератовая	42, 43	37	Почковидная унаследованная		34
Конкреционная	32	34	Прожилковая	7, 19, 20	29
Конкреционная метаколлоидная		34	Прожилкообразная	21, 22	29
Концентрическикорлуповатая		34	Просечковая		30
Концентрическислоистая		34	Псевдооолитовая		37
Корковая	23	30	Псевдослоистая		29
Косослоистая		38	Пятнистая	5	26
Коррозийные		38	Равномерновкрапленная		25
Крустификационная		28	Разъедания	62	41
Линзовидная	15, 16, 17	29	Реакционно-каемочная	53	41
Линзовидная унаследованная	14	29	Реликтовая	51, 52, 57	41
Массивная		25	Решетчатая	58	39
Метаколлоидные	1, 2	34	Сажистая		32
Миаролитовая		26	Секреционная	29	37
Микрослоистая		28	Сетчатая	56, 57	32
Натечные		32	Скелетная микротекстура	50	32

Структура	Номер рисунка в прил. 2	Стр.	Форма и внутреннее строение зерен	Номер рисунка в прил. 2	Стр.
Скелетная коррозионная	97	52	Двойники давления	81, 82,	48
Скелетная метазернистая	105	56		83, 84	
Скелетная кристаллобластическая		58	Зональное	73, 74	47
Скрытокристаллическая		56	Идиоморфная	67	47
Смятия	136	61	Концентрически-зональное	75, 76	43
Собственно кристаллобластические		58	Ложные фигуры травления	66	43
Субграфическая		60	Лучистая		43
Сферолитовая метакolloидная		59	Мозаичное	70	47
Тонкокластическая		57	Неоднородное		47
Шариковая	111	57	Однородное	67, 68	47
Эмульсионная	125	60	Пластинчатая	69	43
			Пойкилитовая	86, 90	50
			Решетчатое	90	50
			Секториальное	77	47
Форма и внутреннее строение зерен	Номер рисунка в прил. 2	Стр.	Ситообразное	87, 88	50
			Сферическая		50
			Трещинки спайности и двойниковые швы	72	50
Аллотриоморфная	68	43	Трещины усыхания		50
Волокнистое		43	Трещины дробления		50
Гипидиоморфная		43	Фигуры смятия	85	50
Двойники роста	78, 90	48	Шестоватая	70	43
Двойники превращения	79, 81	48	Эмульсионное	89	50
			Эмульсиевидное		50

Предисловие	3
Введение	4
Глава I. Краткий исторический очерк развития учения о текстурах и структурах руд	5
Глава II. Понятие о текстуре, структуре, минеральном агрегате, минеральной ассоциации и минеральном зерне	18
Глава III. Описание таблицы для определения текстур и структур руд	23
Морфогенетические группы и морфологические виды текстур	23
Морфогенетические группы и морфологические виды структур	42
Генетические группы текстур и структур	61
Генетические группы первичных текстур и структур	64
Генетические группы вторичных текстур и структур	73
Заключение	76
Примеры определения текстур и структур руд	77
Глава IV. Значение текстур и структур руд при изучении месторождений полезных ископаемых	93
Глава V. Парагенетический анализ руд	106
Глава VI. Парагенетический и текстурно-структурный анализ руд некоторых месторождений	112
Текстурно-структурный анализ сульфидных и окисленных руд медно-молибденовых месторождений Армянской ССР	112
Текстурно-структурный анализ медноколчеданных руд месторождения Кафан Армянской ССР	128
Глава VII. Значение текстур и структур для обогащения, опробования и поисков полезных ископаемых	145
Список литературы	162
ПРИЛОЖЕНИЯ	164
1. Таблица для определения главнейших текстур и структур руд	164
2. Атлас текстур и структур руд	176
3. Инструкция для составления курсовой работы по дисциплине «Методы лабораторного исследования руд» и к разделу «Вещественный состав и строение руд» в дипломном проекте студентов специальности горный инженер-геолог (0101)	253
4. Примерные темы УИРС по курсу «Методы лабораторного исследования руд»	256
Алфавитный указатель текстур и структур руд	258

