

М. П. ИСАЕНКО

О

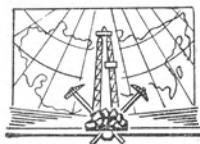
ПРЕДЕЛИТЕЛЬ
ТЕКСТУР
И СТРУКТУР РУД

НЕДРА · 1964

М. П. ИСАЕНКО

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

*Д о п у щ е н о
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов
геологических специальностей
высших учебных заведений СССР*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
МОСКВА 1964

У.Д.К. 549.12.(022)

ВВЕДЕНИЕ

Руды металлических и неметаллических полезных ископаемых по сравнению с горными породами отличаются более сложным и разнообразным строением. 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 также отражается на строении руды.

Изучение текстур и структур различных руд в настоящее время в СССР стало являться почти неотъемлемой составной частью комплексного изучения многих рудных месторождений.

При выяснении генезиса и технологических свойств руды большое значение придается изучению 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 различные названия к одним и тем же видам минеральных сростаний в рудах. Текстуры и структуры руд часто изучаются разобщенно друг от друга, вне связи с генетическими особенностями руд.

В Советском Союзе ведется систематическое и всестороннее изучение состава и строения руд.

Большую роль в развитии учения о текстурах и структурах руд сыграли работы И. Ф. Григорьева (1928) и А. Г. Бетехтина (1934, 1937), в которых были даны определения понятий и первые классификации текстур и структур. И. Ф. Григорьев — крупнейший ученый в области геологии рудных месторождений, действительный член АН СССР, профессор Ленинградского горного института, Московского геологоразведочного института, основатель в Советском Союзе научной дисциплины — минераграфии и классификации структур руд.

В учебных пособиях по минераграфии (Юшко, 1949; Вахромеев, 1956) приведены классификации текстур и структур руд, которые отличаются от генетической классификации А. Г. Бетехтина некоторыми деталями построения.

Первые атласы текстур и структур железных руд были составлены М. И. Калгановым (в 1942, 1950 и 1955 гг.). В книге «Атлас структур и текстур руд» (Талдыкин и др., 1954) помещены первые схемы определителей текстур и структур. В 1958 г. появилась монография под названием «Текстуры и структуры руд» (А. Г. Бетехтин, А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлун) с детальным объяснением процессов и условий образования структурно-текстурных особенностей руд в месторождениях различного генезиса. В монографии Ф. Н. Шахова «Текстуры руд» (1961)

рассматриваются морфологические и генетические особенности текстур и подчеркивается особое значение текстурного анализа при геологических исследованиях. Большую ценность для понимания текстур и структур полезных ископаемых представляет книга Д. П. Григорьева «Онтогенез минералов» (1961). В этой работе охарактеризованы три стадии развития минеральных индивидов и минеральных агрегатов: зарождение, рост, изменение.

Среди зарубежных работ, посвященных строению руд, следует отметить ряд монографий и статей, в том числе книги А. Эдвардса «Текстуры руд и их значение» (1947), Э. Бастина «Объяснение текстур руд» (1950), Г. Швартца «Классификация и определение текстур и минеральных структур в рудах» (1951), О. Эльснера «Атлас минеральных сростаний в парагенетических ассоциациях под микроскопом» (1961), П. Рамдора «Рудные минералы и их сростания» (1962).



Иосиф Федорович Григорьев
(1890—1949)



Анатолий Георгиевич Бетехин
(1897—1962)

Автором совместно с С. А. Юшко составлено «Методическое пособие к лабораторным занятиям по курсу минераграфии» (1960), в котором изложены материалы по текстурам и структурам руд. В 1962 г. вышла работа автора «Определитель главнейших текстур и структур руд». Систематика текстур и структур, предложенная в этой работе, постепенно складывалась и проверялась в течение ряда лет на занятиях со студентами и аспирантами по курсу полезных ископаемых и минераграфии и способствовала лучшему усвоению материала. Ввиду небольшого объема работы, в ней не были приведены полные описания морфологических видов текстур и структур и внутреннего строения зерен, отсутствовали также иллюстрации различных видов минеральных сростаний, не были приведены сведения о практическом значении текстур и структур руд металлических и неметаллических полезных ископаемых. В настоящей работе автор ставит задачей восполнить вышеуказанные пробелы.

При составлении определителя текстур и структур руд автором были использованы коллекции штуфов и полированных шлифов, подбиравшиеся в течение многих лет на кафедре полезных ископаемых и в минералогическом музее Московского геологоразведочного института имени Серго Орджоникидзе; были использованы также коллекции образцов и полированных шлифов, собранные лично автором при проведении многолетних минералогических исследований на медно-молибденовых месторождениях

Армянской ССР и на медноколчеданных месторождениях Урала и Армении. В своей работе автор использовал любезно переданные ему коллекции других исследователей: М. И. Калганова — по железорудным месторождениям Советского Союза; А. П. Ларченко — по рудным месторождениям Китайской Народной Республики; Э. Х. Гуляна и С. В. Казаряна — по колчеданным и полиметаллическим месторождениям Армении; Е. А. Афанасьевой — по железорудным месторождениям Урала и Горной Шории.

В процессе написания работы автор получил ценные замечания и советы от старшего научного сотрудника МГУ С. С. Боришанской, от профессора ЛГИ Д. П. Григорьева и от члена-корреспондента АН СССР Ф. Н. Шахова, за что приносит им глубокую благодарность. Автор пользуется случаем выразить свою благодарность мастеру шлифовальной мастерской МГРИ И. А. Елиманову за высокое качество изготовленных полированных шлифов.

Понятие о текстуре, структуре, минеральном агрегате и минеральном зерне

Прежде чем приступить к описанию определителя, остановимся на рассмотрении терминов «текстура», «структура», «минеральный агрегат» и «минеральное зерно».

Текстурой называется строение руды, обусловленное формой, размерами и характером срастания минеральных агрегатов. Морфологической единицей текстуры является минеральный агрегат. Под минеральным агрегатом следует понимать характерные сростки зерен или коллоидных частиц минералов определенной парагенетической ассоциации. Морфогенетическими особенностями минерального агрегата являются форма, размеры и структуры. Каждый отдельный минеральный агрегат образуется в одну стадию минерализации. Минеральный агрегат выделяется в руде по совокупности признаков: вещественный состав, форма, размеры и структуры.

Вещественный состав агрегата определяется парагенетической ассоциацией минералов и химических элементов. При характеристике строения руды в качестве морфологической единицы текстуры могут быть приняты мономинеральные и полиминеральные агрегаты зерен или коллоидных частиц. Главнейшие морфологические виды агрегатов: 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, гроздьи 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 агрегатов колеблются от долей миллиметра до 10 см в поперечнике и более. В рудах выделяются макротекстуры, если величина агрегата более 2 мм в поперечнике, и микротекстуры, если величина агрегата менее 2 мм.

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 морфологические 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 (1961, стр. 12) и определяется так: «Индивид — это образовавшееся в природе обособление однородного химического вещества, физически отделенное от других

естественными поверхностями раздела. Индивидом является как природный кристалл, ограниченный кристаллическими гранями, так и каждое минеральное зерно или другое однородное выделение, отделенное от соседей поверхностями соприкосновения». Агрегаты минералов, по Д. П. Григорьеву, — это сочетание минеральных индивидов.

Коллоидные агрегаты (скопления лимонита, опала, хризоколлы, псиломелана, пирита и др.) сложены однородными выделениями, состоящими из коллоидных частиц (скрытокристаллических и рентгеноаморфных).

В качестве морфологической единицы 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. (Григорьев, 1928). Такие понятия были введены в литературу в ранние периоды развития минераграфии, когда «текстурами считали сложения, различные макроскопически, а структурами — внутренние сложения, выступающие под микроскопом» (Григорьев, 1928, стр. 18, 19).

Большинством исследователей минеральные срастания в рудах, обусловленные сочетанием мономинеральных агрегатов зерен, называют текстурами.

Минеральный индивид выделяется в агрегате по совокупности признаков (форма, размеры и внутреннее строение).

Главнейшие формы минеральных зерен: 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 наибольшей величины не видимы в поляризационном микроскопе. Для однородных выделений коллоидного вещества характерны сферические формы (шарики — глобулиты, концентрические зонки и др.).

В. В. Глазковский (1954) подразделяет минеральные индивиды по величине на группы: весьма крупные (> 20 м.м), крупные (от 20 до 2 м.м), средние (от 2 до 0,2 м.м); тонкие (от 0,2 до 0,02 м.м); весьма тонкие (от 0,02 до 0,002 м.м), субмикроскопические (от 0,002 до 0,0002 м.м) и коллоидно-дисперсные (менее 0,0002 м.м).

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 монографии «Текстуры и структуры руд» (Бетехтин и др., 1958, стр. 48, 62) даны следующие определения понятий: «Под текстурами руд подразумеваются те черты строения их, которые обусловлены формой, размерами и способом сочетания минеральных агрегатов как составных частей руды, отличающихся друг от друга по составу и часто по структуре».

«Под структурами руд подразумеваются те же особенности строения минеральных агрегатов, что и для горных пород, т. е. те структурные части их, которые обуславливаются формой, размерами и способом сочетания кристаллических зерен, слагающих данный минеральный агрегат. Лишь для руд осадочного происхождения структурной единицей могут являться также обломочные зерна, органические остатки и пр.»

В книге «Минералогия» (1950, стр. 130) А. Г. Бетехтин дает определение минерального агрегата: «В результате кристаллизации и затвердевания раствора или расплава образуется смесь сросшихся между собой кристаллических зерен, которая носит название минерального агрегата». В работе «Курс месторождений полезных ископаемых» (1946, стр. 91) А. Г. Бетехтин подчеркивает генетическую сущность минерального агрегата: «В подавляющем большинстве случаев каждый минеральный агрегат, характеризующий текстуру руды, включает в себе какую-либо характерную парагенетическую группировку минералов, возникших в результате кристаллизации какого-нибудь данного вещества». Он выделяет мономинеральные агрегаты зерен, которые слагают микротекстуры (Бетехтин и др., 1958, стр. 35).

Авторы книги «Атлас структур и текстур руд» (Талдыкин и др., 1954, стр. 7, 8) также уделяют большое внимание определению терминов. «По мнению авторов, текстура определяется пространственным расположением слагающих руду структурно однородных или разнородных минеральных агрегатов».

«Под структурой понимаются особенности строения рудной массы, обусловленные формой, размерами и взаимоотношениями слагающих руду компонентов».

Следует напомнить разницу между понятиями «текстура» и «структура» словами Ф. Н. Шахова (1961, стр. 6): «Текстурный узор возникает в породе или в руде в период ее образования, отражая закономерности пространственного расположения минерального вещества. Объектом изучения для определения текстуры является 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».

Как видно из приведенных определений, в нашей литературе у большинства исследователей, несмотря на некоторые различия в деталях, существует единое понимание терминов «текстура» и «структура».

В иностранной литературе применяются различные толкования этих терминов. В американской литературе термин «структура» характеризует макростроение, термин «текстура» — микростроение. По Эдвардсу (1947), Бастину (1950), Шварцу (1951) и Камерону (1962), термин «текстура» охватывает все виды срастаний между рудообразующими минералами.

Эдвардс в монографии «Текстуры руд и их значение» широко применяет термин «текстура» для различных видов минеральных срастаний: для характеристики внутреннего строения минеральных зерен (текстуры зональные, полисинтетически-двойниковые и др.); для характеристики внутреннего строения минеральных агрегатов (текстуры зернистые, катакластические, распада твердых растворов и др.); для характеристики срастаний минеральных агрегатов (текстуры полосчатые, крустификационные, колломорфные, слоистые, гнейсовидные и др.).

Шварц в работе «Классификация и определение текстур и минеральных структур в рудах» 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, порфиоровую, сферолитовую и ряд других. Вторичными текстурами он называет строение руды, которое возникает при ее изменениях под действием метаморфизма и выветривания. В группе вторичных текстур

Шварц выделяет следующие морфологические виды: пористая, брекчиевая, плейчатая, метаколлоидная, смещенная двойниковая и др. Шварц также выделяет в рудах «минеральную структуру», которая характеризует внутреннее строение зерен, например зональное, двойниковое и т. д.

Немецкие исследователи Шнейдерхен, Рамдор, Эльснер и другие различают в рудах следующие типы минеральных сростаний: внутреннее строение зерен, структуры (сростания минеральных зерен и однородных выделений минералов) и текстуры (сростания минеральных агрегатов). П. Рамдор главное внимание уделяет микросростаниям минералов. В его работе «Рудные минералы и их сростания» (1962) под названием структур описываются не только структуры, но также и микротекстуры.

I. ОПИСАНИЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД (приложение 1)

Таблица для определения текстур и структур руд состоит из двух частей. В левой части таблицы даны морфологические группы и виды текстур и структур, в правой части — генетические группы текстур и структур. Для каждой генетической группы приведены морфологические виды текстур и структур; шрифтом выделены те из них, которые имеют широкое распространение.

Вначале рассмотрим морфологические особенности строения руд. В таблице текстуры и структуры подразделяются на морфогенетические группы. Последние выделяются 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 служит непосредственным указанием ее генезиса, например, коррозионные текстуры и структуры, катакластические и кластические текстуры и структуры и др.

Для текстур выделено десять морфогенетических групп: однородные, пятнистые, удлиненные, друзовые и жеодовые, натечные (коллоидные и метаколлоидные), катакластические и кластические (обломочные), цементные, органогенные, коррозионные, каркасные.

Для структур выделено шесть морфогенетических групп: зернистые, коррозионные, метазернистые, коллоидные (скрытокристаллические), кристаллобластические, катакластические и кластические. В каждой такой группе выделяются морфологические виды текстур и структур.

При определении морфологического вида текстуры или структуры обращают внимание на форму, размер, строение, пространственную ориентировку и способы срастания друг с другом морфологических единиц: минеральных агрегатов, минеральных зерен и коллоидного (скрытокристаллического) вещества. Иллюстрации морфологических видов текстур и структур помещены в атласе (см. прилож. 2).

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ВИДЫ ТЕКСТУР

Методы изучения текстур

Текстуры руд обычно изучаются макроскопически в забоях, обнажениях, штучных образцах, кернах и пришлифовках. Микротекстуры изучаются в полированных и прозрачных шлифах. Текстуры руд изучаются на большом количестве штучных 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 методы окрашивания, отпечатков, радиографический и люминесцентный.

Метод окрашивания используется при установлении взаимоотношений между различными минеральными агрегатами или минералами с близкими физическими свойствами (цветом и др.). С помощью определенных химических реактивов на минералах получают цветные пленки (Исаенко, 1959).

При изучении формы минеральных агрегатов, сложенных радиоактивными минералами, хорошие результаты дает радиографический метод.

Люминесцентный метод широко используется 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 проводят 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 (см. прилож. 2, рис. 1—10).

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 одинаковы 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, равномерно вкрапленные и порошокватые. Руды с однородным строением обычно встречаются сравнительно редко.

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. Чаще 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 неоднородными. 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 происхождения.

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

Равномерновкрапленная текстура выделяется в том случае, если рудные зерна 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 имеют наибольшее распространение и подразделяются на девять морфогенетических групп: пятнистые, удлиненные, друзовые и жеодовые, натечные (коллоидные и метаколлоидные), катакластические и кластические, цементные, органогенные, коррозионные, каркасные (см. прилож. 2, рис. 11, 12).

Текстуры пятнистые характеризуются минеральными агрегатами неправильной, изометричной и округлой формы в виде вкрапленности, пятен, гнезд и нодулей. Такие агрегаты распределены неравномерно в горных породах или в рудах. Размеры минеральных агрегатов разнообразны. Морфологические виды текстур в этой группе: вкрапленная, пятнистая и нодулярная (см. прилож. 2, рис. 13—16).

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 долей миллиметра до 1 см. Количество рудных минералов в зависимости от типа руды измеряется долями процента или десятками процентов.

Вкрапленники рудных минералов могут быть сингенетическими, когда они образуются одновременно с вмещающим его минеральным агрегатом; эпигенетическими, когда они образуются при наложении на ранние минеральные агрегаты поздних минералов, связанных генетически с последующими этапами и стадиями минерализации, и реликтовыми, сохранившимися при метаморфизме породы или руды.

Вкрапленные текстуры наблюдаются в рудах всех генетических типов месторождений полезных ископаемых. Часто они встречаются в рудах магматического и метасоматического 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. Она характеризуется овальной, линзообразной или удлиненной формой вкрапленности и развивается при процессах динамометаморфизма.

Пятнистая текстура характеризует такие формы сростания, 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 измеряется от нескольких сантиметров до нескольких десятков сантиметров.

Пятнистые текстуры наблюдаются во всех генетических типах месторождений, но наиболее широко они развиты в метасоматических месторождениях и в 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. Отдельные пятна (нодули хромита) диаметром от 5 до 15 мм обладают овальной, реже округлой или сфероидальной формой, с резкими границами. Они заключены в массе измененных минералов дунита. Нодули хромита располагаются то полосами, то — в беспорядке и обособляются в процессе ликвации.

Параллельная вытянутость их обусловлена течением в магме при ее кристаллизации. Структуры хромитовых нодулей — зернистые.

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

Текстуры удлиненные наблюдаются в рудах, сложенных минеральными агрегатами, вытянутыми в определенном направлении и различающимися мощностью, структурами, составом, размерами зерен и окраской. Минеральные агрегаты, имеющие форму полосок, прослойков, линз и плиток сланцеватости обычно располагаются более или менее параллельно друг другу. Минеральные агрегаты прожилковой и прожилкообразной формы образуются при заполнении трещин или при замещении вдоль трещин и часто располагаются беспорядочно. Нередко прожилки пересекаются друг с другом, образуя текстуры пересечения (петельчатая, решетчатая и др.). 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, колломорфно-полосчатая, крустификационная (симметричная и несимметричная), слоистая, псевдослоистая, линзовидная, сланцеватая, плейчатая, прожилковая, прожилкообразная, пересечения, петельчатая, корковая, дендритовая (см. прилож. 2, рис. 17).

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 и редко десятков сантиметров. Длина полосок по простиранию колеблется от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Вообще полоски всегда меньше слоев и прослойков. Границы между полосами резкие или постепенные. Полосчатая текстура исключительно широко развита в рудах всех генетических групп, в особенности в магматических и осадочных.

В метасоматических рудах развита полосчатая унаследованная текстура. Такая текстура характеризуется чередованием полосок замещающего минерального агрегата с остатками замещаемой породы или руды, или же чередующиеся полосы сложены новыми минеральными агрегатами, образовавшимися в процессе замещения слоистой или полосчатой породы.

Гнейсовидная или гнейсовидно-полосчатая текстура 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 и обломков зерен, что отличает их от руд с первичным полосчатым строением. В гнейсовидных рудах наблюдаются также разрывы и смещения полосок. Обычно гнейсовидные руды связаны постепенными переходами со сланцеватыми и встречаются в метаморфизованных полиметаллических, железорудных и медноколчеданных месторождениях.

Гнейсовидная унаследованная текстура образуется при псевдоморфном замещении гнейсовидных пород и руд.

Крустификационная, или крустификационно-полосчатая, текстура встречается в жилах выполнения. Текстура характеризуется полосчатым расположением минеральных агрегатов. При этом полоски минералов отлагались на стенках трещины от периферии к центру. Каждая последующая полоска повторяет все очертания

стенок трещины или поверхности полоски 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 полоски развиты в центре трещины; иногда в центре трещины остаются незаполненные пустотки (жеоды) линзовидной формы. Полосы могут состоять из одного минерала и отличаться друг от друга 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 текстура формируется при последовательном нарастании на стенках трещины или полости полосок зернистого или коллоидного минерального вещества. При этом полоски отличаются фестончатыми очертаниями.

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

Слоистая текстура характеризуется 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. Косо-слоистую 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 линзовидную.

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, апатито-магнетитовой руды, нефелино-apatитовой руды 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 разновидность слоистой и полосчатой текстуры; она образуется в тех случаях, когда рудные агрегаты в форме слоев или 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 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 удлиненных минеральных агрегатов. Под микроскопом обнаруживается 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 динамометаморфизованных руд и пород.

Площчатая текстура является разновидностью полосчатой, слоистой и сланцеватой текстур. Она образуется при смятии и гофрировке тонких полосок или прослоек в мелкие складки. Иногда прослойки или полоски разорваны и смещены.

Сланцеватая и площадчатая текстуры широко развиты в динамометаморфизованных медноколчеданных, магнетито-гематитовых и в других рудах.

Площчатая унаследованная текстура образуется при избирательном замещении площадчатых минеральных агрегатов.

Прожилковая текстура характеризуется развитием прожилков рудных и жильных минералов по трещинам, пересекающим породу или руду в зонах брекчирования или по трещинам отдельности и сланцеватости или по трещинкам усыхания. Мощность прожилков измеряется 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 образуется при одновременном развитии процессов заполнения и замещения.

Цепочная текстура является частным случаем прожилкообразной. Вытянутые метакристаллы слагают агрегаты — цепочки, ориентированные по направлению отдельных микротрещин.

Корковая текстура 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 церусита — по галениту и т. д. Структуры корковых минеральных агрегатов

разнообразные: коллоидные, скрытокристаллические и зернистые. Корковая текстура является типичной для зоны окисления и имеет тесную связь с жеодовой, почковидной и сталактитовой.

Дендритовая текстура 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 кобальто-никелево-серебряного типа, дендриты самородной меди в окисленных медных рудах, а также дендриты самородного висмута в карбонатах и др.

Текстуры друзовые и жеодовые всегда 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» кристаллов или аморфного вещества), которые частично или полностью их заполняют.

В рудах и породах, генетически связанных с деятельностью горячих и холодных растворов, выделяют друзы нарастания и друзы перекристаллизации. Д. П. Григорьев (1956) 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 зону укрупняющихся индивидов одного и того же минерала» (см. прилож. 2, рис. 30—32).

Формирование друзовых агрегатов обусловлено рядом факторов, из которых главнейшие следующие (Григорьев, 1956, 1961): 1) форма кристаллических зародышей, 2) действие на зародыши 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 (1961), 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 небольших пустот в горных породах или рудах. В природе широко распространены друзы горного хрусталя, кальцита, барита, полевого шпата, пирита 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.

В магматических горных породах и рудах щетки кристаллов нарастают на стенках миаролитовых пустот. Такое строение принято называть **миаролитовой текстурой** (Бетехтин, 1937). Миаролитовые пустоты в хромитах Тагильского массива выполнены диопсидом, гранатом и хромвезуваном.

Друзовая текстура перекристаллизации характеризуется неравномернозернистым агрегатом кристаллов, размеры которых постепенно укрупняются по мере продвижения от вмещающей породы или руды к центру друзы. Такие агрегаты не имеют определенной поверхности, от которой они начинают свой рост. Эти друзы образуются за счет перекристаллизации вещества породы или руды под воздействием

растворов. В процессе перекристаллизации мелкие зерна минерала преобразуются в крупные кристаллы того же минерала.