МАРИЯ ПРОКОФЬЕВНА ИСАЕНКО

Определитель текстур и структур руд

Редактор издательства *Р. В. Добровольская*
Переплет художника *Г. А. Петрова*
Художественный редактор *Е. Л. Юрковская*
Технический редактор *О. Ю. Тrepенюк*
Корректор *Е. В. Наумова*

ИБ № 5468

Сдано в набор 03.06.83. Подписано в печать 29.07.83. Т-16551. Формат 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 1 и мелованная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 16,5. Усл. кр.-отт. 16,5. Уч.-изд. л. 16,8. Тираж 4600 экз. Заказ 1347/9318—14. Цена 1 р. 20 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НЕДРА» ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ
НОВЫЕ КНИГИ

ЕВЗИКОВА Н. З. Поисковая кристалломорфология
18 л., 1 р. 30 к.

Дано теоретическое обоснование и описано практическое применение кристалломорфологического метода разбраковки гидротермальных рудопоявлений при поисках. На примере касситерита и пирита рассмотрены основные закономерности зонального отложения минералов, благодаря которым форма кристаллов несет информацию о местоположении и сохранности руд. При массовых определениях набора простых форм кристаллов можно оценить уровень эрозионного среза жил, их протяженность на глубину, близость продуктивного горизонта. Приведены требования к отбору проб на кристалломорфологический анализ. Описаны методика морфологического наблюдения и интерпретация полученных результатов.

Для геологов и минералогов поисковых и разведочных партий.

МЯГКОВ В. Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. 10 л., 55 к.

Описан метод парагенетического анализа руд, основанный на изучении пространственных соотношений геохимических полей концентрации вещества в рудных телах и ореолах месторождений полезных ископаемых. Показаны возможности метода, который позволяет выделять парагенезисы компонентов руд, оценивать полигенерационность их состава и диагностировать генетические типы зонального строения рудных тел. Приведенные результаты исследований помогают решению многих поисково-разведочных задач (разбраковка геохимических аномалий, определение плотности разведочной сети и системы опробования, выделение типов руд и др.), что способствует повышению эффективности геологоразведочных работ.

Для геохимиков, геологов и других специалистов, занимающихся поисками, разведкой и изучением руд.

ПЛАТОНОВ А. Н., ТАРАН М. Н., БАЛИЦКИЙ В. С. Природа окраски самоцветов. 15 л., 2 р. 40 к.

Приведены новые экспериментальные данные по детальному изучению природы и особенностей окраски большинства традиционных и многих новых ювелирных камней. Изложены вопросы спектрофотометрического определения самоцветов. Рассмотрены количественные колориметрические методы оценки окраски основных видов драгоценных камней (корунд, берилл, топаз, турмалин, гранаты и др.) и их разновидностей. Освещены вопросы искусственного изменения окраски самоцветов, что имеет большое практическое значение для облагораживания природных камней.

Для минералогов, геммологов, геологов и других специалистов, занимающихся изучением, обогащением и обработкой камнесамоцветного сырья. Представляет интерес для всех любителей камня.

ЮРГЕНСОН Г. А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. 12 л., 65 к.

Изложены методы и результаты изучения состава и свойств жильного кварца. Показано типоморфное значение структур и текстур жильных агрегатов. Рассмотрены структура кварца, термолюминесценция, электропроводность α — β -переходы, характер включений и др. Дан сравнительный анализ вариаций состава и свойств кварца из месторождений различных рудных формаций, из рудоносных и безрудных участков и жил. Выявлены типоморфные признаки кварца как критерии условий образования и оценки рудоносности кварцевых жил. Приведены примеры разбраковки рудных и безрудных жил.

Для геологов, минералогов и других специалистов, занимающихся поисками и изучением рудных месторождений.

*Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга—почтой» магазинов:
№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;
№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20*

4065

103