Друзовые текстуры перекристаллизации образуются в процессе метасоматического замещения, а также 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. Такие минеральные агрегаты — корки — имеют скрытокристаллическое и волокнистое строение. Размеры жеод могут быть весьма различными — от нескольких миллиметров в поперечнике до 2—3 м и более. В середине жеоды всегда сохраняются пустоты линзообразной или овальной формы — жеодовые пустотки. В случае заполнения всей жеодовой полости минеральным веществом образуется секреторная текстура выполнения (см. рис. 33, 34).

Текстуры натечные (коллоидные и метаколлоидные) характерны для минеральных агрегатов, которые под действием поверхностного натяжения и силы тяжести приняли форму сферическую (шарики, почки, конкреции) и натечную (фестоны, корки, скорлупки, конкреции, сталактиты, сталагмиты, гроздь). 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 (см. прилож. 2, рис. 35—39).

Натечные агрегаты известны для ряда минералов, например гидрогёита и гёита, 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 порошковой массой.

Морфологические виды натечных и коллоидных текстур — оолитовая, почковидная, конкреционная, колломорфная, натечно-скорлуповая, сталактитовая, сталагмитовая, порошковая и 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 характеризуется скоплением оолитов, представляющих собой минеральные агрегаты шаровидной или эллипсоидальной формы с концентрически-зональным строением.

Оолиты образуются в весьма подвижной среде в результате концентрического нарастания коллоидного или кристаллического 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 и химическому составу и структуре. В оолитах иногда встречается концентрическое расположение посторонних включений. Такое расположение включений отмечает определенный момент 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, шпиритом, марказитом, галенитом, баритом, гипсом, гидраргиллитом, диаспоров 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 является типичной для руд и пород осадочного генезиса. Но иногда оолиты образуются и среди 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 характеризуется наличием полусферических, округлых или округло-бугорчатых агрегатов часто с блестящей поверхностью. В разрезе почки имеют концентрическую скорлуповатость, где плотные концентры имеют гелевое и скрытокристаллическое строение. Если в агрегатах развита радиально-лучистая структура, то она будет характеризовать почковидную метаколлоидную текстуру.

В метасоматических рудах иногда встречается почковидная унаследованная текстура, которая образуется при замещении пород и руд, сложенных минеральными агрегатами почковидной формы.

Конкреционная текстура характеризуется образованием конкреций, или 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 и почки иногда представляют стяжение коллоидных веществ с характерными концентрическими и радиальными трещинами дегидратации. Поверхность конкреций гладкая, полированная или бугристая. Строение их зернистое, концентрически-зональное. Конкреционная метаколлоидная текстура отличается радиально-лучистым строением агрегатов.

Конкреционные и почковидные текстуры образуются при замещении карбонатных пород в зоне инфильтрации грунтовых вод, а также при явлениях диагенеза в осадочных рудах и породах, где происходит перетложение вещества. Состав конкреций различный в зависимости от типа полезного ископаемого (карбонатный, гетитовый, пиролюзитовый, марказитовый, фосфоритовый). Конкреционная текстура типична для осадоч-

ных руд. При замещении минеральных агрегатов конкреционной формы образуется конкреционная унаследованная текстура.

Колломорфная текстура встречается в рудах, сложенных минеральными агрегатами фестончатой формы. Структуры таких агрегатов зернистые или коллоидные. Фестончатые агрегаты с радиально-лучистой и волокнистой структурой характеризуют колломорфную метаколлоидную текстуру. В метасоматических рудах встречается колломорфная унаследованная текстура.

Натечно-скорлуповатая, или натечно-корковая, или концентрически-скорлуповатая, текстура характеризует строение полезного ископаемого, отложенного в изометричных полостях в виде чередующихся корок — скорлупок полусферической и фестончатой формы. При этом отложение минерального вещества различного состава происходит от периферии к центру полости или вокруг обломков боковой породы. Структура агрегатов гелевая и скрытокристаллическая. В натечно-скорлуповатой метаколлоидной текстуре строение агрегатов радиально-лучистое. Натечно-скорлуповатая текстура тесно связана с жеодовой, почковидной, колломорфной, сталактитовой и порошокватой.

Натечно-скорлуповатая унаследованная текстура встречается в метасоматических рудах.

Сталактитовая текстура 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 минералогических «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 землястая, текстура свойственна рыхлым порошокватым массам аморфного и скрытокристаллического вещества, выделяющимся 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, или тонкодисперсного пирита и мельниковита) называются сажистыми. Порошковатые массы желтого и бурого цвета называются охристыми, например налеты гидрогётита или налеты ферримолибдита в пустотах.

Текстуры катакластические и кластические характеризуются наличием обломков руды и горной породы. Обломки образуются при раздроблении горных пород и руд агентами динамометаморфизма и выветривания. После своего образования обломки могут оставаться на месте (катакластические текстуры) и могут быть перемещены водными потоками, ледниками, грязевыми потоками, ветрами и другими способами на значительные расстояния (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, песчинки. 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.

Обломки обычно скреплены связующим веществом, играющим роль цемента. Для сростаний обломков и цемента характерны следующие морфологические виды текстур: брекчиевая, брекчиевидная, кокардовая, конгломератовая и псевдоолитовая.

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

Брекчиевая текстура наблюдается в рудах и породах, сложенных двумя минеральными агрегатами, из которых один представлен угловатыми обломками, а другой — цементом. Обломки и цемент являются различными 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. рис. 40, 41).

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

Брекчиевидная текстура образуется 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 их при явлениях динамометаморфизма (см. прилож. 2, рис. 42, 43).

Брекчиевая и брекчиевидная унаследованные текстуры формируются при избирательном замещении рудообразующими минералами тектонических, вулканических или осадочных брекчий.

Кокардовая текстура 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 кристификационной текстур.

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. прилож. 2, рис. 44, 45).

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

Псевдоолитовая текстура развита в рудах и породах, сложенных псевдоолитами. Круглые и овальные минеральные агрегаты, не имеющие концентрической зональности, известны под названием псевдоолитов (ложных оолитов). Они представляют 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.

Ложные оолиты часто распространены в подчиненном количестве по отношению к обычным оолитам, но некоторые породы (девонские и др.) содержат только ложные оолиты.

Разновидностью псевдооолитовой текстуры является бобовая с размерами ложных оолитов 0,5—1 см в поперечнике.

Псевдооолитовая текстура является типичной для руд и пород осадочного генезиса.

П о р о ш к о в а т а я, или **з е м л и с т а я**, текстура характерна для нецементированных рыхлых или сыпучих минеральных агрегатов, образованных при процессах выветривания и динамометаморфизма. Такие агрегаты состоят из мелких и мельчайших обломков минералов. Они наблюдаются в виде скоплений или налетов в пустотах выщелачивания и на поверхности выходов окисленных пород и руд в зонах дробления (глинки трения).

Текстуры цементные примечательны тем, что промышленный минеральный агрегат цементирует обломки горной породы, песчинки, гальку и валуны. Иногда вещество цемента разъедает отдельные обломки. Морфологическими видами текстур в этой группе являются цементная, кокардовая и цементная унаследованная (см. прилож. 2, рис. 46, 47).

Ц е м е н т н а я текстура наблюдается в рудах в том случае, когда рудообразующие минералы связывают отдельные обломки горной породы в плотную руду. Обычно вещество цемента хорошо различается под микроскопом. Такая текстура встречается в рудах осадочного генезиса и в жилах выположения.

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.

Текстуры органогенные свойственны таким рудам и горным породам, которые сложены минеральными агрегатами, представляющими остатки окаменелых растительных и животных организмов, например брахиопод, фораминифер, кораллов, криноидей, пелиципод, 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. рис. 48—51).

О р г а н о г е н н а я текстура 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, окаменелые растения (стволы и обломки деревьев, сучья и листья). В зависимости от типа органических скелетов и раковин различают следующие морфологические виды текстур: фораминиферовая, коралловая, криноидная, пелициподовая, 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 растительных остатков гётитом, пиритом, марказитом, халькозином, халькопиритом или ракушечного известняка — гидроокислами железа и марганца, сидеритом и др.

Текстуры коррозионные 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, шприт замещается гётитом и гидрогётитом, халькопирит — вторичными сульфидами — борнитом, халькозином и ковеллином; галенит — англезитом и церусситом; мраморизованный известняк магнетитом и др.). В состав новообразующихся минералов иногда входят часть унаследованных химических элементов и часть привнесённых 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. 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, зональная, реликтовая, каемочная, зональная каемочная, нитеобразная, петельчатая или сетчатая, решетчатая, графическая, субграфическая, эмульсиевидная и разъедания (см. прилож. 2, рис. 52—62).

Коррозионные текстуры 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, в зоне вторичного сульфидного обогащения и в контактово-метасоматических месторождениях.

Скелетная микротекстура образуется при замещении внутренних частей минеральных агрегатов или идиоморфных кристаллов первичного минерала вторичными минералами, или же минералами более поздних стадий минерализации; при этом от замещаемых кристаллов и минеральных агрегатов остаются узкие каемки или скелеты кристаллов.

Разновидностью скелетной текстуры является сердцевинная, 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, сфалеритом второй генерации или выделений халькопирита гипергенным 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 лимонитом 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 состава.

Реликтовая текстура 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, текстура в руде или породе характеризуется развитием узких каемок позднего минерального агрегата по периферии выделений раннего агрегата. Размеры каемок в поперечнике измеряются долями миллиметров. 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 является типичной для коррозионного замещения. Разновидностью каемочной текстуры является зональная каемочная текстура, отличающаяся зональным расположением минералов, слагающих каемку.

Нитеобразная микротекстура характеризуется тонкими нитеобразными прожилками позднего агрегата, замещающего ранний агрегат по системе волосовидных связанных друг с другом трещинок. Обычно ранний минерал не имеет хорошо выраженной спайности.

Нитеобразные прожилки могут быть сложены ковеллином, халькозином, аргентитом, гётитом, марказитом и другими минералами зоны окисления и цементации, а также могут быть сложены 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 гидротематитом. 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 пересечения прожилки обычно раздуваются. Границы между минеральными агрегатами зазубренные. Решетчатая текстура наблюдается при замещении галенита церусситом, магнетита гематитом и др.

Графическая текстура представляет собой срастание двух разных по времени образования минеральных агрегатов, из которых замещающий агрегат образует в замещаемом извилистые выделения (червеобразные). Границы между агрегатами зазубренные. Такая текстура типична для процессов коррозионного замещения.

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

Эмудьсиевидная микротекстура образуется в процессе замещения одного минерального агрегата другим, при этом более поздний минеральный агрегат развивается в виде мелких участков непра-

вильной или округлой формы с зазубренными границами. Такая текстура часто наблюдается при срастании сфалерита и халькопирита, отложившихся в разные стадии минерализации.

Текстура разъедания характеризуется зазубренными границами между ранним и поздним минеральными агрегатами. В этом типе срастаний форма минеральных агрегатов не учитывается.

Текстуры каркасные характеризуются образованием пустот в руде или в горной породе, которые развиваются в процессе растворения и выщелачивания минералов. Пустоты имеют различную форму и размеры. 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 являются более поздними 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.

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 труднорастворимыми гипогенными и гипергенными минералами. Разновидностями пористой текстуры являются: ячеистая, ящичная и пещеристая.

Пещеристая, или кавернозная, текстура характеризуется крупными пустотами, полученными в результате выщелачивания минеральных агрегатов неправильной формы размером от 2—3 мм до 10—15 см и более.

Ячеистой называется текстура, характеризующаяся порами изометричной формы. Перегородки между ними чаще всего состоят из кремнисто-железистых минералов. Этот тип текстур широко развит в железных шляхах сульфидных месторождений (см. прилож. 2, рис. 63).

Ящичная текстура характеризуется особым типом каркаса, представляющим собой систему ящичков или коробочек со стенками, сложенными гидроокислами железа, баритом и другими минералами, которые отлагались по трещинам спайности и отдельности в первичных минералах. Различают ящичные текстуры по сидериту, галениту и др.

Каркасные текстуры используются в качестве одного из поисковых признаков сульфидных месторождений (см. прилож. 2, рис. 64).

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ВИДЫ СТРУКТУР

Методы изучения структур

Изучение структур каждого минерального агрегата проводится микроскопически 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. 1).

Таблица 1

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

Название минерала	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 сек. (стереть осадок)
Арсенопирит	$FeAsS$	Сильно анизотропный	+	1) HNO_3 (1:1) 2) 1 ч. КОН (конц.) + +1 ч. H_2O_2 (30%-ный раствор)	1) 1 мин. 2) 10—60 сек.
Блеклые руды	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$ — $Cu_{12}As_4S_{13}$	Изотропный	—	1 ч. HCl (конц.) + 1 ч. CrO_3 (50%-ный раствор)	1—2 мин.
Борнит	Cu_5FeS_4	Изотропный	—	J в KJ (10 г I + 1,2 г KJ + +50 см ³ H_2O)	20—60 сек.
Галенит	PbS	Изотропный	—	1) 7 ч. HCl (конц.) + +10 ч. H_2O 2) HCl (1:2) 3) 75—85 ч. HNO_3 (конц.) + 15—25 ч. C_2H_5OH . Смесь способна взрываться	1) несколько минут 2) 2—10 сек. 3) 2—10 сек.
Гематит	Fe_2O_3	Сильно анизотропный	+	1) HCl (1:1) + электрический ток 2) HF (конц.)	2) 1—2 мин.
Кобальтин	$CoAsS$	Изотропный	—	1 ч. $KMnO_4$ + 1 ч. H_2O + +1—2 капли H_2SO_4	30 сек.
Ковеллин	CuS	Сильно анизотропный	+		
Магнетит	Fe_3O_4	Изотропный	—	HCl (конц.)	2—5 мин.
Манганит	$MnO_2 \times \times Mn(OH)_2$	Сильно анизотропный	+	HF (конц.)	От 30 сек. до нескольких минут

Название минерала	Формула	Поляризованный отраженный свет		Структурное травление	
		Явления анизотропии	Результаты наблюдений	Главные реагенты	Экспозиция
✓ Марказит	FeS_2	Сильно анизотропный	+	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 сек.
Молибденит	MoS_2	Сильно анизотропный	+		
Никелин	NiAs	Сильно анизотропный	+	HNO_3 (1:1)	30—60 сек.
✓ 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 сек.
✓ Пирротин	FeS	Сильно анизотропный	+	1) HI (конц.) 2) KOH (20%-ный раствор)	2) 1—2 мин.
Станнин	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	Слабо анизотропный	—	HNO_3 (1:1)	
Сфалерит	ZnS	Изотропный	—	1) пары царской водки (слегка разбавленной) 2) 1 ч. HCl (конц.) + 1 ч. CrO_3 (50%-ный раствор)	Несколько секунд
Ульманит	NiSbS	Изотропный	—	HNO_3 (конц.)	30—60 сек.
Халькозин	Cu_2S	Изотропный, слабо анизотропный	—	HNO_3 (конц.)	3—10 сек.
✓ Халькопирит	CuFeS_2	Слабо анизотропный	—	Пары царской водки	15—30 сек.
Энардит	Cu_3AsS_4	Сильно анизотропный	+	KCN (20%-ный раствор)	60 сек.

Примечание. Знак + характеризует положительные результаты наблюдений формы и строения зерен в поляризованном отраженном свете, знак — отрицательные.

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 Бетехтина (1941, 1958), Вахромеева (1956).

Следует иметь в виду, что при проведении структурного травления иногда возникают ложные рисунки травления.

Форму, размеры и строение частиц коллоидного вещества изучают под электронным микроскопом при увеличении в 40—200 тыс. раз (Грицаенко и др., 1961). Аморфные и кристаллические частицы различаются с помощью рентгеноструктурного анализа (Михеев, 1957).

Ф о р м а и в н у т р е н н е е с т р о е н и е м и н е р а л ь н ы х з е р е н

Минеральные зерна по форме и внутреннему строению разделяются на следующие морфогенетические группы: кристаллические зерна, коррозионные зерна, метасоматические зерна, кристаллобласти и кластические зерна (см. прилож. 2, рис. 65—82).

Кристаллические зерна растут в процессе свободной кристаллизации расплавов, растворов и газов в бассейнах и пустотах; коррозионные зерна — скелеты и реликты — образуются при разедании 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. Кристаллобласти формируются при перекристаллизации и раскристаллизации минерального вещества в твердом состоянии и при распаде твердых растворов. Кластические зерна — обломки и осколки зерен и аморфного вещества — образуются в процессе дробления и смятия минеральных агрегатов и минералов. Процессы образования минеральных зерен детально описаны в литературе (Бетехтин и др., 1958; Григорьев, 1961).

По форме минеральные зерна разделяются на идиоморфные, гипидиоморфные и аллотриоморфные. Идиоморфными называют естественные 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 выделениями или порфиrowыми вкраплениями 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 величины, а для минералов шестоватых, призматических, пластинчатых, волоконистых и т. д. в каждом зерне определяют наибольший и наименьший размеры.

Характерной особенностью минеральных зерен является их внутреннее строение, которое свидетельствует об условиях роста зерен (табл. 2).

По внутреннему строению минеральные зерна разделяются на две группы: зерна с однородным строением и зерна с неоднородным строением. В последней группе различают зерна с зональным, секториальным и двойниковым внутренним строением. Зерна однородного строения при травлении окрашиваются в один цвет и в поляризованном свете

Строение минеральных зерен и коллоидного вещества

Тип строения	Внутреннее строение						кристаллообласта	
	Морфологический вид строения	кристаллического зерна	метасоматического зерна	коллоидного вещества	кластического зерна	ранняя стадия метаморфизма	конечная стадия метаморфизма	
Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	
Неоднородное	Зоны	Зональное Концентрически-зональное	Зональное Унаследованное зональное	Концентрически-зональное	Реликты зонального	Реликты зонального		
	Двойники	Двойники роста Двойники превращения Двойники давления	Двойники роста Унаследованное двойниковое		Двойники давления	Двойники превращения Двойники давления		
	Фигуры смятия Системы трещин	Фигуры смятия Трещины спайности и двойниковые швы Трещины усыхания Трещины дробления	Трещины спайности и двойниковые швы Унаследованные трещины	Трещины усыхания	Фигуры смятия Трещины спайности и двойниковые швы Реликты трещин усыхания Трещины дробления	Фигуры смятия Трещины спайности и двойниковые швы Реликты трещин усыхания Трещины дробления	Трещины спайности и отдельности	
Твердые включения	Пойкилитовое Ситообразное Эмульсионное Пластинчатое Решетчатое Эмульсивидное	Ситообразное			Пойкилитовое Эмульсионное Пластинчатое Эмульсивидное	Пойкилитовое		

? угасают одновременно. 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.

Зоны роста в зерне проявляются в виде зональности окраски, зональности светопреломления или зональности травления. Они имеют различный химический состав и строение, поэтому свойства разновременных образующихся зон различные. 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 различным количеством 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, — характеризуют механизм слоистого роста метакристаллов.

Зональное строение характерно для многих минералов, а для некоторых, например шмальтина, герсдорфита, касситерита, арсеопирита, пирита и др., эта особенность строения является постоянной и может быть использована как диагностический признак.

В почках и оолитах наблюдается концентрически-зональное строение, обусловленное слоистым расположением аморфных и скрытокристаллических частиц в агрегате.

Процессы динамометаморфизма легко разрушают первичное зональное строение зерна. В кристаллообластах встречаются реликты зонального строения.

Секториальное строение наблюдается в кристаллах и метакристаллах граната, гипса, барита, 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 выявляется после структурного травления, при этом участки, более загрязненные примесями, травятся сильнее.

Двойниковое строение зерен 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 пластинчатую или веретенообразную форму и часто перекрещиваются. Они встречаются в высокотемпературном крупнозернистом халькопирите, кубаните, пирротине, аргентите, ставнине, шабзахите, халькозине и в других минералах.

Полиситетические двойники давления возникают в зернах при динамометаморфизме. При этом образуются тонкие пластинки двойников одинаковой ширины, часто смятые или деформированные по трещинам дробления. По трещинам наблюдается перекристаллизация минералов. В сопровождающих минералах также развиты следы динамометаморфизма.

Двойниковое строение является важным диагностическим признаком для сфалерита, халькопирита, пирротина, антимонита и других минералов.

В процессе псевдоморфного замещения новообразующиеся зерна иногда унаследуют внутреннее строение зерен замещаемого минерала (зональное, секториальное, двойниковое, трещинки спайности).

В зернах некоторых минералов наблюдаются фигуры смятия и системы трещины. Последние представляют трещины спайности и отдельности или трещины дробления.

Неоднородное строение зерен может быть обусловлено не только зонами роста, пирамидами роста, двойниками, а также 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, наблюдаемые под микроскопом в шлифах, представляют собой остатки окружающих минералов. Остатки (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 сростания называются «структуры распада твердых растворов».

А. А. Филимонова (1958, стр. 260) отмечает, что эти сростания было бы правильнее называть не структурами, а строением минеральных зерен, обусловленным перегруппировкой вещества внутри тех или иных минералов.

Иногда в коллоидном агрегате 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 газово-жидкие включения в минералах, представляющие вещество маточного раствора, захваченные при росте кристаллов.

Как видно из табл. 2, минеральные зерна различного генезиса отличаются друг от друга строением.

Группы и виды структур

Структуры руд (см. прилож. 4) подразделяются на шесть морфогенетических групп: зернистые, коррозионные, метазернистые, коллоидные, кристаллобластические и катакластические (кlastические).

Зернистые, или кристаллически-зернистые, структуры характеризуются сростками кристаллических зерен, форма и размеры которых изменяются в зависимости от температуры, давления и состава растворов. Они развиты в минеральных агрегатах, отложившихся при кристаллизации расплавов и водных растворов в магматических очагах, в соленосных бассейнах, в открытых пустотах горных пород и руд. При процессах кристаллизации образуются полнокристаллические агрегаты с размерами зерен от 0,001 мм до нескольких сантиметров. 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 кристаллографиче-

ской 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); 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.

Срастания зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных, гипидиоморфных и аллотриоморфных) представляют гипидиоморфнозернистую структуру. В таких срастаниях кристаллические зерна ранее выделившихся минералов обладают идиоморфными и гипидиоморфными очертаниями, а зерна поздних минералов аллотриоморфны. Разновидностью гипидиоморфнозернистой структуры является сидеронитовая. Она характеризуется срастанием идиоморфных зерен нерудных минералов (оливин, пироксены, амфиболы, плагиоклазы) с ксеноморфными зернами рудных минералов (магнетит, титаномагнетит, ильменит, пирротин, пентландит, халькопирит и др.). Очень редко встречаются кристаллические агрегаты, сложенные зернами скелетной формы в виде «елочки» и «рыбьего скелета», — такая структура называется скелетной или дендритовой. Для кристаллических агрегатов с зернами различной формы и величины характерны порфириовидная и пойкилитовая структуры (см. прилож. 2, рис. 83—88).

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

При срастании друг с другом различных по составу мономинеральных выделений с извилистыми очертаниями и прямыми границами образуются графические и субграфические микротекстуры.

Коррозионные структуры формируются в минеральном агрегате при разъедании кристаллов, зерен ранее выделившихся минералов остаточными растворами, изменившими в процессе минералообразования свой химический состав, температуру и давление. 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 предсказать 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 по сравнению с зернами неправильной формы. Внутренние части кристаллов легче замещаются по сравнению с кристаллическими гранями. 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 срastания 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 (см. прилож. 2, рис. 89—92).

В группе коррозионных структур объединяются следующие морфологические виды: скелетная, зональная, реликтовая и разъедания. Коррозионные структуры играют большую роль при определении последовательности выделения минералов в парагенетической ассоциации. Они всегда имеют в кристаллическом агрегате подчиненное распространение по сравнению с зернистыми структурами.

Коррозионные текстуры и структуры (см. прилож. 1) имеют одинаковые морфологические виды, поэтому от исследователя требуется точное определение типа морфологической единицы срastания (минеральный агрегат или минеральное зерно). В коррозионных текстурах и структурах применяются одни и те же названия для морфологических видов в тех случаях, когда форма морфологических единиц одинаковая. При определении морфологического вида коррозионных текстур и структур необходимо различать срastания между агрегатами, сложными гипогенными и гипергенными минералами (текстура), или срastания между минералами ранних и поздних ассоциаций (текстура) от срastаний 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 или метакристаллы молибденита в кварце и породообразующих минералах или метакристаллы энгергита 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 2,80 до 11,29%. В метакристаллах энгергита в пирите из Кафанского месторождения, по данным химического и спектрального анализов, содержание железа равно 0,1—1,0%. Иногда реликтовые элементы входят в формулу минерала, например метакристаллы энгергита 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 титаномангнетита.

Метакристаллами называются идиоморфные и гипидиоморфные метасоматические зерна минералов. Совершенная кристаллографическая форма метакристаллов обычно простая и обусловлена большой силой и скоростью кристаллизационного роста минералов в условиях стесненной среды. Неко-

торые минералы, например пирит, кобальтин, арсенопирит, магнетит, молибденит, анаргит, кварц, барит, доломит и др., обладают большой способностью к образованию своей кристаллической огранки при замещении. Иногда наблюдаются недоразвитые метакристаллы скелетной и футлярообразной формы, что обусловлено неравномерным поступлением вещества в твердую среду, вследствие чего ребра и вершины кристаллов растут с различной скоростью. 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 окружающей 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 ровные или зазубренные.

Метакристаллы и метазерна отличаются зональным, секториальным, двойниковым и ситообразным строением. Зональное и ситообразное строение зерен является типоморфным для данной группы структур. Ситообразное строение метакристаллов и метазерен обусловлено включениями окружающих минералов, захваченных ими при росте. Иногда включения представляют продукты распада твердого раствора. Такие включения распределены внутри зерен незакономерно или более или менее равномерно и представляют остатки замещенных минералов или минералы, не поддающиеся 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 обычно неравномернометазернистая.

Метакристаллы и метазерна часто путают с идиобластами и ксенобластами, от которых они отличаются рядом признаков, перечисленных в табл. 3. Метакристаллы некоторых минералов детально описаны в литературе (Никитин, 1955; Генкин, 1958 и др.).

В группе метазернистых структур выделяются следующие морфологические виды: идиоморфнометазернистая, гребенчатая метазернистая, скелетная метазернистая, аллотриоморфнометазернистая и гипидиоморфнометазернистая, радиально-лучистая метазернистая (см. прилож. 2, рис. 93—98).

Если зерна резко отличаются размерами, то выделяется идиоморфнометазернистая структура. Из перечисленных видов наиболее широко в метасоматических рудах распространены идиоморфнометазернистая, аллотриоморфнометазернистая и порфирометазернистая.

Коллоидные структуры принято выделять в коллоидных и стекловатых агрегатах сферической, натежной и фестончатой формы, сложенных мельчайшими частицами величиной от 0,002 до 0,0002 мм

Сравнительная характеристика минеральных зерен в метасоматических и перекристаллизованных агрегатах

Признаки отличия	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 <u>реликтовые элементы</u>	Идиобласты (ксенобласты) и ранние минеральные агрегаты, за счет которых они образуются в процессе перекристаллизации, одинакового или близкого химического состава
Форма зерен	Идиоморфная, гипидиоморфная, скелетная, футлярообразная, аллотриоморфная, уплотненная, унаследованная — псевдоморфозы	Идиоморфная, гипидиоморфная, скелетная, аллотриоморфная, изометричная, округлая, линзовидная, пластинчатая, волокнистая
Внутреннее строение зерен	Зональное, двойниковое, секториальное, унаследованные детали строения	Полисинтетически-двойниковое, однородное, реликты зонального строения
Твердые включения в зернах	Реликты окружающих минералов — ситообразное строение	Мелкие включения бластов — пойкилитовое строение
Характер границ зерен с окружающими минералами	Ровные границы без признаков коррозии	Ровные границы без признаков коррозии
Строение агрегата	Неравномернозернистое	Неравномернозернистое
Типоморфные структуры в агрегате	Метазернистые	Кристаллобластические
Типоморфные текстуры в рудах	Метакристаллического замещения (вкрапленная, прожилкообразная) Унаследованного замещения (слоистая, оолитовая, полосчатая, цементная, органогенная и др.) Коррозионного замещения (каемочная и др.)	Метаколлоидные Гнейсовидно-полосчатая, плейчатая, линзовидная, сланцеватая, очковая, брекчиевая

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 — индивиды. Как известно, кристаллические минералы характеризуются симметричным расположением атомов в решетке, аморфные минералы — беспорядочным, расположением атомов в решетке.

Коллоидное вещество, например опал, псиломелан, хризоколла и др., характеризуется неоднородностью и представляет затвердевшую диспер-

сионную 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 коллоидного вещества 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 и скрытокристаллическая, или афанитовая. Гелевая и скрытокристаллическая структуры рудных агрегатов не различаются под микроскопом, а различаются только после изучения минерального вещества рентгеноструктурным анализом. Если аморфное и скрытокристаллическое вещество в агрегате имеет концентрически-зональное или концентрическое строение, тогда выделяется концентрически-зональная структура. Иногда в агрегате аморфные и скрытокристаллические минералы образуют микроскопические шарики, тесно сросшиеся друг с другом или расположенные в другом минерале. Строение шариков однородное. Такие формы минеральных сростаний характеризуют перлитовую или шариковую структуру (см. прилож. 2, рис. 99—102).

Текстуры и структуры коллоидных агрегатов не имеют одинаковых морфологических видов. Многие исследователи термин «колломорфная» применяют как при описании текстур, так и при описании 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 — минеральные зерна, образующиеся в процессе перекристаллизации и раскристаллизации минерального 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. Эти структуры 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 постепенно 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, гиридиоморфная и аллотриоморфная форма кристаллобластов обусловлена различной способностью минералов развивать собственные кристаллографические формы в условиях стесненной среды и зависит от силы и скорости кристаллизационного роста минерала. 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 кристаллобластах наблюдаются включения, представляющие продукты распада твердых растворов или обломки ранних минералов, захваченные в процессе перекристаллизации. В кристаллобластах, образовавшихся в условиях одностороннего давления, иногда отмечается полисинтетически-двойниковое строение. Однако характерной особенностью внутреннего строения бластов является полная их однородность.

Иногда в кристаллобластах выявляются после травления реликты зонального строения или реликты двойников превращения. Границы между кристаллобластами всегда ровные без следов коррозии. Нередко вокруг порфиробластов наблюдаются нарастания 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. рис. 103—107).

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

В этой подгруппе выделяются следующие морфологические виды структур: идиоморфнобластическая, скелетная, аллотриоморфнобластическая или гранобластическая, гиридиоморфнобластическая, ориентированнобластическая и порфиробластическая.

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

Кристаллобласты в сферических, натечных и удлиненных агрегатах — шариках, почках, фестолах, 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 беспрпятственно переходят из одной зоны в другую.

В дальнейшем может происходить перекристаллизация радиально-лучистых и волокнистых агрегатов с образованием гранобластических структур. При перекристаллизации коллоидных масс образуются мелкие пустоты и поры неправильной формы, распределенные незакономерно и ничем не заполненные или выполненные поздними минералами. В метаколлоидных агрегатах сохраняются сферическая, коллоидно-полосчатая и натечная формы, а также иногда наблюдаются реликты концентри-

чески зонального строения коллоидного вещества и трещины усыхания. Морфологическими видами структур в этой подгруппе являются радиально-лучистая, или сферолитовая, и волокнистая (см. прилож. 2, рис. 108—111).

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 этому типу сростаний относятся пламеневидная 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 является не только форма включений, но 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 — ирридий, халькозин — неодигинит, сфалерит — станнин, халькопирит — блеклая руда, шпинель — магнетит, хромит — ильменит, гаусманит — якобит и др.

В книге П. Рамдора (1962, стр. 189) приведен широкий обзор различных форм распада твердых растворов в минералах.

Сростания кристаллобластов нового минерала с главным минералом называются структурами распада твердых растворов. Характерные морфологические виды структур в этой подгруппе: эмульсионная, ориентированноэмульсионная, звездчатая, пластинчатая и решетчатая, графическая, субграфическая, пламеневидная и петельчатая.

При перекристаллизации агрегатов под влиянием агентов метаморфизма структуры распада твердых растворов преобразуются в гранобластические (см. прилож. 2, рис. 112—117).

Катакластические и кластические структуры характеризуются кластическими зернами — обломками, которые образуются при дроблении и смятии минералов под влиянием агентов динамометаморфизма или ветривания. Если кластические зерна не распадаются, но разделены

трещинами дробления или растрескивания — это катакластические структуры. Если кластические зерна распадаются, переносятся раствором или воздухом, или ледником на определенные расстояния и вновь отлагаются в виде окатанных, полукатанных и остроугольных обломков — это кластические структуры. Катакластические структуры развиваются в минеральном агрегате после его отложения, а кластические структуры формируются одновременно с минеральным агрегатом, в котором они развиты.

Среди катакластических структур выделяются следующие морфологические виды: раздробленная, гранокластическая, тонкокластическая, порфиροкластическая, ориентированнокластическая, ориентированнозернистая, смятия и расщепления (см. прилож. 2, рис. 118—123).

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 порфиροкластическая 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 твердых и 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 смятия. Удлиненные зерна пластичных минералов, подвергшихся одностороннему давлению, часто располагаются параллельно друг другу — ориентированнозернистая 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 волокна — структура расщепления. При развальцовке минералов происходит перегруппировка вещества, что выражается в появлении волнистого погасания, в 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 давленных кристаллах пирита 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. 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 и впервые применены к рудам А. Г. Бетехтиным (1937) и Л. В. Пустоваловым (1940). Псефитовая структура характеризуется обломками размером от 1—100 мм и более; псаммитовая структура выделяется при размере обломков от 0,1 до 1 мм; алевролитовая — от 0,01 до 0,10 мм; пелитовая — при размере обломков менее 0,01 мм.

Катакластические и кластические текстуры и структуры имеют сходные морфологические особенности. В этих текстурах и структурах мор-

фологические единицы (ранние минеральные агрегаты и кластические зерна) представляют обломки, которые имеют большое внешнее сходство, но характер их расположения различный. 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 ТЕСТУР И СТРУКТУР

Текстуры и структуры руд принято разделять на первичные и вторичные.

Первичными текстурами и структурами руд называются такие формы срастания, которые образуются при отложении и переотложении минерального вещества в определенных физико-химических и геологических условиях.

Вторичными текстурами и структурами руд называются новые формы срастания, которые образуются после отложения руды в результате ее изменения в процессе дробления, смятия, выщелачивания и перекристаллизации. Вторичные текстуры и структуры накладываются на первичные и затупеивают их в различной степени.

Первичные и вторичные типы минеральных срастаний в рудах формируются в определенных физико-химических и геологических условиях, поэтому в этой книге выделяются генетические группы текстур и структур (см. прилож. 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: I — текстуры и структуры, образующиеся в процессе дифференциации магмы; II — текстуры и структуры, образующиеся в процессе седиментации и диагенеза осадка; III — текстуры и структуры, образующиеся в процессе заполнения открытых пустот в породах и рудах; IV — текстуры и структуры, образующиеся в процессе метасоматического замещения пород и руд.

I — текстуры и структуры, образующиеся в процессе дифференциации магмы. Текстуры и структуры руд собственно магматических месторождений формируются 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, образовавшиеся из остаточных расплавов, обогащенных летучими компонентами.

В раннемагматических месторождениях первыми кристаллизуются из магмы рудные минералы (хромит, магнетит, пльменит, самородная платина и металлы ее группы); порообразующие силикаты (оливин, никосены, плагиоклазы) выделяются одновременно или позже и разведают ранние минералы. Рудообразующие минералы в этих месторождениях представлены пидоморфными, скелетными, гипидоморфными и адлотриоморфными зернами, которые, срастаясь друг с другом, образуют среднезернистые и коррозийные структуры. Кристаллические зерна рудных минералов обособляются в магматических расплавах в виде вкраплений,

небольших гнезд и полосок, поэтому в раннемагматических месторождениях типичными текстурами являются равномерно вкрапленная, пятнистая и полосчатая.

В позднемагматических и ликвационных месторождениях рудные минералы (хромит, самородная платина, магнетит, ильменит, пирротин, пентландит, халькопирит) кристаллизуются после силикатов ультраосновных и основных изверженных пород (оливина, пироксенов, плагиоклазов). 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 (гицидоморфнозернистая, порфиroidная и аллотриоморфнозернистая). В некоторых типах руд (титаномагнетитовых, ильменит-гематитовых, ильменитовых, пентландит-халькопирит-пирротиновых) рудные минералы цементируют 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 полосы, линзы, прослойки, гнезда и вкрапления. При кристаллизации силикатного, а затем рудного расплава формируются текстуры полосчатая, петельчатая, линзообразная, псевдослоистая, нодулярная, пятнистая и вкрапленная. Между перечисленными видами текстур наблюдаются постепенные переходы.

Иногда между отложением породобразующих силикатов и рудных минералов имели место перерывы, которые устанавливаются в месторождениях по характерным текстурным заполнениям пустот (брекчиевой, брекчиевидной, петельчатой и прожилковой) или по характерным текстурным метасоматическим замещениям (реакционно-каемочной, сетчатой и реликтовой). В таких текстурах поздний агрегат часто сложен рудными минералами (хромитом, магнетитом, пирротином 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. Характерной особенностью пегматитов являются крупнозернистые агрегаты. Структура агрегата, сложенного крупными или даже гигантскими зернами кварца и полевого шпата, называется пегматоидной или блоковой. Типичными текстурами для пегматитов являются 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.** В водных бассейнах (морях, лагунах, озерах, болотах и реках) минеральные агрегаты отлагаются из истинных и коллоидных растворов, содержащих также обломочный материал. В процессе осадочения 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 ме-

сторождений 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. прилож. 1).

В химических осадках, представляющих отложения из истинных и коллоидных растворов, типоморфными являются удлиненные, натечные, коллоидные и цементные текстуры. В этих минеральных агрегатах наблюдаются разнообразные морфологические виды зернистых, коррозионных, метазернистых и коллоидных структур (см. прилож. 1). В биохимических осадках, 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.** Эпигенетические минеральные агрегаты заполняют разнообразные по форме и размерам пустоты в горных породах или рудах. Они образуются из магматических расплавов, из газо-водных растворов магматического происхождения, из подземных вод атмосферного происхождения и из 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 более 1 см мощностью 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 полосок — колец вокруг обломков вмещающих пород или руд, заполняющих частично полость трещины. Количество колец вокруг обломков иногда достигает 10—12. Так образуется кокардовая, или кольчатая, текстура. В крустификационных полосках развиты зернистые структуры — гребенчатая, гииндиоморфнозернистая 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 друг с другом 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 благодаря перемещению их в плоскости разрыва.

В трещинах менее 2 мм мощностью, 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 прожилок,

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, резкие и расползаются по нормали к стенкам прожилка. Сегментные прожилки, по-видимому, образуются при заполнении мелких трещин двумя или более минералами, 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 секреторная 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 определенной последовательности выделения минералов. В таких рудах минералы отлагаются одновременно и беспорядочно с образованием сферических и натечных форм. Коллоидные отложения характеризуются оолитовой, почковидной, конкреционной, колломорфной, корковой, патечно-скорлуповатой, 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. 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, от состава замещающих растворов и от состава, пористости и строения замещаемых горных пород и руд. Особенно хорошо замещение происходит в карбонатных породах и в 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 гидротермальные), встречаются единичные метакристаллы и метазерна, которые образуются при замещении ранних минералов остаточными растворами.

Растворы и газы при замещении 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 растворы имеют диффузионное проникновение. 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 три главных типа замещения: коррозионное, или направленное, псевдоморфное, или унаследованное, и метакристаллическое. В метасоматических рудах обычно 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 случаях 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. прилож. 4).

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 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 замещающего 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, пятистыми, натечными, катакластическими, цементными и органогенными текстурами.

В агрегатах, отложившихся при псевдоморфном замещении, развиты метазернистые и коллоидные структуры.

При метакристаллическом замещении замещающий минерал развивает свою собственную кристаллографическую форму (например, развиваются метакристаллы пирита в хлорито-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.).

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 гранато-магнетитовом скарне Дашкесанского месторождения) или содержат в своем составе 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, секторпальное 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 идиоморфнометазернистая, радиально-лучистая, гребенчатая и порфирометазернистая.

Генетические группы вторичных текстур и структур

В зависимости от условий, в которых происходит изменение минерального агрегата, минерального зерна и коллоидного вещества, вторичные текстуры и структуры подразделяются на три генетические группы: I — текстуры и структуры, образующиеся в процессе диагенеза пород и руд; II — текстуры и структуры, образующиеся в процессе метаморфизма; III — текстуры и структуры, образующиеся в процессе выветривания.

I — текстуры и структуры, образующиеся в процессе диагенеза пород и руд. 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 происходит 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 гексогональный халькозин переходит в низкотемпературный ромбический халькозин).

Перекристаллизации минералов происходят при превращении или инверсии вещества из одной кристаллографической модификации в дру-

гую. При инверсии минералов изменяется 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 в условиях высоких и средних температур. Метаколлоидные текстуры и структуры и собственно кристаллобластические и катакластические структуры широко развиты в месторождениях выветривания и осадочных и реже встречаются в гидротермальных месторождениях.

II — текстуры и структуры, образующиеся в процессе метаморфизма.

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 расщепления 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 пластические минералы подвергаются смятию, что выражается в изменении формы зерен, в ориентированном расположении трещин спайности и отдельности, двойниковых швов. Пластинчатые мягкие минералы расщепляются на более мелкие частицы. Хрупкие деформации проявляются в агрегатах таких минералов, как пирит, гипс, колумбит, киноварь, арсенопирит, тетраэдрит, теннантит, энаргит, джемсонит, бравоит, касситерит, станнин, пентландит, ильменит, гематит, хромит, кобальтин, глаукокодот, шеелит, ульманит и др. Пластические деформации наблюдаются в таких рудообразующих минералах, как самородные металлы (золото, серебро, медь, платина, висмут, сурьма и др.), в галените, аргентите, молибдените, халькозине, борните, халькопирите, сфалерите, висмутине, пирротине, сафлорите, антимоните, никелине, миллерите, графите, виттерите, 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. Пластические минералы под влиянием давления претерпевают течение 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 благодаря атомно-молекулярной перегруппировке, при диффузии в твердом состоянии и при участии поровых растворов.

При метаморфизме руды изменяется ее состав, образуются более устойчивые и простые минеральные виды (например, гидроокислы железа превращаются в гематит и магнетит и т. д.). Образуются новые минералы при перекристаллизации гелевого вещества (например, арсенопирит образуется из гельпирита, содержащего мышьяк) и при 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, гетит — в магнетит и гематит, псиломелан — в якобит и 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, гнейсовидно-полосчатая, 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 рудообразующих 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.

III — текстуры и структуры, образующиеся в процессе выветривания. В зоне окисления при действии агентов выветривания горные породы и руды изменяют свой 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. прилож. 1), характерные для остаточных месторождений выветривания (шляпы на коренных рудных месторождениях, коры выветривания на горных породах, элювиальные и делювиальные россыпи).

Породы и руды при действии агентов выветривания растрескиваются, дробятся и превращаются в обломочные и порошокватые агрегаты. Такие агрегаты 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 гипсо-

генных 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. прилож. 1).

Заключение

В основу таблицы для определения текстур и структур руд (см. прилож. 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 текстуры и структуры, коллоидные текстуры и структуры, метаколлоидные текстуры и структуры, катакластические (кластические) текстуры и структуры.

В таблице (см. прилож. 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 таблице (см. прилож. 1) 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 три 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. прилож. 1) вначале определяются морфогенетические группы и морфологические виды текстур по характерным особенностям минеральных агрегатов или минеральных выделений (форма, размер, пространственная ориентировка и способы сростания друг с другом). Затем определяют по таблице генетическую группу текстуры. Если текстура встречается в нескольких группах, то выбирают необходимую с учетом парагенезиса минералов 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 формы, размера и внутреннего строения) 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

Пример 1. Макроскопически в руде (рис. 1) различаются два минеральных агрегата: рудовмещающая порода — скари и рудный агрегат — кобальтин. Последний образует 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. 2). 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 текстур основной значенности 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, в первичных текстур, прилож. 4).

Пример II. В изменённом порфирите из медноколчеданного месторождения Кафан развиты метасоматические выделения пирита в виде вкрапленности и тонких прожилков (рис. 3). 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).

На рис. 4 показано строение метасоматического прожилка. Обращают на себя внимание идиоморфные очертания метакристаллов пирита в прожилке по отношению к породообразующим минералам. Однако при структурном травлении в метакристаллах пирита не выявилось зональное строение, что даёт основание предполагать о том, что пирит после своего образования подвергался перекристаллизации.

Пример III. В серноколчеданной руде макроскопически выделяются два минеральных агрегата: первый — кремнистая порода, сложенная халцедоном, с вкрапленностью зёрен пирита (рис. 5); второй — мономинеральные прожилки пирита, заполняющие трещинки в породе. По совокупности морфологических особенностей минеральных агрегатов текстура 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 зёрнами различного размера, округлой и правильной формы с однородным внутренним строением.

В прожилках зёрна пирита, претерпев собирательную перекристаллизацию, более укрупнены по сравнению с вкрапленностью пирита в породе. Форма их удлинённая, округлая, границы прямые, строение однородное (рис. 6).

По морфологическим особенностям минеральных зёрен пирита, кварца и халцедона структуры агрегатов относятся к подгруппе собственно кристаллобластических. Из приведённых в этой подгруппе морфологических видов структур наиболее подходят гранобластическая и порфиробластическая.

При определении генетической группы текстур исследуемой серноколчеданной руды типоморфное значение имеют гранобластическая и

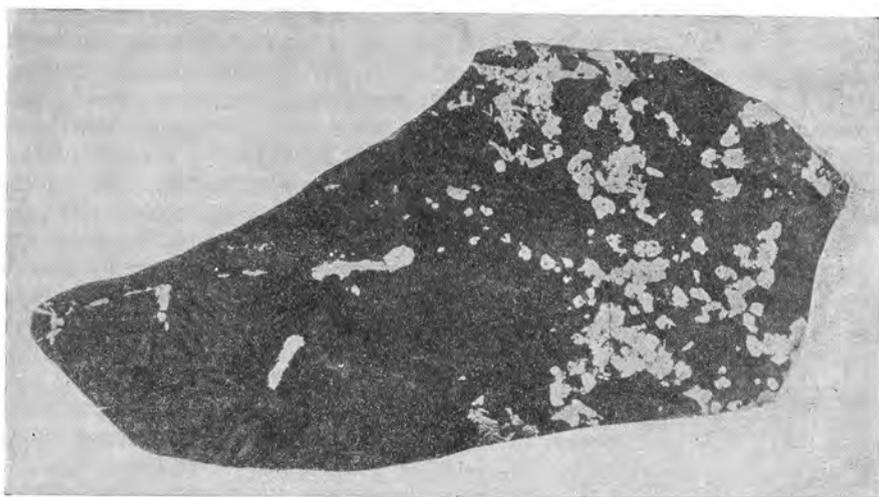


Рис. 1. Прожилковая и вкрапленная текстуры. Метакристаллы кобальтина (белый) слагают вкрапленность и прожилки в скарне (черный). Месторождение Дашкесанское. Полированный штуф. Нат. вел.

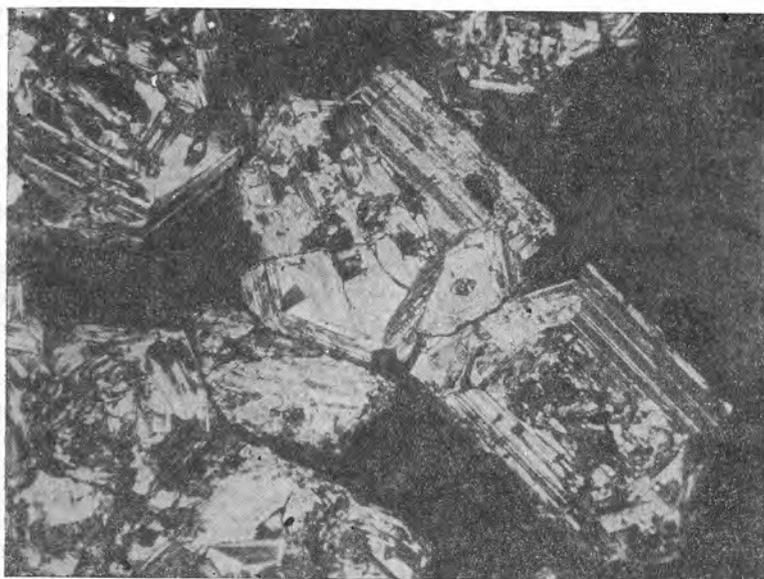


Рис. 2. Метакристаллы кобальтина с зональным строением. Минерал протравлен $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} +$ несколько капель H_2SO_4 в течение 3 минут. Тот же штуф, что и на рис. 1. Ув. 40

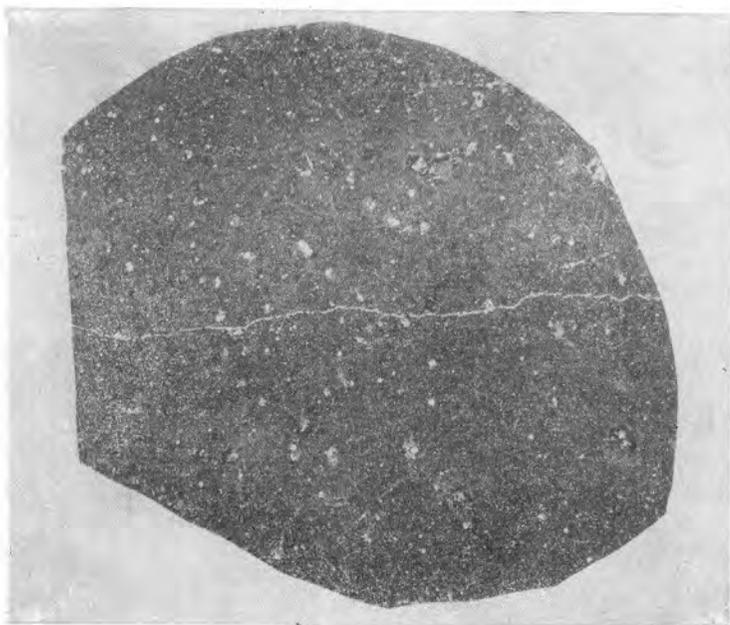


Рис. 3. Вкрапленная и прожилковая текстуры. В порфирите (темно-серый) развиты метасоматические вкрапления и прожилки пирита (белый). Месторождение Кафан. Полированный штуф. Нат. вел.

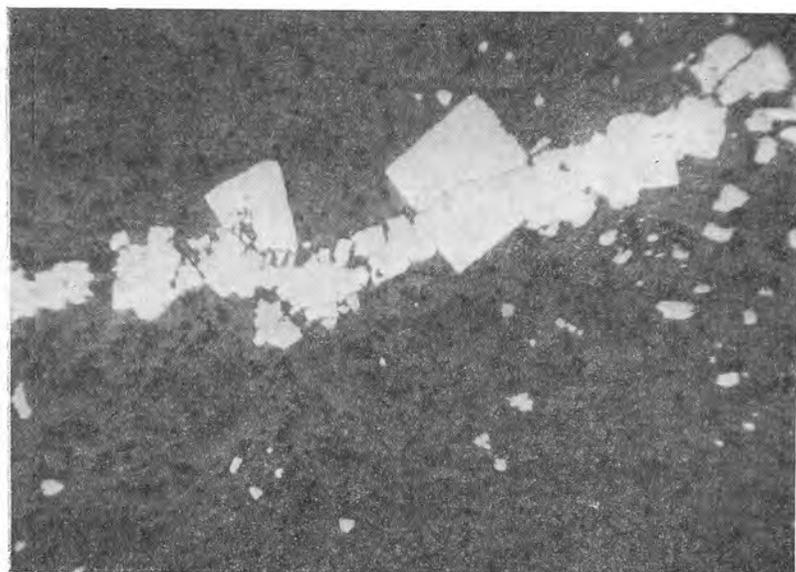


Рис. 4. Идиоморфометазернистая структура в пиритовом прожилке. Тот же штуф, что и на рис. 3. Ув. 40



Рис. 5. Тонкая вкрапленность и прожилки пирита (белый) в кремнистой породе (темно-серый). Полированный штуч. Нат. вел.

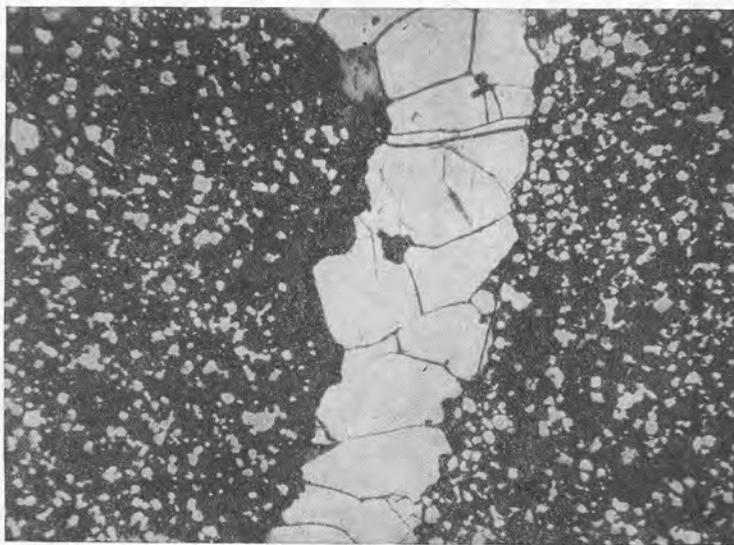


Рис. 6. Гранобластовая структура агрегата пирита (белый) в прожилке. Тот же штуч, что и на рис. 5. Ув. 40

порфиробластическая структуры агрегатов. Учитывая эти характерные структуры, приходим к заключению, что в руде развиты вкрапленная и просечковая вторичные текстуры (генетическая группа I и II, прилож. 1).

Пример IV. Серноколчеданная руда сложена неравномернозернистым пиритом. При травлении полированной поверхности серноколчеданной руды реактивом $\text{HNO}_3_{\text{конц}} + \text{CaF}_2$ основная масса пирита сильно протравилась и почернела (рис. 7). В слабо протравленных участках пирита выявилось почковидное и концентрически-зональное строение.

В массе протравленного пирита хорошо выделились прожилки различной мощности перекристаллизованного пирита.

Кристаллообласты пирита почти не изменились под действием реактива. Лишь четко выявились границы зерен и однородное их строение (рис. 8).

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 — прожилкообразная, образуется она при собирательной перекристаллизации гелевого пирита по трещинкам усыхания в процессе диагенеза (генетическая группа I вторичных текстур, прилож. 1); структура в прожилках перекристаллизованного пирита аллотриоморфнобластическая.

Пример V. Образец малахита состоит из тесно сросшихся почек и корок (рис. 9). При макро- и микроскопическом изучении образца обнаружено, что одни почки и корки малахита имеют тонкое строение (аморфное и скрытокристаллическое) и концентрически-зональное, а другие — радиально-лучистое строение со следами концентрической зональности (рис. 10). 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); первичное строение почек и корок малахита, по-видимому, было аморфное или гелевое, или скрытокристаллическое и концентрически-зональное (группа III первичных структур). В процессе диагенеза в малахите развиваются радиально-лучистая структура (генетическая группа I вторичных структур), а также почковидная и корковая метаколлоидные текстуры.

Пример VI. Молибденовая руда сложена двумя минеральными агрегатами (рис. 11): один представлен округленными и остроугольными обломками измененного порфирита, а другой, состоящий из молибденита и небольшого количества кварца, цементирует обломки породы. Вначале определяем по таблице текстуру руды. По совокупности морфологических особенностей минеральных агрегатов текстура руды относится к группе катакластических и цементных. Из перечисленных морфологических видов в этих группах выбираем брекчиевидную и цементную текстуры. Остановимся на брекчиевидной текстуре, так как она наиболее часто применяется для этого типа сростаний.

По таблице 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, прилож. 1).

Затем переходим к изучению строения минерального агрегата — цемента образовавшегося при метасоматическом замещении тектонической брекчии. Эти типы строения показаны в генетической группе IV, б первичных структур. Под микроскопом в молибденитовом агрегате определяем идиоморфнометазернистую структуру (рис. 12).

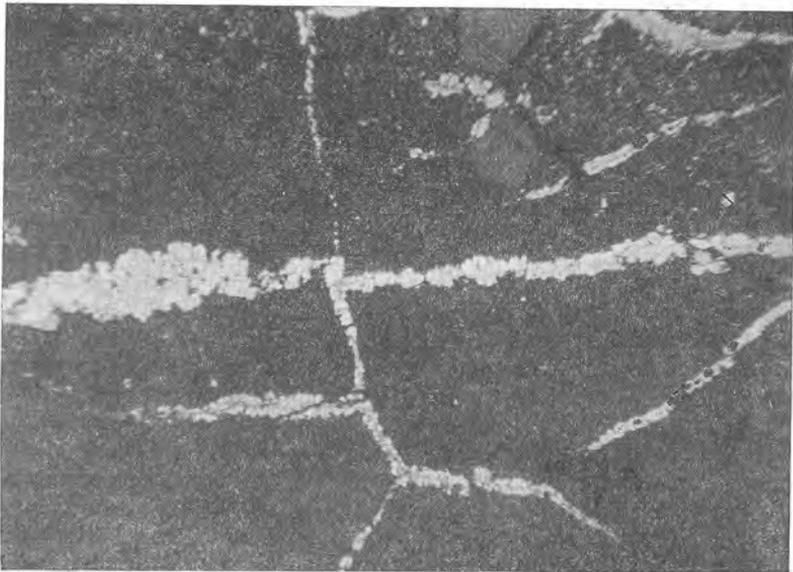


Рис. 7. Собирательная перекристаллизация пирита в трещинах усыхания. Белый — пирит перекристаллизованный, черный — пирит аморфный и скрытокристаллический, серый — зерна кварца. Минерал протравлен HNO_3 (конц.) + CaF_2 в течение 3 минут. Месторождение Ахтала. Полированный шлиф. Ув. 40

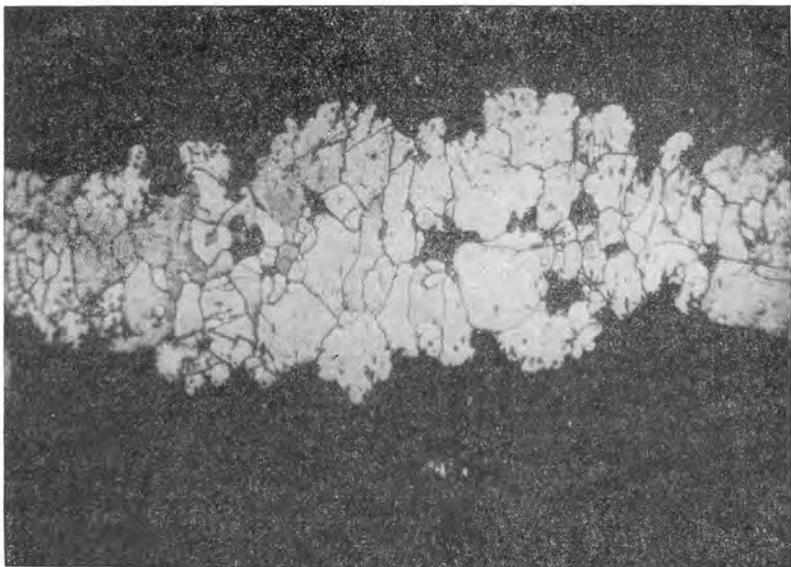


Рис. 8. Аллотриоморфнобластическая структура пиритового агрегата в прожилке. Черный — сильно протравленный аморфный пирит. Тот же шлиф, что и на рис. 7. Ув. 160

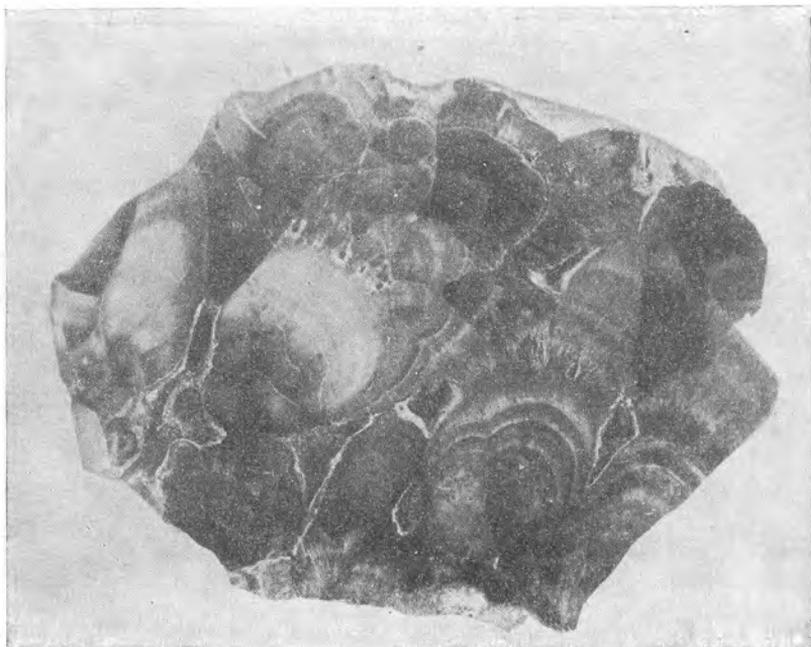


Рис. 9. Мономинеральный агрегат малахита почковидного сложения. Одни почки малахита имеют афанитовое строение, другие — радиально-лучистое. Высокогорское месторождение, Урал. Полированный штуф. Нат. вел.



Рис. 10. Радиально-лучистая метаколлоидная структура малахита со следами первичного концентрически-зонального строения. Деталь строения штуфа рис. 9. Ув. 4

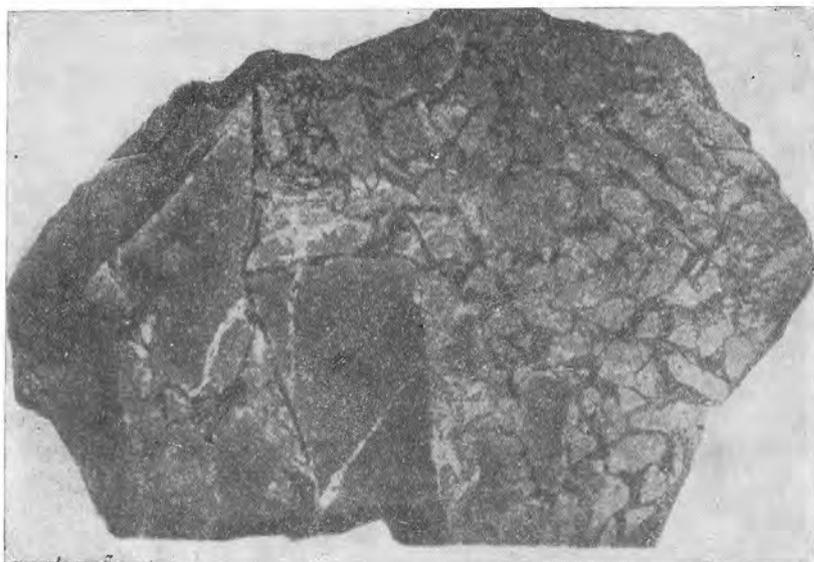


Рис. 11. Брекчиевидная текстура. Обломки измененного порфирита (серый) сцементированы молибденитом (черный с блестками); белый — прожилки карбоната. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный штуф. Нат. вел.

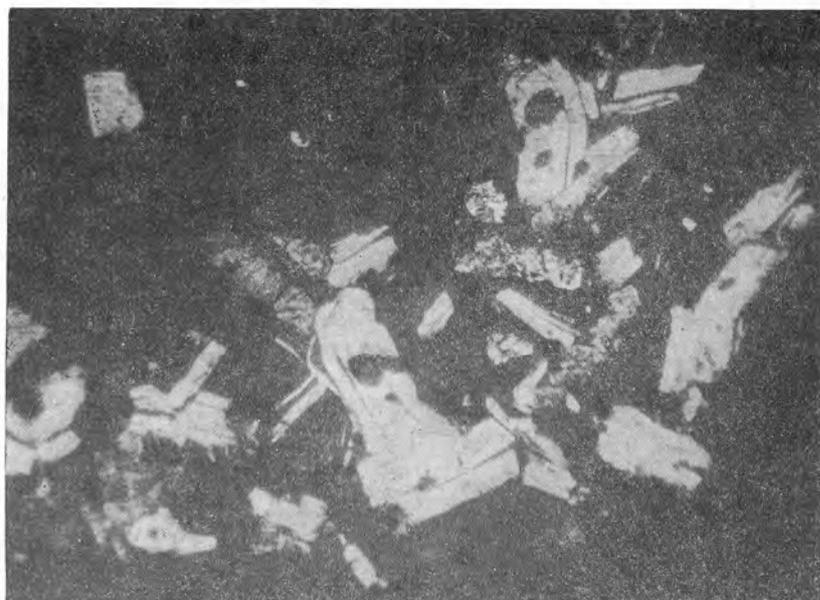


Рис. 12. Идиоморфнометазернистая структура. Метакристаллы молибденита (белый, светло-серый) в измененном порфирите (темно-серый). Тот же штуф, что и на рис. 11. Ув. 160

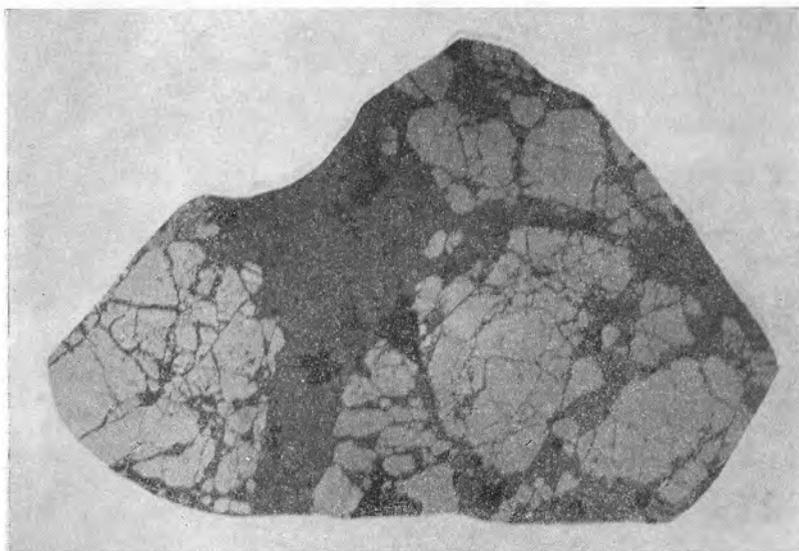


Рис. 13. Брекчиевидная текстура замещения. Обломки пирита (белый, раздробленный) сцементированы энаргитом (серый с черными выбоинами). Месторождение Аравус, Армянская ССР. Полированный штаф. Нат. вел.

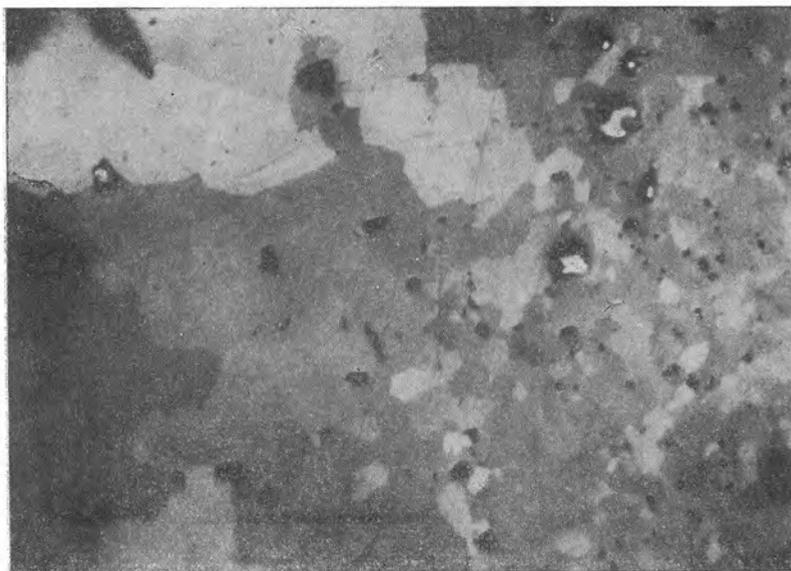


Рис. 14. Аллотриоморфнометазернистая структура энаргитового агрегата в цементе. Видны реликты пирита. Тот же штаф, что и на рис. 13. Николи скрещены. Ув. 165



Рис. 15. Гранобластическая структура пиритового агрегата в обломках. Протравлен $\text{HNO}_3 + \text{CaF}_2$ в течение 3 минут. Тот же штуф, что и на рис. 13. Ув. 80

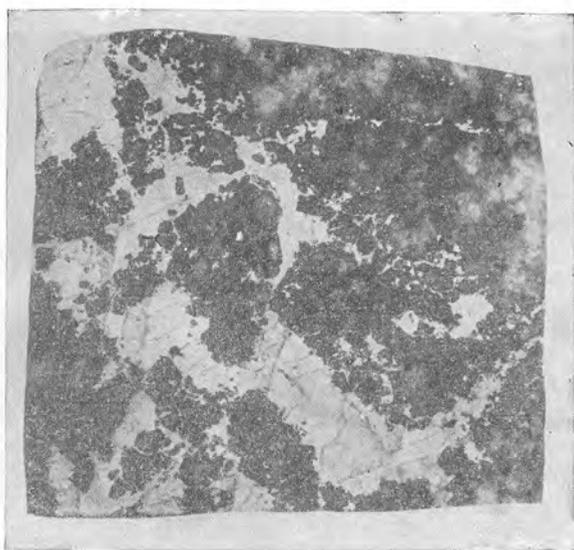


Рис. 16. Субграфическая текстура замещения. Извилистые выделения халькопирита (белый) с зазубренными границами развиты в породе (серый, темно-серый). Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный штуф. Нат. вел.

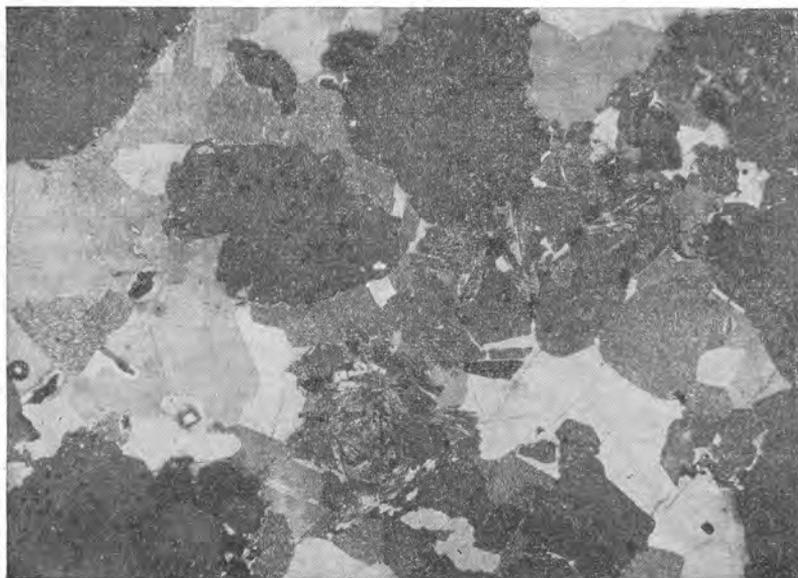


Рис. 17. Метазерна халькопирита (белый, серый, темно-серый) в породе. В халькопирите включены реликты нерудных минералов (почти черный, рельефный). Халькопирит протравлен в парах царской водки. Тот же образец, что и на рис. 16. Ув. 70

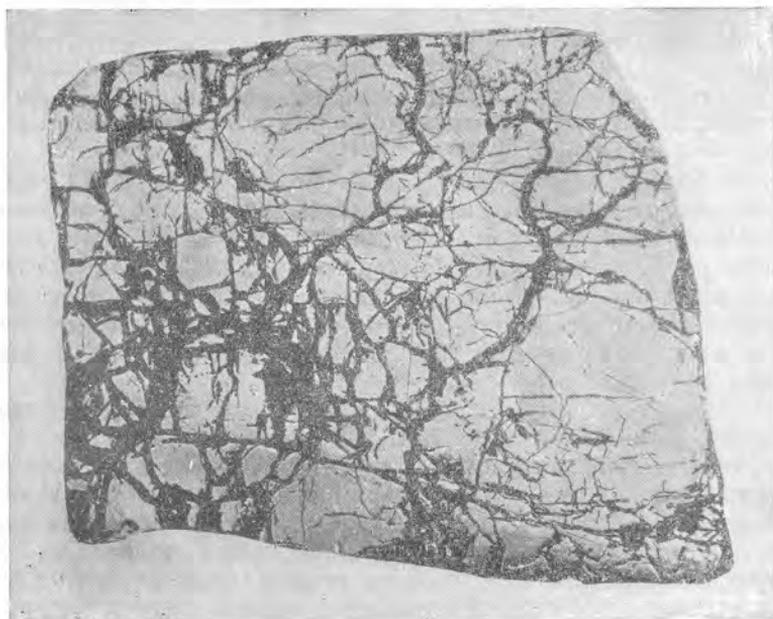


Рис. 18. Нитеобразная и сетчатая текстуры. Агрегат пирита (белый, растресканный) замещается по трещинам гётитом (черный). Месторождение Дегтярское, Урал. Полированный штуф. Нат. вел.

Пример VII. Медно-мышьяковая руда (рис. 13) сложена двумя минеральными агрегатами. Один представлен обломками пирита неправильной и округлой формы. Другой агрегат цементирует обломки пирита и состоит из энаргита с примесью люционита и теннантита. В агрегате цемента развиты мельчайшие реликты пирита, сохранившиеся от замещения раздробленной мелочи 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, б первичных текстур).

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

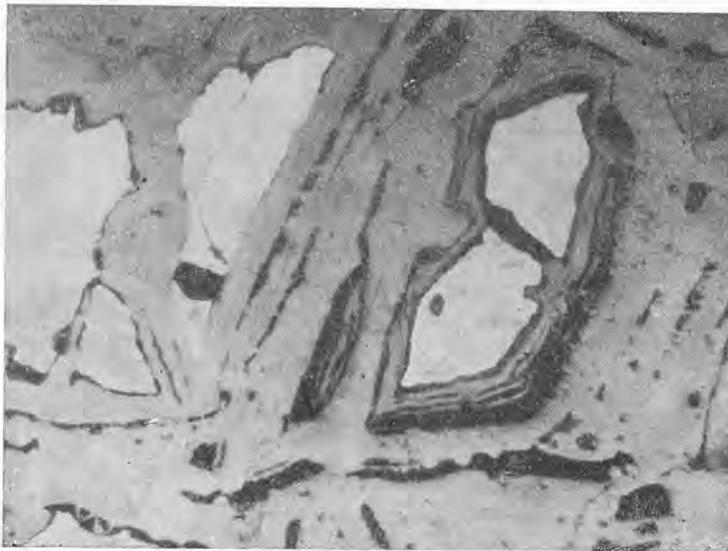


Рис. 19. Агрегат гёмита (серый) с концентрически-зональным строением. Видны реликты пирита (белый). Тот же штUFF, что и на рис. 18. Ув. 80

в процессе метасоматического замещения тектонической брекчии пирита, развиты аллотриоморфнометазернистая (рис. 14) и гипидиоморфнометазернистая структуры (генетическая группа IV, б первичных структур).

В обломках пирита, сформировавшихся в процессе динамометаморфизма, выявляются после структурного травления гранобластическая (рис. 15) и раздробленная структуры (генетическая группа II вторичных структур).

Пример VIII. Медная руда (рис. 16) представляет 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 друг с другом 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 таблицы прилож. 1, морфологические виды коррозионных текстур встречаются только в генетической группе IV, а первичных текстур.

В генетической группе IV, *a* перечислены первичные структуры, которые могут быть развиты в халькопиритовом агрегате, образовавшемся при коррозионном замещении. Под микроскопом в халькопиритовом агрегате определена аллотриоморфнометазернистая структура (рис. 17).

П р и м е р IX. При макро- и микроскопическом изучении в серноколчеданной руде наблюдаем нитеобразные прожилки и сетку прожилков гётита, который замещает пирит вдоль тонких трещинок (рис. 18). В руде выделяются два минеральных агрегата: гипогенный — пиритовый и гипергенный — гётитовый. По морфологическим особенностям минеральных агрегатов текстура руды (см. прилож. 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, *a* первичных текстур, образованных в процессе коррозионного замещения.

В генетической группе IV, *a* перечислены первичные структуры, которые могут быть развиты в гётитовом агрегате, образовавшемся при коррозионном замещении. Под микроскопом в гётитовом агрегате определена гелевая и концентрически-зональная структуры (рис. 19).

II. 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 в таких случаях 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 дают возможность судить о последовательности выделения минералов и минеральных ассоциаций и последующих их изменениях. 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. Изучение взаимоотношений между минералами, отложившимися в один этап или стадию минерализации, позволяет установить одновременное, последовательное и перекрывающее их выделение.

Зерна минералов, выделяющиеся одновременно при кристаллизации растворов, сростаясь друг с другом, образуют идиоморфнозернистую, гребенчатую и аллотриоморфнозернистую структуры.

Гелевая и скрытокристаллическая структуры являются надежным доказательством одновременного выделения минералов в коллоидном агрегате.

Однозначным 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 главные признаки.

1) форма минерального зерна — идиоморфная, гипидиоморфная, аллотриоморфная и скелетная;

2) коррозия (разведение) 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 выделения 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 резорбции¹ 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, сидеронитовая, скелетная и реликтовая.

Изучение большого количества полированных и прозрачных шлифов руды часто дает возможность наблюдать как одновременное отложение пары минералов в одних образцах руды (например, хромит и оливин), так и последовательное отложение этих же минералов в других образцах. Такие особенности их взаимоотношений указывают на явление перекрывающего отложения.

Возрастные взаимоотношения между минеральными агрегатами (ассоциациями), слагающими руду данного месторождения, определяются по текстурам, структурам и по вещественному составу. Текстуры являются одним из важных документов при выделении стадий минерализации.

Каждая выделяемая стадия минерализации характеризуется определенными условиями минералообразования, которые прежде всего отражаются на морфогенетических особенностях минеральных зерен и агрегатов, на минералогическом и химическом составе ассоциации.

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

При одновременном отложении минеральных агрегатов в рудах наблюдаются массивная, вкрапленная, пятнистая и колломорфная 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.

¹ Резорбция — повторное растворение минералов.

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 текстурам, 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 таблице 4 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 динамометаморфизм. Можно отчетливо наблюдать наличие пострудных изменений (диагенеза, метаморфизма и выветривания) в рудах большинства месторождений различного генезиса. Пострудные изменения развиваются локально, захватывая отдельные части рудного тела или месторождения, или рудной зоны, при этом в одних участках месторождения могут преобладать первичные структурно-текстурные особенности, а в других — вторичные. Например, 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, неизменные вдали от нарушения, будут значительно отличаться своим 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 строения минеральных зерен и агрегатов. Пострудные изменения налагают свой отпечаток также на минеральный состав руды.

Под влиянием выветривания в минералах образуются поры и трещины, в которых отлагаются новые минералы (гидроокислы железа и марганца, карбонаты меди и т. д.) или же происходит метасоматическое замещение.

Под действием ориентированного давления и высоких температур, развивающихся при метаморфизме, изменяются форма и строение минерального зерна и агрегата. На первых стадиях метаморфизма зерна хрупких и твердых минералов дробятся на обломки различной формы и размеров, а зерна пластичных минералов сминаются, при этом в них изгибаются трещинки спайности, двойниковые полоски 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, ширротина, молибденита, антимонита и графита. Полная перекристаллизация минералов

Т а б л и ц а 4
 Признаки, указывающие на одновременное, последовательное и разновременное отложение минералов и минеральных ассоциаций

Типы отложения	Генетические признаки				Текстура руды	Примечание
	для минералов		Структура минерального агрегата	для ассоциаций		
	Форма и строение минерального зерна и коллоидного вещества	внутреннее строение				
Одновременное	Кристаллические зерна идиоморфной или аллотриоморфной формы Кристаллообласть амульсионной, пластинчатой и волокнистой формы Коллоидное вещество сферической формы	Однородное, зоннальное, двойники роста Однородное Концентрически-зональное	Аллотриоморфнозернистая, идиоморфнозернистая, гребенчатая Распада твердых растворов Метаколлоидная Коллоидная	Массивная Метаколлоидная Коллоидная	Парагенетические ассоциации минералов в рудах собственно магматического, осадочного и режа постмагматического генезиса	
Последовательное	Кристаллические зерна идиоморфной, гиридиоморфной и аллотриоморфной формы Скелетные и реликтовые очертания зерен как результат замещения Явления коррозии между минералами	Однородное, зоннальное, двойники роста	Гиридиоморфнозернистая, сидеронитовая Скелетная Реликтовая Разъедания	Слоистая Псевдослоистая Оолитовая Крустификационная Полосчатая Жеодовая Конкреционная	Парагенетические ассоциации минералов в рудах собственно магматического, осадочного генезиса и в гидротермальных жилах	
Разновременное со следами перерыва	Кристаллические, метасоматические, бластические и кластические зерна различной формы Коллоидное вещество	Однородное, секториальное и зоннальное Двойники роста и двойники давления	Первичные и вторичные структуры в раннем и позднем минеральных агрегатах	Заполнения трещин и пустот (прожилковая, брекчьевая, кокардовая, полосчатая, друзовая и др.) Коррозионные (реликтовая, скелетная, каменная, пельчатая, решетчатая, графическая и др.) Унаследованная	Парагенетические ассоциации минералов в рудах постмагматического генезиса, в зоне окисления и в зоне цементации	

в порфиروبластовый 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. Последние обычно вытянуты длиной осью перпендикулярно давлению. В полосчатых и массивных перекристаллизованных рудах кристаллобласты с полисинтетическим двойниковым строением располагаются в беспорядке.

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

При глубоком метаморфизме руд, например медноколчеданных, 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 «тенях давления», т. е. в участках наименьшего давления.

При метаморфизме руды изменяется ее минеральный состав в сторону отложения более устойчивых и простых минеральных видов (например, гидроокислы железа в процессе метаморфизма переходят в магнетит и гематит, пирротин превращается в агрегат пирита и магнетита и т. д.).

В рудах метаморфизованных месторождений характерными вторичными структурами являются катакластические и кристаллобластические

Минеральные агрегаты под влиянием агентов динамометаморфизма подвергаются дроблению и смятию. В них происходит 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 полоски, линзочки, складки. Они затираются по трещинкам дробления в кварце и пирите с образованием мелких прожилков-просечек. При глубоком 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, плейчатая. В таблице 5 сведены признаки, указывающие на явления метаморфизма в рудах.

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

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

Признаки метаморфизма в рудах

Стадия метаморфизма	Вторичные изменения формы и строения минерального зерна и коллоидного вещества		Вторичные структуры в минеральном агрегате	Вторичные текстуры руды	Примечание
	изменение формы	изменение внутреннего строения			
Начальная	Дробление и смятие зерен и коллоидного вещества	Первичное строение зерен (зональное, секторальное и двойниковое) сминается или нарушается трещинами дробления	Раздробленная Смятая (Первичные широко распространены)	Брекчиевая Брекчиевидная	Первичный минеральный состав руды в основном не изменяется
Промежуточная	Зерна минералов приобретают овальную и линзовидную форму.	Образуются ориентированные полисинтетические двойники дробления.	Ориентированнокластическая Ориентированнозернистая	Площчатая Сланцеватая Гнейсовидная Тонкополосчатая	Минералы первичных руд освобождаются от примесей. Выделяются новообразования при распаде твердых растворов
	Удлиненные зерна вытянуты параллельно друг другу	В центре некоторых зерен сохраняются реликты зонального строения			
Конечная	Новообразуются кристаллообласты различной формы и размеров	Однородное	Распада твердых растворов Метаколлоидная Реликты коллоидных структур	Метаколлоидная	Особенно сильно изменяется вещественный состав в рудах и породах осадочного генезиса и в месторождениях выветривания
	Новообразуются кристаллообласты различной формы и размеров	Кристаллообласты характеризуются однородным строением и двойниками давления	Собственно кристаллобластическая	Очковая Гнейсовидно-полосчатая Массивная	

Большое значение для определения термодинамических условий рудообразования имеют кристаллобластические структуры, формирующиеся при распаде твердых растворов, при параморфном превращении минералов из одной кристаллографической модификации в другую, при 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 параморфное превращение минералов из одной кристаллографической модификации в другую происходит при вполне определенных температурах — порядка $103\text{--}570^\circ\text{C}$. 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 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 халькозин ($<103^\circ$) и высокотемпературный гексагональный халькозин ($>103^\circ$). Крупнозернистые агрегаты высокотемпературного гексагонального халькозина при охлаждении ниже точки инверсии (103°) превращаются в пластинчатые агрегаты низкотемпературного ромбического халькозина и, наоборот, 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° .

Аргентит кубический и моноклинный представляют собой высоко- и низкотемпературные формы сульфида серебра с точкой инверсии 179° . Они отличаются друг от друга внутренним строением зерен. Высокотемпературный крупнозернистый кубический аргентит характеризуется наличием крупнопластинчатых двойников превращения. Зерна низкотемпературного ромбического аргентита не сдвойникованы. В рудах более широкое распространение имеет низкотемпературный аргентит.

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

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

Для определения температуры минералообразования важными являются точки инверсии кварца и особенно переход низкотемпературного

α -кварца в более высокотемпературную модификацию β -кварц. Как теперь установлено, жильный кварц не весь представлен низкотемпературной формой, в некоторых жилах развит β -кварц.

В природе известны минералы, которые при нагревании имеют тенденцию к превращению в устойчивую форму с образованием кристаллобластических структур. Такие превращения происходят при вполне определенной температуре. Так, например, марказит переходит в пирит при 450° , пирит переходит в пирротин при 615° , арагонит превращается в кальцит при 410° , кубанит превращается в агрегат халькопирита и халькопирротина при 235° , маггемит перекристаллизовывается в гематит при $210-500^\circ$, метациннабарит переходит в киноварь при 400° , сидерит переходит в гематит при $350-400^\circ$.

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° , зональная самородная медь — при $400-450^\circ$, а зональное самородное золото — при 360° . При перекристаллизации самородных металлов первичное зональное строение превращается в гранобластовое. Новообразующиеся зерна характеризуются однородным строением.

Перечень кристаллобластических структур и минералов, которые могут быть использованы в качестве геологических термометров, приведен в таблице 6.

ПОСТРОЕНИЕ СХЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ

В итоге проведенных исследований по изучению вещественного состава и строения руды составляется парагенетическая схема последовательности выделения минералов и минеральных ассоциаций, на которой отражаются все главнейшие особенности процесса минералообразования.

На схеме показаны рудообразующие минералы и 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 минералом. Если минерал встречается в нескольких парагенетических ассоциациях, то он на схеме отмечается в каждой ассоциации. Различные генерации минерала могут быть обозначены римской цифрой, иногда приводятся кристалломорфные и геохимические особенности, характеризующие разновидности этих минералов. Различные генерации одного и того же минерала отличаются друг от друга по примесям химических элементов, по форме, размеру и внутреннему строению кристаллов и зерен. Для отдельных парагенетических ассоциаций иногда характерен определенный минерал, кристаллизующийся только в этой ассоциации и играющий роль типоморфного минерала. Количество каждого минерала и его положение на схеме показывается в виде полосок различной толщины. Длина такой полоски обозначает начало и конец процесса кристаллизации, а толщина — относительное количество минерала в парагенетической ассоциации. Над полосками могут быть показаны химические элементы — примеси, встречающиеся в данной генерации минерала. Вверху схемы помещены нумерация стадий, названия этапов минерализации и минеральных ассоциаций.

Этапом минерализации называют крупные периоды процесса минералообразования, характеризующиеся определенными геологическими и физико-химическими условиями, при которых выделяются одна или несколько парагенетических ассоциаций минералов. Например, выделяют

Таблица 6
 Минералы и структуры — геологические термометры

Структура	Минерал	Температура, °C	Автор, год
Распада твердого раствора — эмульсионная, пластинчатая, решетчатая, графическая и др.	Магнетит + ильменит (1:1) *	600—700	Рамдор, 1926
	Ильменит + гематит (любые)	500—700	Рамдор, 1962
	Халькопирит + сфалерит	550	Борхерт, 1934
	Халькопирит + тетраэдрит (10:1)	500	Эдвардс, 1946
	Халькопирит + борнит	475	Шварц, 1931
	Халькопирит + борнит	275	Филимонова, 1949
	Халькопирит + кубанит (любые)	450	Шварц, 1927
	Пирротин + пентландит (5:1)	425—450	Ньюхауз, 1927 и Хьюитт, 1938
	Станниит + халькопирит (5:1)	500	Альфель, 1934
	Сфалерит + халькопирит (4:1)	350—400	Бюргер, 1935
	Халькозин + штроейрит	300	Шварц, 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
Альмонит + мышьяк + сурьма	200—250	Стиллвелл, Эдвардс, 1941	
Борнит + халькозин (2:1)	225	Шварц, 1928	
Халькозин + ковеллит (2:1)	75	Бетман, Ласки, 1932	
Превращения — гранобластическая, идиобластическая, волокнистая, раздробленная и др. Двойники превращения — пластинчатые, веретенообразные	Высокотемпературный β-кварц → низкотемпературный α-кварц	570	Ларсен и Райт, 1909
	Высокотемпературный кубический шапбахит → низкотемпературный ромбический шапбахит	225	Эдвардс, 1947
	Высокотемпературный кубический аргентит ⇌ низкотемпературный моноклиальный аргентит (акантит)	179	Борхерт, 1935
	Высокотемпературный кубический гессит → низкотемпературный моноклиальный гессит	150	Борхерт, 1935
	Высокотемпературный гексагональный халькозин ⇌ низкотемпературный ромбический халькозин	103	Бюргер, 1941
	Асбо-гель (аморфное вещество) → волокнистый хризотил-асбест	350 и ниже	Меренков, 1957
Гранобластическая структура с полисинтетически-двойниковым и однородным строением зерен	Зональная медь → гранобластовая медь	450—500	Эдвардс, 1947
	Зональное золото → гранобластовое золото	360	Эдвардс, 1947
	Зональное серебро → гранобластовое серебро	200—350	Эдвардс, 1947

* В скобках — количественное соотношение минералов в твердом растворе.

Схема последовательности
минералообразования в сульфидных
медно-молибденовых рудах

Этап	П о с т м а г е м а т и ч е с к и й							
Стадии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Ассоциации	Пиритовая	Халькопирито-кварцевая	Молибденито-кварцевая	Молибденито-кварцевая	Халькопиритовая	Кварц-галенито-сфалеритовая	Теннантито-кварцево-анергитовая	Доломитово-хальцедоновая
Минералы								
Пирит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Вирратин	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Кубанит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Кварц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Серицит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Хлорит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Сфалерит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Халькопирит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Борнит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Халькозин	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Теннантит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Тетраэдрит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Галенит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Анортонлаз	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Альбит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Бицит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Шеелит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Молибденит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Магнетит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Гематит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Марказит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Нобальтин	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Арсенопирит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Золото самородное	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Висмутин	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Висмут самородный	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Виттихенит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Эмпленит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Илапраит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Кальцит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Аргентит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Серебро самородное	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Антацит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Энаргит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Люцит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Доломит железистый	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Наволинит	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Гидрослюда	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Хальцедон, опал	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII-IX
Текстуры	Прожилковые, вкрапленные, коррозионные Б р е к ч и е в ы е Друзовые Полосчатые Полосчатые Друзовые Полосчатые Металлоподобные							
Структуры	Метазернистые Зернистые Коррозионные Кристаллобластические Катанластические							
Месторождения	Агаран, Айгедзор, Анкаван, Дастанерт, Джиндара, Наджаран, Парагачай							

от 10% и выше
 от 0,01% до 0,1%
 I, II, III Генерации минералов
 от 0,1% до 10%
 от 0,01% и ниже

**Схема последовательности
минералообразования в окисленных
медно-молибденовых рудах**

Этап Стадии	В ы в е т р и в а н и я					
	I	II	III	IV	V	VI
Ассоциации	Гетито- наалинитовая	Вторичных сульфидов	Тенорито- купритовая	Халцедоно- лампадитовая	Малахито- нальцитовая	Гипсовая
Минералы						
Ярозит						
Гетит, гидрогетит	■					
Лепидокромит	■					
Гематит, гидрогематит	■					
Ферримолибдит	■					
Скородит	■					
Оливинит	■					
Науцит	■					
Гидрослюда	■					
Монтмориллонит	■					
Повеллит	■					
Барнит	■	■				
Халькозин	■	■				
Штромейерит	■	■				
Аргентит	■	■				
Серебро самородное	■	■				
Новеллин	■	■				
Халькопирит	■	■				
Марказит	■	■				
Иричная медная руда	■	■				
Куприт	■	■	■			
Медь самородная	■	■	■			
Тенорит	■	■	■			
Делафоссит	■	■	■			
Медно-марганцевая смаляная руда	■	■	■			
Лампадит	■	■	■	■		
Псилопелан	■	■	■	■		
Пирролюзит	■	■	■	■		
Халцедон, опал	■	■	■	■		
Хризотила	■	■	■	■		
Нальцит	■	■	■	■	■	
Арагонит	■	■	■	■	■	
Церуссит	■	■	■	■	■	
Малахит	■	■	■	■	■	
Азурит	■	■	■	■	■	
Гипс	■	■	■	■	■	■
Ангидрит	■	■	■	■	■	■
Текстуры	Коррозионные Унаследованные вкрапленные и прожилковые Натечные Нарнасные			Прожилковые Натечные Полосчатые Друзовые		Прожилковые Полосчатые Корнавые Бренчевые
Структуры	Скрытокристаллические Гранобластические Метазернистые			Радиально-лучистые Зернистые		Зернистые Волнистые
Месторождения	Агаран, Айгедзор, Аннаван, Дастакерт, Джиндара, Наджаран, Парагачай					

■ от 10% и выше

----- от 0,01% до 0,5%

— от 0,5% до 10%

..... 0,01% и ниже

ассоциации, образовавшиеся в этапы магматический, постмагматический, выветривания и т. д. В постмагматических месторождениях этапы минерализации подразделяются на стадии.

Стадией минерализации принято называть небольшой период минералообразования, характеризующийся образованием одной минеральной ассоциации. Каждая стадия минерализации отделена от предыдущих и последующих тектоническими нарушениями различной интенсивности, или перерывом во времени, или изменением физико-химических условий (состава растворов, температуры и давления), что находит отражение в появлении новых минералов, текстур и структур.

Стадии минерализации на схеме нумеруются или называются по типоморфным минералам. В последнем случае названия стадий минерализации и названия минеральных ассоциаций совпадают. Каждый вертикальный столбец на схеме характеризует установленные стадии минерализации и соответствующие им минеральные ассоциации. Последние могут быть разделены тектоническими и внутриминерализационными перерывами и даже внедрением межрудных даек. Под столбцом каждой стадии минерализации перечисляются характерные текстуры и структуры, а иногда приводятся данные по геохимии и процессам метаморфизма в рудовмещающих породах.

В таблицах 7 и 8 приведены две схемы последовательности минералообразования в медно-молибденовых рудах Малого Кавказа.

Минералогия

III. ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ПРИ ОБОГАЩЕНИИ, ОПРОВОБОВАНИИ И ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ПРИ ОБОГАЩЕНИИ

Технология переработки ассоциаций минералов при обогащении (механическом разделении, флотации, гравитации, магнитной сепарации, амальгамации, выщелачивании) или при металлургической переработке может быть совершенно различна и зависит 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 «сырой» 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, или в 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 главное внимание обращается на промышленные минералы и минералы — носители полезных и вредных примесей, их диагностику, форму и размер выделений, особенности сростаний с другими минералами, замещение типогенными и гипергенными минералами, их количество. Определяются также состав, количество и форма выделений непромышленных минералов.

При дроблении руды большое значение имеют физические свойства рудообразующих минералов (твердость, хрупкость, пористость, трещиноватость, пластичность и ковкость). Так, например, твердые нерудные минералы (кварц) при сростании 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 сростания рудных и жильных минералов, форму и размер выделений рудообразующих минералов.

По форме минеральные выделения подразделяются на следующие группы: изометричные, неправильной формы, удлинённые (игльчатые, прожилкообразные, решетчатые, нитевидные, линзовидные) и пластичатые (таблитчатые, чешуйчатые). Из них наиболее благоприятными при флотации считаются изометричные выделения.

Большую роль при разделении минералов играют границы их сростаний. Ровные границы между минералами способствуют более полному их разделению, границы зазубренные затрудняют разделение 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 или минералов — носителей полезных примесей, или минералов — носителей вредных примесей. Это могут быть включения, зерна или мономинеральные агрегаты. Размеры выделений устанавливаются на основе большого количества наблюдений. В. А. Глазковский и В. В. Доливо-Добровольский (1946) предложили общую для всех полезных ископаемых классификацию размеров минеральных выделений (табл. 9). Как видно из этой таблицы, руды в зависимости от размеров минеральных выделений подвергаются различной технологической обработке.

Текстуры и структуры имеют важное значение при качественной характеристике руд. В таблицах 10 и 11 перечислены главнейшие текстуры и структуры, благоприятные или неблагоприятные при обогащении руд. Благоприятными текстурами и структурами в данном типе руды называются такие формы сростания минералов, которые обуславливают максимальное извлечение ценного компонента при обогащении; неблагоприятными текстурами и структурами называются формы сростания минералов, при которых неизбежны в большом количестве потери ценного компонента или его совсем невозможно отделить.

Как известно, руды с однородными текстурами (массивная, порошковая и др.) не требуют предварительного обогащения при условии, если в них отсутствуют минералы — носители полезных или вредных примесей. Руды с неоднородным строением, для которых характерны пятнистые (вкрапленная, нодулярная и др.), друзовые, удлинённые (полосчатая, прожилковая и др.) и катакlastические текстуры (брекчиевая и др.), обогащаются хорошо и тем лучше, чем прямолинейнее границы между минеральными агрегатами и чем крупнее мономинеральные агрегаты. Руды, в которых промышленные минеральные агрегаты слагают цемент, обогащаются с потерями. В рудах с брекчиевидными и кокардовыми текстурами сростания между минеральными агрегатами более сложные, что также влияет на увеличение потерь при обогащении. В рудах с цементной унаследованной и брекчиевидной унаследованной текстурами выделения ценного минерала отличаются зазубренными границами и загрязнены посторонними минеральными примесями в виде реликтов. Такие руды обогащаются с потерями.

По соотношению крупности зерен структуры минеральных агрегатов разделяются на равномернозернистые и неравномернозернистые. Благоприятными при обогащении являются равномернозернистые и неблагоприятными — неравномернозернистые структуры. Очень большое значение для переработки руды имеет 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) тонкозерни-

Таблица 9
 Классификация размеров минеральных выделений (зерен и монокристаллических агрегатов) для текстовой оценки руд *

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

* Составлена по данным В. А. Глазковского и В. В. Доливо-Добровольского.

Текстуры и структуры руд, благоприятные для обогащения

Текстуры		Структуры			
Морфогенетические группы	Морфологические виды	Примечание	Морфогенетические группы	Морфологические виды	Примечание
Однородные	Равномерно вкрапленная, массивная, рошковая	Руды с однородным строением обычно не требуют обогащения	Зернистые	Идиоморфнозернистая, гребенчатая, радиально-лучистая, аллотриоморфнозернистая, гишдиоморфнозернистая, сидеронитовая	
Пятнистые	Вкрапленная, пятнистая, нодулярная		Мегазернистые	Идиоморфномегазернистая, аллотриоморфномегазернистая, гишдиоморфномегазернистая	Руды равномернозернистые крупно-, средне-, мелкозернистые обогащаются с наибольшим количеством потерь
Удлиненные	Полосчатая, гнейсовидная, слоистая, псевдослоистая, линзовидная, сланцеватая, сплошная, прожилковатая, корковая, дендритовая	Руды с неоднородным строением, с размерами минеральных выделений больше 2 мм обогащаются с наибольшим количеством потерь	Собственно кристаллобластические	Идиоморфнобластическая, аллотриоморфнобластическая, или гранобластическая, ориентированнобластическая, гишдиоморфнобластическая	
Катакластические, кластические	Брекчиевая, конгломератовая		Катакластические; кластические	Раздробленная, гранокластическая, ориентированнокластическая, ориентированнозернистая, обломочная, смятая	
Цементные	Цементная				
Натечные (коллоидные, метаколлоидные)	Оолитовая, почковидная, конкреционная, колломорфная, корковатая, натечно-скорлуповатая, сталактитовая, сталагмитовая	Руды с мономинеральными агрегатами однородного строения легко поддаются механическому обогащению			

Текстуры и структуры руд, неблагоприятные для обогащения

Текстуры			Структуры		
Морфогенетические группы	Морфологические виды	Примечание	Морфогенетические группы	Морфологические виды	Примечание
Натечные (коллоидные и метаколлоидные)	Оолитовая, почковидная, конкреционная, колломорфная, корковая, натечно-скорлуповатая, сталактитовая, сталамитовая, порошковая	Руды с неоднородным строением, с размерами минеральных агрегатов и выделений меньше 2 мм обогащаются с большим количеством потерь	Коррозионные	Скелетная, реликтовая, разъедания	Руды сложных сростаний, тонко-зернистые, субмикроскопические и коллоидно-дисперсные с размерами выделений ценного минерала от 0,02 до 0,002 мм и менее обогащаются с большим количеством потерь
	Катакlastические		Брекчиевидная, кокардовая, брекчиевидная унаследованная	Коллоидные	
Цементные	Цементная унаследованная		Метаколлоидные	Радиально-лучистая, волонистая	
Коррозионные	Скелетная, реликтовая, каемочная, нитеобразная, петельчатая или сетчатая, графическая, субграфическая, эмальсивидная, разъедания		Распада твердых растворов	Эмульсионная, пластинчатая, решетчатая, графическая, субграфическая, пламеневидная, петельчатая	
	Каркасные			Пористая, ящичная, ячеистая	

стые — 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 и катакластические структуры. Морфологический вид структур в этих группах не имеет значения при обогащении руды. Однако концентраты, полученные при обогащении руд с метазернистыми структурами, всегда будут загрязнены минералами, представленными в виде реликтов, сохранившихся при замещении. Тонкозернистые полиминеральные агрегаты обогащаются с большими потерями.

Катакластические структуры в агрегатах неметаллических полезных ископаемых (пъезокварц, исландский шпат, оптический флюорит, драгоценные камни и др.) значительно снижают их ценность или делают их непригодными к использованию в промышленности.

При флотации полиминеральных руд с натечными и метаколлоидными микротекстурами промышленные минералы извлекаются в концентрат с большими потерями или совсем не разделяются. Обычно в таких агрегатах наблюдается тонкое срастание рудообразующих минералов друг с другом. Величина мономинеральных выделений в полиминеральных агрегатах с коллоидными и метаколлоидными микротекстурами измеряется сотыми и тысячными долями миллиметра, а величина скрытокристаллических и коллоидно-дисперсных частиц промышленного минерала в агрегате измеряется тысячными и десятитысячными долями миллиметра.

Руды, представленные рыхлыми, землистыми или порошковатыми разностями, трудно обогащаются.

При обогащении комплексных руд с натечными микротекстурами и коллоидными структурами всегда получают концентраты, загрязненные примесями. Руды с натечными текстурами обогащаются с небольшими потерями в том случае, если промышленные минералы слагают крупные мономинеральные агрегаты с однородным строением, которые легко высвобождаются от непромышленных минералов. Так, например, оолиты, почки, конкреции, сложенные ценным минералом, легко отделяются путем грохочения или промывки с отсадкой от песчано-глинистой массы цемента. Хорошо отделяются от вмещающих пород крупные натечные агрегаты малахита, гётита и других минералов в форме сталактитов, сталагмитов и конкреций.

Коррозионные текстуры и структуры оказывают большое влияние на процесс обогащения, так как в этом типе срастаний наиболее широко развиты зазубренные границы, заливы, каемки, микропрожилки (например, графическая, субграфическая, реликтовая микротекстуры между пиритом и молибденитом, молибденитом и халькопиритом, молибденитом и борнитом, молибденитом и повеллитом, пиритом и халькопиритом, между порообразующими минералами и молибденитом или халькопиритом) и другие виды коррозионных текстур не дают возможности полностью выделять промышленные минералы из медно-молибденовых руд.

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

Как видно из вышесказанного, при разработке методов обогащения всегда должны учитываться различные типы минеральных срастаний в рудах, от которых зависит полнота извлечения промышленных минералов.

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%, а содержание окисленной меди иногда доходит до 80—90%.

В таблице 12 приводятся данные, характеризующие сульфидные руды в штокверковых медно-молибденовых месторождениях. Такие таблицы составляются при качественной характеристике руд любого месторождения.

В свинцово-цинковых месторождениях хребта Каратау С. А. Юшко (1959) выделены следующие основные типы руд: 1) сульфидно-вкрапленный, 2) сульфидно-агрегативный, 3) окисленный.

В магматических месторождениях железа В. А. Глазковский (1954) по главным рудообразующим минералам выделяет пять основных типов руд: 1) ильменито-магнетитовый; 2) ильменито-мартито-магнетитовый; 3) ильменито-гематито-мартитовый; 4) магнетито-ильменитовый; 5) бор-

Образец учетной карточки для тех

Тип руды	Рудообразующие минералы	Содержание минерала, %	Содержание основного компонента, %	Примеси в руде		Форма выделений, %		
				полезные	вредные	изометричная	удлиненная, пластинчатая	неправильная
Сульфидный медно-молибденовый	Промышленные минералы							
	Молибденит	0,1—0,2	Mo 0,04—0,1	Re, Se	—	—	95	5
	Халькопирит	1—2	Cu 0,3—0,7	Se	—	—	60	40
	Борнит, теннантит, тегтраэдрит, энаргит, халькозин, ковеллин	До 0,5	Cu 0,1—0,3	Te, Ge, Ag	As	15	40	45
	Минералы — полезные примеси							
	Пирит	3,5	—	Se, Te	—	80	10	10
	Галенит, сфалерит	0,01—1	—	Ag	—	10	50	40
	Золото, серебро самородное, аргентит	0,001—0,01	—	Ag, Au	—	—	20	80
	Минералы — вредные примеси							
	Висмутин, самородный висмут, виттихенит, эмплектит	0,01—0,1	—	—	Bi	—	60	40
	Энаргит, людонит, арсенопирит	0,01—0,5	—	—	As	20	70	10
	Непромышленные минералы							
	Полевые шпаты, оливин, пироксен, кварц, биотит, карбонаты, мусковит, серицит, хлорит, каолинит, гипс, магнетит, гематит	90—98	—	—	—	—	—	—

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

нито-халькопирито-ильменито-магнетитовый. По текстурным и структурным особенностям в каждом типе руды им выделяются два основных вида: руды массивные, или сплошные, и руды вкрапленные.

2. ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТУР И СТРУКТУР ПРИ ОПРОБОВАНИИ И ПОИСКАХ

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

Таблица 12

нологической характеристики руды

Гра- ницы, %		Количество выделений (%)				Минеральные срращения руд, благоприятные для обогащения		Минеральные срращения руд, не благоприятные для обогащения	
ровные	зазубренные	при размерах зерен и агрега- тов (мм)				Текстура	Структура	Текстура	Структура
		> 2	2—0,2	0,2—0,02	< 0,02				
90	10	10	50	20	20	Вкраплен- ная, про- жилковая, брекчиевая	Зернистая, ме- тазернистая, кристаллобла- стическая и катакластиче- ская (крупно-, средне- и мел- козернистая)	Реликтовая, графическая, субграфиче- ская, брекчие- видная, про- жилкообраз- ная	Расщепленная и аллотриоморфномета- зернистая (тонкозерни- стая)
20	80	10	40	30	20				
20	80	5	10	50	35				
90	10	20	60	20	—	Вкраплен- ная, про- жилковая, брекчиевая	Зернистая, ме- тазернистая, кристаллобла- стическая и катакластиче- ская (крупно-, средне- и мел- козернистая)	Реликтовая, графическая, субграфиче- ская, брекчие- видная, про- жилкообраз- ная	Расщепленная и аллотриоморфномета- зернистая (тонкозерни- стая)
30	70	30	30	30	10				
—	100	—	—	—	100				
10	90	—	—	80	20	Вкраплен- ная, про- жилковая, брекчиевая	Зернистая, ме- тазернистая, кристаллобла- стическая и катакластиче- ская (крупно-, средне- и мел- козернистая)	Реликтовая, графическая, субграфиче- ская, брекчие- видная, про- жилкообраз- ная	Расщепленная и аллотриоморфномета- зернистая (тонкозерни- стая)
10	90	—	10	80	10				
—	—	—	—	—	—				

штуфов, шлифов и шлихов из шлама буровых скважин и по данным нескольких тысяч

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, равномерно вкрапленная, порошковатая 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 сыпучестью и характеризуются тонкозернистыми или катакластическими структурами, то отбойка проб должна производиться 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 задирковых 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 наиболее 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 (С. С. Смирнов 1948; В. И. Смирнов, 1955).

Таблица для определения главнейших текстур и структур руд. Составила М. П. Исаенко

Морфогенетические группы и морфологические виды текстур				Генетические группы текстур										
				Первичные текстуры						Вторичные текстуры				
				Отложение минерального агрегата в процессе						Изменение минерального агрегата в процессе				
				дифференциации магмы	седиментации и диагенеза осадка	заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд			диагенеза руды	метаморфизма	выветривания		
а) коррозионное	б) унаследованное	в) метакристаллическое	перекристаллизация, растрескивание				дробление, смятие, перекристаллизация, течение	дробление, выщелачивание						
Тип строения	Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	I	II	III	IV			I	II	III		
	Однородные	Неопределенная (в штуфе)	Равномерно вкрапленная Массивная Порошковая	Равномерно вкрапленная Массивная	Равномерно вкрапленная Массивная Порошковая	Равномерно вкрапленная Массивная Порошковая		Массивная унаследованная				Массивная Порошковая	Порошковая	
	Пятнистые	Вкрапленность Пятна, гнезда Нодули	Вкрапленная Пятнистая Нодулярная	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная Пятнистая	Вкрапленная или Очковая Пятнистая			
	Удлиненные	Полоски Слой, прослой, пропласток Линзы Сланцеватость Прожилки Корки Дендриты	Полосчатая Крустификационная Колломорфно-полосчатая Слоистая Псевдослоистая Линзовидная Сланцеватая Площчатая Прожилковая Петельчатая Корковая Дендритовая	Полосчатая Псевдослоистая Линзовидная	Полосчатая Слоистая Линзовидная	Полосчатая Крустификационная Колломорфно-полосчатая Линзовидная Прожилковая Петельчатая Корковая Дендритовая	Полосчатая	Полосчатая Гнейсовидная Слоистая Линзовидная Сланцеватая Площчатая Прожилкообразная Дендритовая	Полосчатая Прожилкообразная Петельчатая	Полосчатая Колломорфно-полосчатая Прожилкообразная	Гнейсовидно-полосчатая Линзовидная Сланцеватая Площчатая Просечковая			
	Друзовые и жеодовые	Друзы Секрещии Жеоды	Друзовая Секрещионная Жеодовая			Друзовая Секрещионная Жеодовая			Друзовая	Друзовая	Друзовая			
Текстуры	Натечные (коллоидные и метаколлоидные)	Сферическая (шарики, почки, конкреции) Натечная (фестоны, корки, сталактиты, сталагмиты, гроздь) Порошковая	Оолитовая Почковидная Конкреционная Колломорфная Корковая Натечно-скорлуповатая Сталактитовая Сталагмитовая Порошковая	Оолитовая Почковидная Конкреционная Колломорфная Натечно-скорлуповатая Порошковая	Оолитовая Почковидная Колломорфная Корковая Натечно-скорлуповатая Сталактитовая Сталагмитовая Порошковая	Почковидная	Оолитовая Почковидная Конкреционная Колломорфная Натечно-скорлуповатая	Оолитовая Почковидная Конкреционная Колломорфная Натечно-скорлуповатая Сталактитовая Сталагмитовая метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная		Оолитовая Почковидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная метаколлоидная	Реликты метаколлоидных			
	Катакlastические и кластические	Обломки остроугольные Обломки округленные Обломки окатанные (валуны, галька) Порошок	Брекчиевая Брекчиевидная Кокардовая Конгломератовая Порошковая	Брекчиевая Брекчиевидная Конгломератовая Порошковая	Брекчиевая Брекчиевидная Кокардовая Порошковая		Брекчиевая Брекчиевидная		Брекчиевая	Брекчиевая Брекчиевидная	Брекчиевая Брекчиевидная	Брекчиевая Брекчиевидная	Брекчиевая Брекчиевидная Порошковая Порошковая	
	Цементные	Цементная Кольчато-цементная	Цементная Кокардовая		Цементная	Цементная Кокардовая		Цементная		Цементная				
	Органогенные	Остатки организмов (фауны и флоры)	Органогенная		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			Скелетная Реликтовая Каемочная Нитеобразная Петельчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Эмульсивидная Разъедания	Скелетная Реликтовая Каемочная Нитеобразная Петельчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Эмульсивидная Разъедания	Зональная						
	Каркасные	Каркасы — системы перегородок и пустот	Пористая Ячеистая Ящичная										Пористая Ячеистая Ящичная	

Морфогенетические группы и морфологические виды структур				Генетические группы структур									
				Первичные структуры						Вторичные структуры			
				Отложение минерального зерна и аморфного вещества в процессе						Изменение минерального зерна и аморфного вещества в процессе			
				дифференциации магмы	седиментации и диagenеза осадка	заполнения пустот в породах и рудах	метасоматического замещения пород и руд			диагенеза руды	метаморфизма	выветривания	
а) коррозионное	б) унаследованное	в) метакристаллическое											
Тип строения	Морфогенетические группы	Форма морфологической единицы	Морфологические виды	I	II	III	IV			I	II	III	
Зернистые	Идиоморфная, гипидиоморфная	Идиоморфнозернистая Гребенчатая Радиально-лучистая	Идиоморфнозернистая Гребенчатая Радиально-лучистая	Идиоморфнозернистая	Идиоморфнозернистая	Идиоморфнозернистая Гребенчатая Радиально-лучистая							
	Аллоотриоморфная Сrostки зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных и аллоотриоморфных)	Аллоотриоморфнозернистая Гипидиоморфнозернистая Сидеронитовая	Аллоотриоморфнозернистая Гипидиоморфнозернистая Сидеронитовая	Аллоотриоморфнозернистая	Аллоотриоморфнозернистая	Аллоотриоморфнозернистая Гипидиоморфнозернистая							
	Сrostки зерен различной величины (крупных и мелких)	Порфиرويدная	Порфиرويدная	Порфиرويدная	Порфиرويدная	Порфиرويدная							
		Пойкилитовая	Пойкилитовая	Пойкилитовая	Пойкилитовая	Пойкилитовая							
Коррозионные	Скелетная Реликты — остатки Выделения с зубренными границами	Скелетная Разъедания	Скелетная Разъедания	Скелетная Разъедания	Скелетная Разъедания	Скелетная Реликтовая							
Метазернистые	Идиоморфная, гипидиоморфная, скелетная	Идиоморфнометазернистая Гребенчатая Скелетная	Идиоморфнометазернистая Гребенчатая Скелетная			Идиоморфнометазернистая Гребенчатая Скелетная	Идиоморфнометазернистая Гребенчатая Скелетная	Идиоморфнометазернистая Гребенчатая Скелетная					
	Аллоотриоморфная Сrostки зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных и аллоотриоморфных) Сrostки зерен различной величины (крупных и мелких)	Аллоотриоморфнометазернистая Гипидиоморфнометазернистая				Аллоотриоморфнометазернистая Гипидиоморфнометазернистая	Аллоотриоморфнометазернистая Гипидиоморфнометазернистая	Аллоотриоморфнометазернистая Гипидиоморфнометазернистая					
		Порфирометазернистая				Порфирометазернистая	Порфирометазернистая	Порфирометазернистая					
Коллоидные	Аморфная Скритокристаллическая Концентрически-зональная Сферическая	Гелевая Скритокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Скритокристаллическая	Гелевая Скритокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Гелевая Скритокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Гелевая Скритокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Гелевая Скритокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая	Гелевая Скритокристаллическая Концентрически-зональная Шариковая		Скритокристаллическая Реликты коллоидных	Скритокристаллическая Реликты коллоидных		
Структуры	Кристаллобластические	Собственно-кристаллобластические	Идиоморфная, гипидиоморфная Скелетная Аллоотриоморфная, округлая	Идиоморфнобластическая Скелетная						Идиоморфнобластическая Скелетная Гранобластическая	Идиоморфнобластическая Скелетная Гранобластическая		
			Линзовидная, пластинчатая	Ориентированно-бластическая, пластинчатая Гипидиоморфно-бластическая							Гипидиоморфно-бластическая	Гипидиоморфно-бластическая	
			Сrostки зерен различной степени идиоморфизма (идиоморфных и аллоотриоморфных) Сrostки зерен различной величины (крупных и мелких)	Порфиробластическая Пойкилобластическая							Порфиробластическая Пойкилобластическая	Порфиробластическая Пойкилобластическая	
	Метаколлоидные	Лучистая Волокнистая	Радиально-лучистая Волокнистая						Радиально-лучистая Волокнистая	Радиально-лучистая Волокнистая			
	Распада твердых растворов	Эмульсии Пластинки, линзочки, решетка Выделение с извилистыми очертаниями и ровными границами	Эмульсионная Пластинчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Пламеневидная Петельчатая						Эмульсионная Пластинчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Пламеневидная Петельчатая	Эмульсионная Пластинчатая Решетчатая Графическая Субграфическая Пламеневидная Петельчатая			
Катакластические и кластические		Обломки остроугольные Обломки одной величины Обломки разной величины Обломки тонкие	Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Тонкокластическая						Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Тонкокластическая	Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Тонкокластическая	Раздробленная Гранокластическая Порфирокластическая Тонкокластическая		
		Обломки параллельно удлинённые Зерна параллельно удлинённые Обломки сцементированные Изогнутые пластинки и трещинки спайности	Ориентированно-кластическая Ориентированно-зернистая Обломочная Смятия Расщепления	Обломочная	Обломочная	Обломочная			Обломочная	Обломочная	Обломочная		
Внутреннее строение зерен	Однородное		Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	Однородное	
	Неоднородное	Зоны Двойники Фигуры смятия Твердые включения	Зональное Двойники роста Двойники превращения Двойники давления Фигуры смятия Пойкилитовое Ситообразное Эмульсионное Пластинчатое Решетчатое Эмульсевидное	Зональное Двойники роста Пойкилитовое	Зональное Двойники роста Пойкилитовое	Зональное Двойники роста Пойкилитовое	Зональное Двойники роста Ситообразное	Унаследованное зональное Унаследованное двойниковое Ситообразное	Зональное Двойники роста Ситообразное	Реликты зонального Двойники превращения Эмульсионное Пластинчатое Решетчатое Эмульсевидное	Реликты зонального Двойники давления Фигуры смятия Пойкилитовое		
Генетические типы месторождений полезных ископаемых				Собственно магматические, пегматиты	Осадочные	Постмагматические (скарповые, гидротермальные), собственно магматические, пегматиты, выветривания и метаморфогенные			Осадочные, выветривания, постмагматические, собственно магматические	Метаморфизованные	Выветривания (остаточные)		

Примечание. Шрифтом выделены наиболее распространенные виды.

АТЛАС
ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

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

Текстуры и структуры отражают все особенности процессов отложения и изменения руд и горных пород. Объяснение генезиса минеральных месторождений невозможно без знания текстур и структур. 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. К сожалению, автор не смог показать в атласе все необходимые иллюстрации ввиду ограниченного объема книги.

1. Форма минеральных агрегатов на микрофотографиях и отпечатках (рис. 1—10).

ТЕКСТУРЫ



Рис. 1.

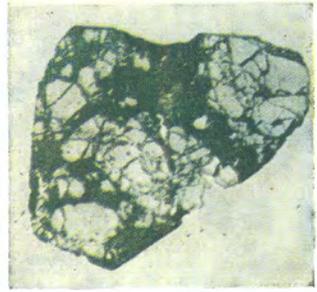


Рис. 1а.

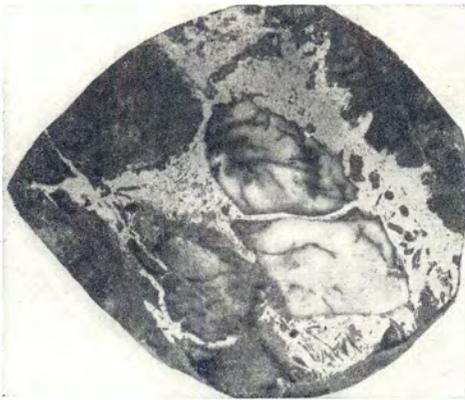


Рис. 2.

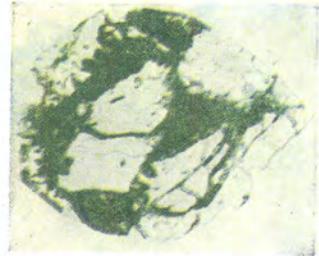


Рис. 2а.

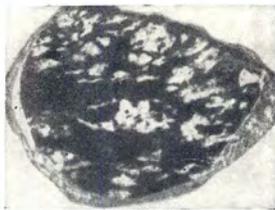


Рис. 3.

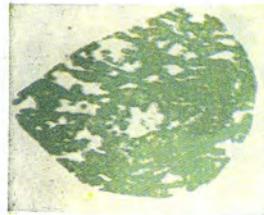


Рис. 3а.

- Рис. 1. Обломки пирита (белый) сцементированы энаргитом (серый). Месторождение Аравус. Полированный шлиф. Ув. 2,5.
 Рис. 1а. Отпечаток агрегата энаргита (темно-зеленый). Растворитель — NH_4OH с электрическим током, экспозиция 30 сек. Проявитель — рубеновая кислота.
 Рис. 2. Прожилки куприта (белый) в кварце (серый). Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Ув. 2,5.
 Рис. 2а. Отпечаток агрегата куприта (темно-зеленый). Растворитель — NH_4OH , экспозиция 60 сек. Проявитель — рубеновая кислота.
 Рис. 3. Халькопирит (черный) с реликтами нерудных минералов (белый). Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Нат. вел.
 Рис. 3а. Отпечаток агрегата халькопирита (темно-зеленый). Растворитель — NH_4OH с электрическим током, экспозиция 30 сек. Проявитель — рубеновая кислота.



Рис. 4.



Рис. 4а.



Рис. 5.



Рис. 5а.

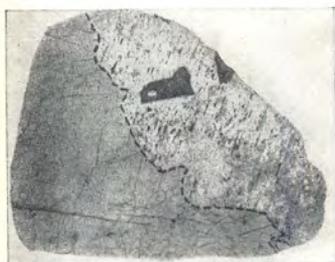


Рис. 6.

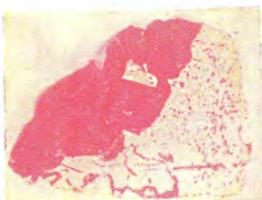


Рис. 6а.



Рис. 6б.



Рис. 7.

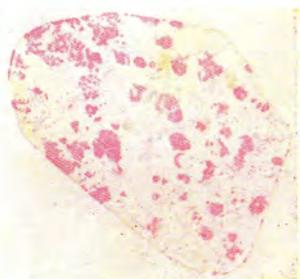


Рис. 7а.

Рис. 4. Выделения повеллитизированного молибденита (белый) и повеллита (светло-серый) в кварце (серый). Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Ув. 1,5.

Рис. 4а. Отпечаток агрегата повеллита (коричневый). Растворитель — HNO_3 (1 : 1), экспозиция 30 сек. Проявитель $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$.

Рис. 5. Повеллит (серый сверху) с реликтами молибденита (белый); порода — черный, внизу. Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Нат. вел.

Рис. 5а. Отпечаток агрегата повеллита (коричневый). Растворитель — HNO_3 (1 : 1), экспозиция 30 сек. Проявитель — $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$.

Рис. 6. Пятна, тонкая вкрапленность и прожилки пентландита (светло-серый) и нерудных минералов (черный) развиты в пирротине (серый). Месторождение Мончегорское. Полированный шлиф. Ув. 1,2.

Рис. 6а. Отпечаток агрегата пентландита (малиновый). Растворитель — NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — диметилглиоксим.

Рис. 6б. Отпечаток агрегата пентландита (темно-синий). Растворитель — NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — рубановая кислота.

Рис. 7. Округлые выделения пентландита (серый) в пирротине (черный). Месторождение Мончегорское. Полированный шлиф. Ув. 1,5.

Рис. 7а. Отпечаток агрегата пентландита (малиновый). Растворитель — NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — диметилглиоксим.



Рис. 8.



Рис. 8а.

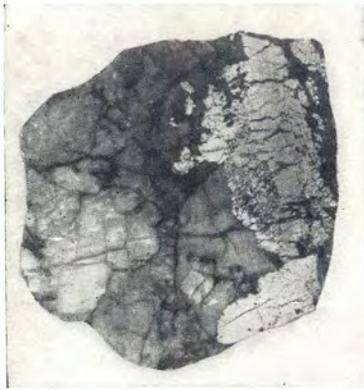


Рис. 9.



Рис. 9а.



Рис. 9б.



Рис. 10.

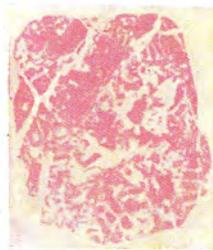


Рис. 10а.

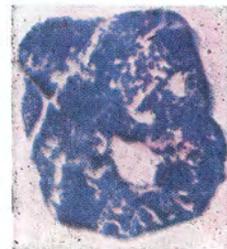


Рис. 10б.

Рис. 8. Коллоидные выделения никелина и хлoантита (белый) в [нерудном минерале (черный). Полированный шлиф. Нат. вел.

Рис. 8а. Отпечаток агрегата хлoантита (фиолетово-синий) и никелина (темно-синий). Растворитель NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — рубеновая кислота.

Рис. 9. Пятнистое выделение никелина (светло-серый справа) в кальците (серый слева). Полированный шлиф. Ув. 1,5.

Рис. 9а. Отпечаток агрегата никелина (малиновый). Растворитель NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — диметилглиоксим.

Рис. 9б. Отпечаток агрегата никелина (темно-синий). Растворитель NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — рубеновая кислота.

Рис. 10. Обломки ульманита (белый) сцементированные карбонатом (черный). Полированный шлиф. Ув. 1,2.

Рис. 10а. Отпечаток агрегата ульманита (малиновый). Растворитель NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — диметилглиоксим.

Рис. 10б. Отпечаток агрегата ульманита (темно-синий). Растворитель NH_4OH с электрическим током, экспозиция 15 сек. Проявитель — рубеновая кислота.

2. Текстуры однородные наблюдаются в рудах, сложенных одним минеральным агрегатом с равномернозернистым строением и равномерным расположением минералов. Из морфологических видов текстур в этой группе выделяются: массивная (рис. 11, 12), равномерно вкрапленная и порошокватая.

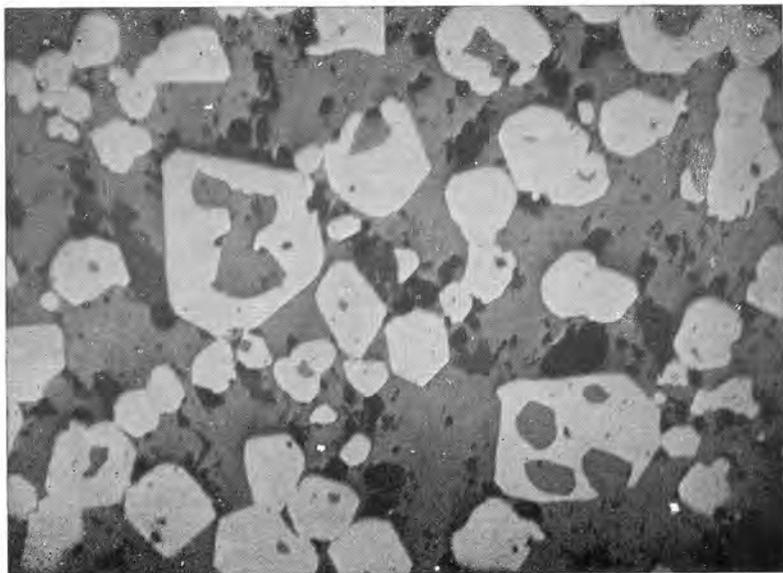


Рис. 11. Массивная текстура колчеданной руды. Зерна пирита (белый) равномерно распределены в массе сфалерита (серый). Месторождение Дегтярское, Урал. Полированный шлиф. Ув. 85

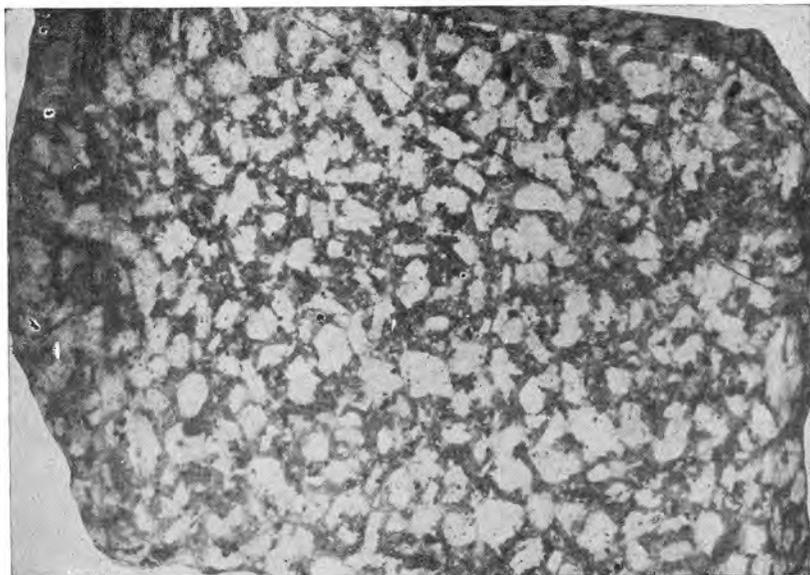


Рис. 12. Массивная текстура монзонита. Порода сложена каолинизированными и серицитизированными плагиоклазами (белый), анортоклазом и биотитом (темно-серый). Месторождение Каджаран. Полированный штаф. Нат. вел.

3. Текстуры пятнистые или неоднородные являются характерными формами сращения между такими минеральными агрегатами, 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. 13, 14), очковая, пятнистая (рис. 15) и нодулярная (рис. 16). Пятнистые текстуры наблюдаются во всех генетических группах месторождений, но наиболее широко они развиты в метасоматических месторождениях и в жилах выполнения.

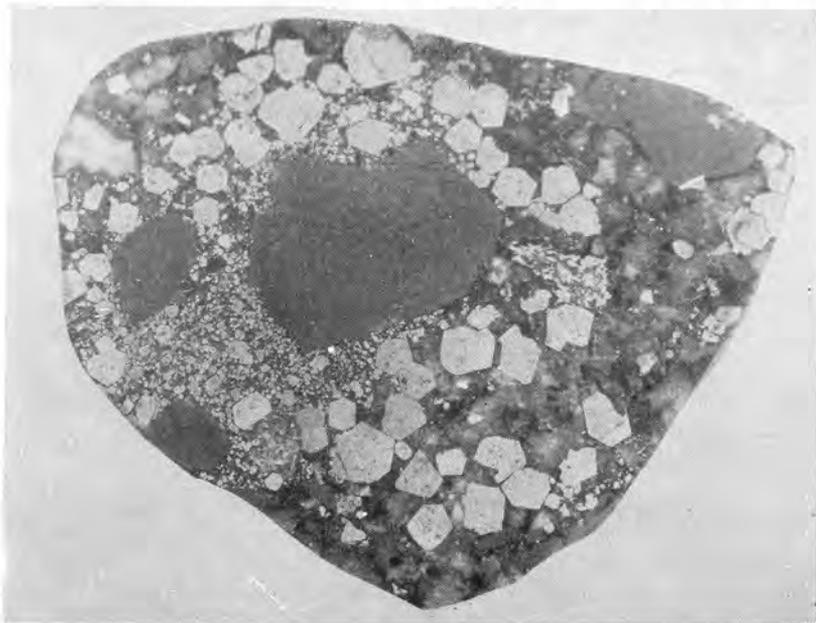


Рис. 13. Вкрапленная текстура замещения. Вкрапленность метакристаллов пирита (белый) в нерудных минералах (темно-серый, серый). Структура агрегата пирита идиоморфнометазернистая. Месторождение Акджаляское. Полированный шлиф. Нат. вел.

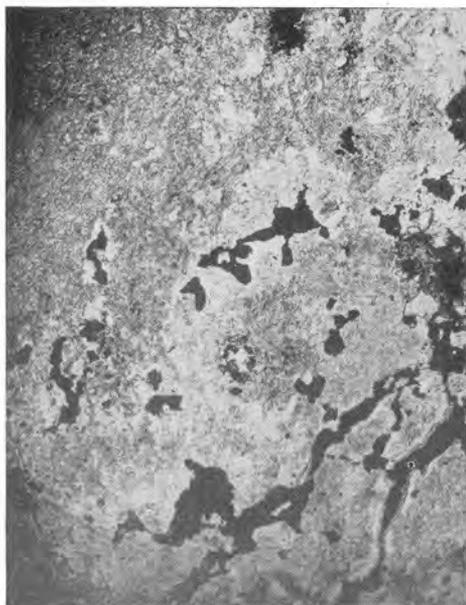


Рис. 14. Вкрапленная и прожилкообразная текстуры замещения. Выделения халькопирита (черный) развиты в слабо измененном монцитите (серый). Месторождение Каджаран. Прозрачный шлиф, с одним николем. Ув. 20

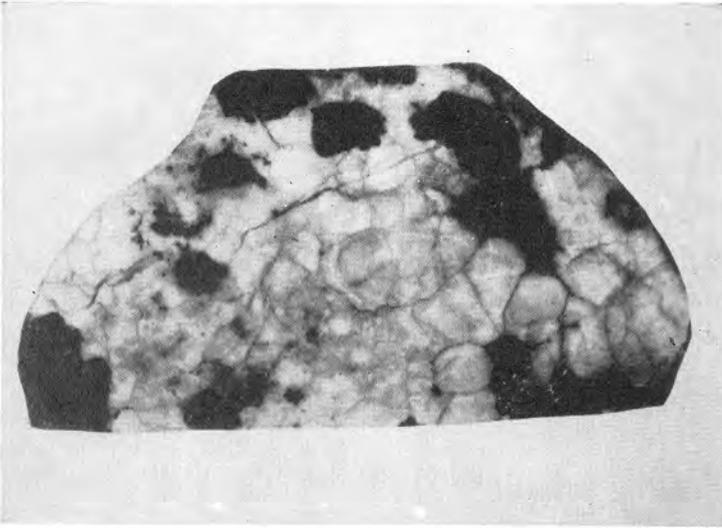


Рис. 15. Пятнистая текстура. Выделения сфалерита (черный) в кальците (белый, раздробленный). Месторождение Кафан. Полированный штуф. Нат. вел.

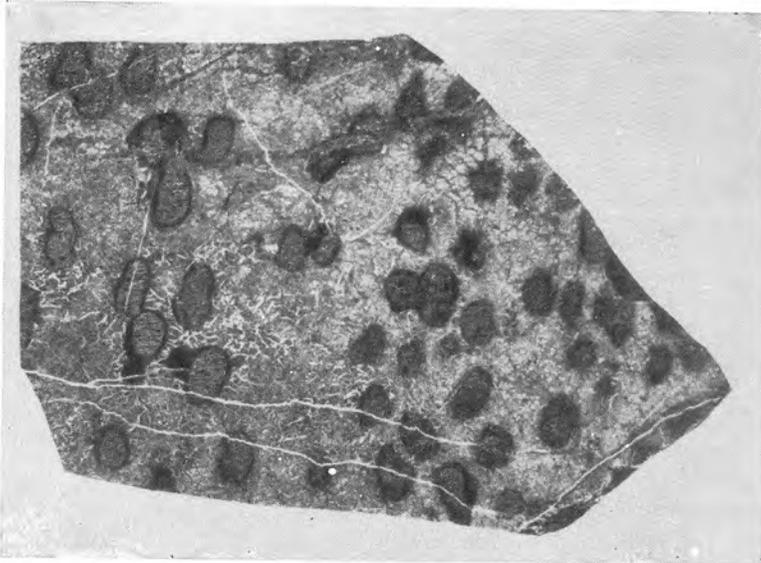


Рис. 16. Нодулярная текстура. Нодули хромита (темно-серый, раздробленный) в серпентините. Вокруг нодулей хромита развиты реакционные каемки (черный). Белый — прожилки магнезита. Месторождение Сарановское, Средний Урал. Полированный штуф. Нат. вел.

4. 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. 17, 18, 19), гнейсовидно-полосчатая (рис. 20), колломорфно-полосчатая (рис. 23), крустификационная симметричная и несимметричная (рис. 21, 22), слоистая, псевдослоистая, линзовидная,



Рис. 17. Полосчатая текстура заполнения пустот. Вкрапленность и прожилки киновари, кварца и кальцита (серый, белый) развиваются по трещинкам сланцеватости в породе (черный). Полированный штафф. Нат. вел.

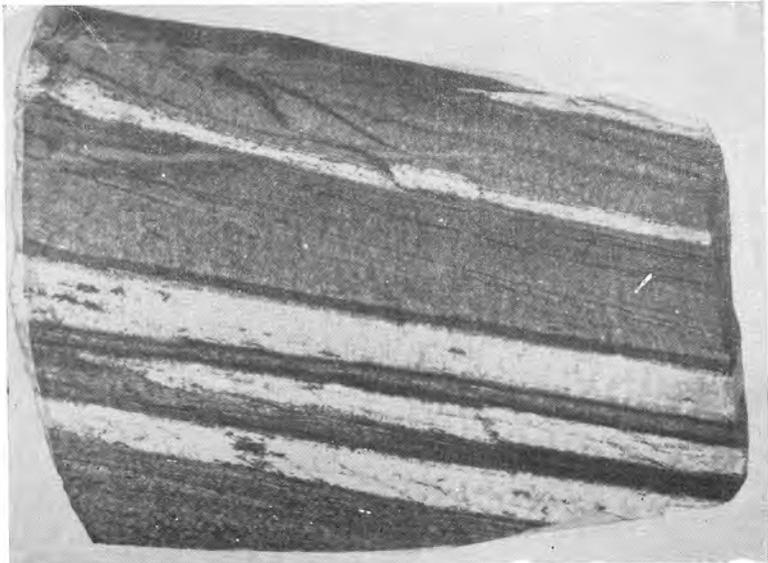


Рис. 18. Полосчатая текстура железистого кварцита. По М. И. Калганову. Яковлевское месторождение, КМА. Нат. вел.

сланцеватая, плейчатая (рис. 24), прожилковая (рис. 25, 26), прожилкообразная (рис. 27), пересечения, корковая (рис. 28) и дендритовая (рис. 29). Удлиненные текстуры исключительно широко развиты в рудах всех генетических групп и часто определяют условия образования месторождений.

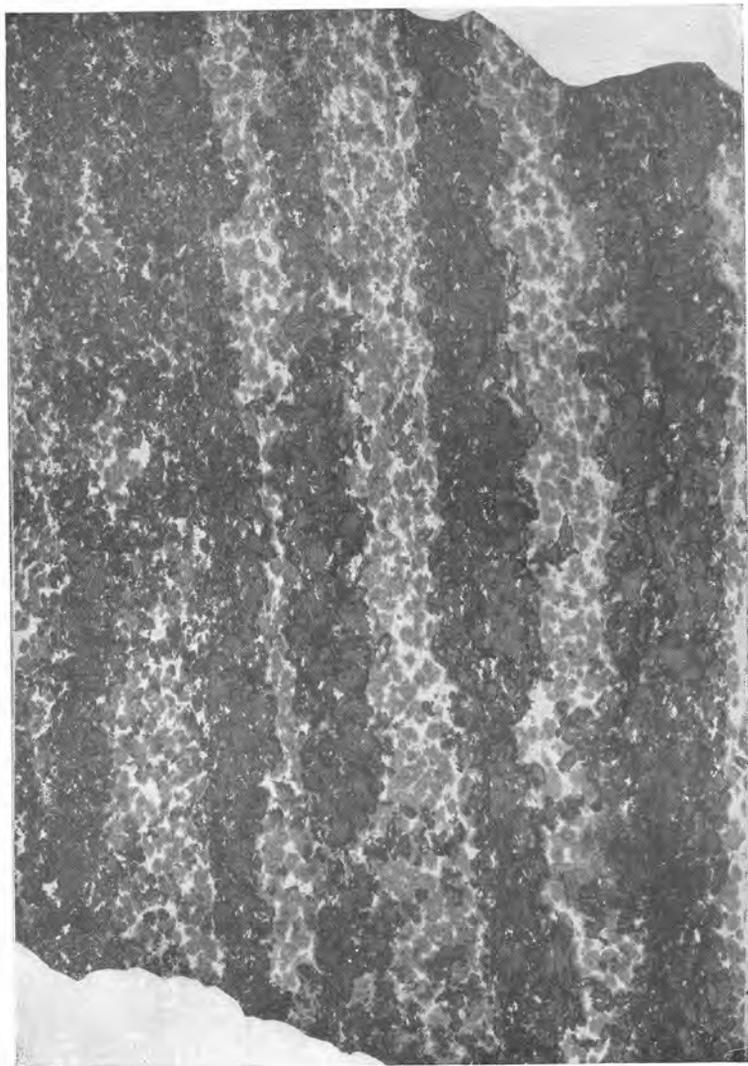


Рис. 19. Унаследованная полосчатая текстура. Гематит (черный и темно-серый) метасоматически замещает отдельные прослойки вулканогенной породы (серый, светло-серый). По М. И. Калганову. Чагахское месторождение. Полированный шлиф. Нат. вел.



Рис. 20. Гнейсовидно-полосчатая и линзовидная текстуры медно-цинковой руды. Чередование полосок и линзочек сфалерита (черный) и халькопирита (белый). По трещинкам в сфалерите развиты просечки халькопирита. Вверху линзочка кварца (серый). Месторождение Карпушиха, Урал. Полированный шлиф. Нат. вел.

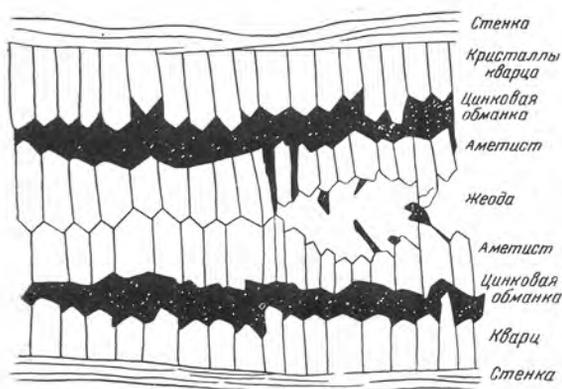


Рис. 21. Крустификационная (симметричная) текстура и гребенчатая структура. По А. М. Бетману. В центре жилы — жеодовая полость. Рисунки

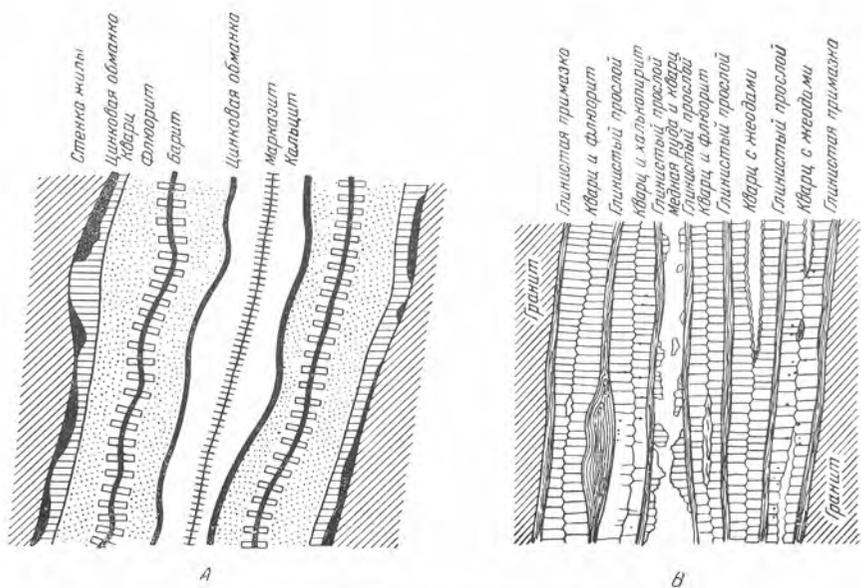


Рис. 22. Крестифицированные жилы:

а — симметричная крестификация — Фрейберг, Германия (по Виссенбаху); б — несимметричная крестификация в оловянных жилах — Редрос, Корнуолл (по Филлипсу)



Рис. 23. Колломорфно-полосчатая текстура. Чередуются полосы малахита различной окраски. Месторождение Высокогорское, Урал. Полированный штуф. Нат. вел.

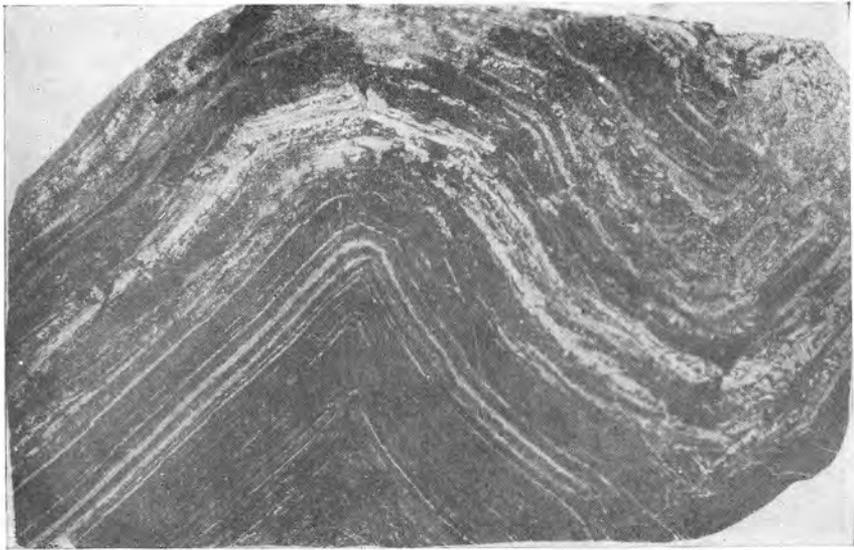


Рис. 24. Плойчатая текстура руды. Кристаллический гематит — светло-серый; аморфный гематит — черный. По М. И. Калганову. Яковлевское железорудное месторождение, КМА. Полированный штафф. Нат. вел.

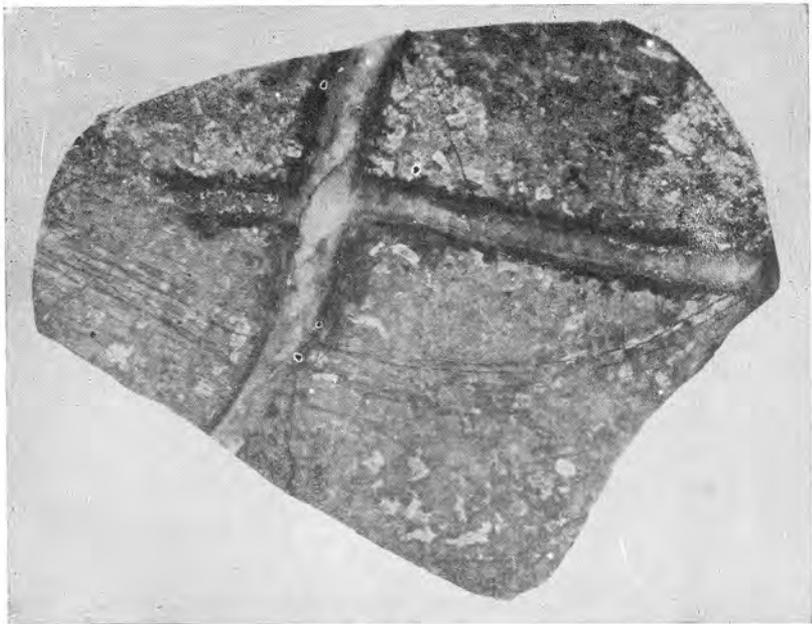


Рис. 25. Кварцево-молибденитовый прожилок в монзоните. По зальбандам прожилка развита реакционная каемка биотита (черный). Месторождение Каджаран. Нат. вел.

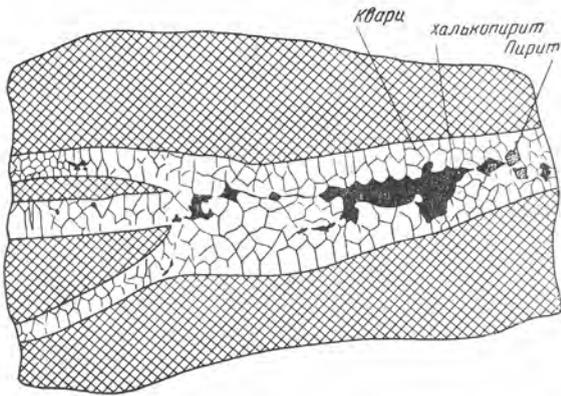


Рис. 26. Прожилковая текстура руды складывается двумя минеральными агрегатами, отложившимися в разные этапы минерализации. Первый агрегат — порфирит, второй агрегат — кварцево-сульфидный прожилок. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Зарпсовка. Нат. вел.

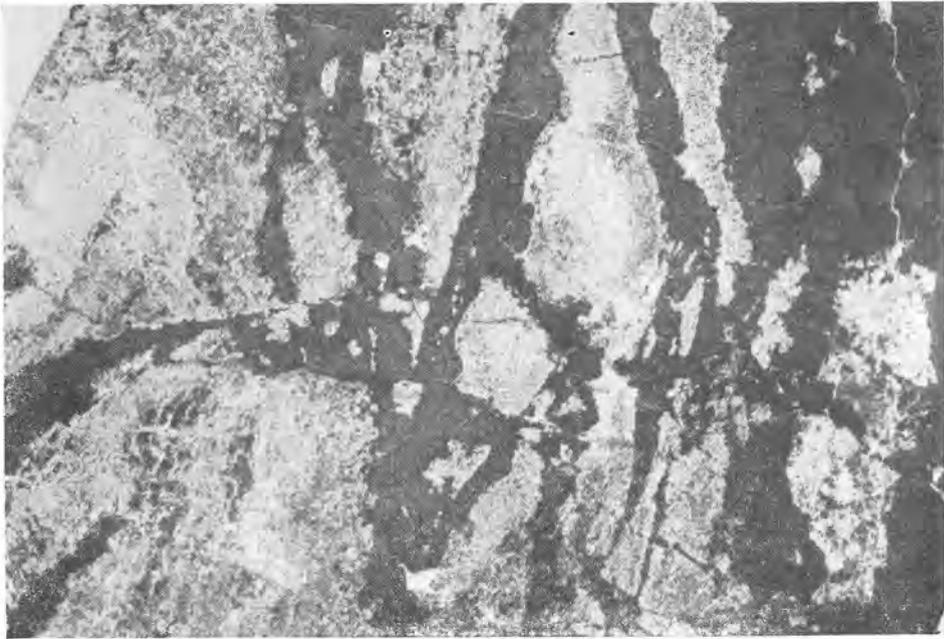


Рис. 27. Прожилкообразная текстура замещения. Магнетит (черный) слагает прожилки в скарнированном порфирите (серый). В магнетите развиты реликты нерудных минералов. По М. И. Калганову. Дашкесанское железорудное месторождение. Полированный штафф. Нат. вел.

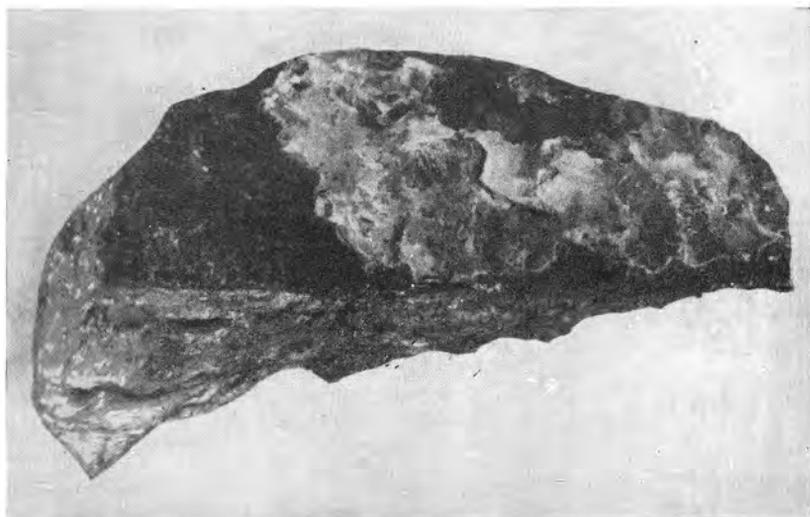


Рис. 28. Кожуровая текстура заполнения пустот. Корочка скрытокристаллического малахита (вверху, светло-серый) развита на поверхности корочки лампадита (внизу, чернй). Серый внизу — порода. Месторождение Каджаран. Нат. вел.



Рис. 29. Дендриты псиломелана (черный) в порода. Полированный штупф. Нат. вел.

5. Текстуры друзовые и жеодовые всегда связаны с наличием в горной породе или руде небольших полостей неправильной, изометричной, линзообразной и округлой формы. Если в полости отлагаются минеральные агрегаты, представляющие щетки крупных кристаллов, то образуется друзовая текстура выполнения пустот и перекристаллизации (рис. 30, 31, 32). Если внутри полости развиты корки (полоски) минералов со скрытокристаллической и волокнистой структурой, текстура породы или руды называется жеодовой и секреторной (рис. 33, 34).

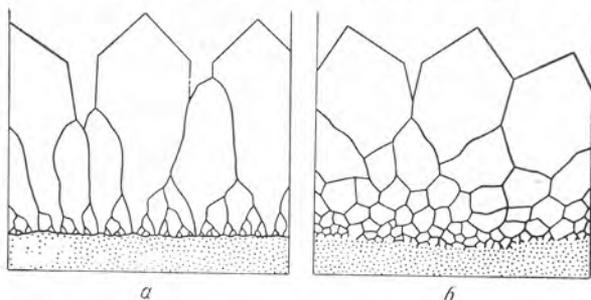


Рис. 30. Схема строения друз нарастания (а) и друз перекристаллизации (б). По Д. П. Григорьеву.



Рис. 31. Друзовая текстура выполнения пустот. Крупные кристаллы пирита в форме пентагондодоэдра и октаэдра (с зональным строением) нарастают на трещине в породе. Месторождение Парагачай. Наг. вел.



Рис. 32. Друзовая текстура перекристаллизации. Друза граната образовалась метасоматически в магнетито-гранатовом скарне. Высокогорское месторождение, Урал.
Нат. вел.

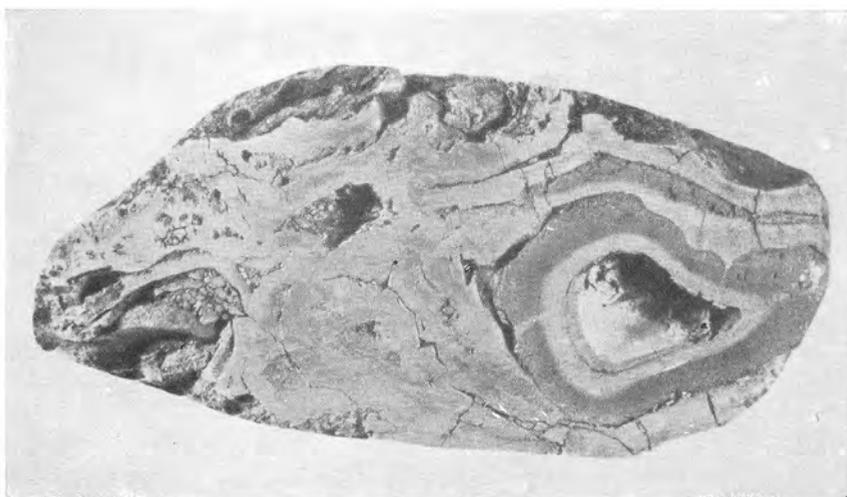


Рис. 33. Жеодовая и натечно-скорлуповатая текстуры коллоидного агрегата гидрогёита. По М. И. Калганову. Керченское месторождение. Нат. вел.

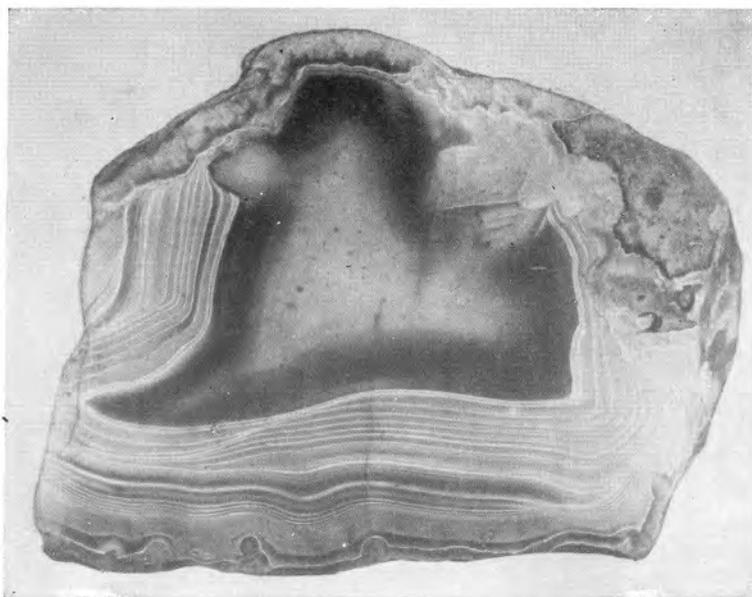


Рис. 34. Секреционная текстура опала. Месторождение Эндзиванское, Армянская ССР. Полированный штуф. Нат. вел.

6. Текстуры натечные, 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 натечных, коллоидных и метаколлоидных текстур одни и те же, а именно: оолитовая (рис. 35), почковидная (рис. 36), конкреционная, колломорфная (рис. 37, 38), натечно-скорлуповатая, сталактитовая (рис. 39), сталагмитовая и порошокватая. Морфологические виды натечных, коллоидных и метаколлоидных текстур отличаются друг от друга по характеру строения минеральных агрегатов. В натечных минеральных агрегатах развиты зернистые структуры; в коллоидных агрегатах — гелевая и скрытокристаллическая; в рудах с метаколлоидными текстурами в агрегатах развиты кристаллобластические структуры.



Рис. 35. Оолитовая текстура железной руды. Видно концентрически-зональное строение отдельных оолитов. По М. И. Калганову. Керченское месторождение. Полированный штуф. Нат. вел.

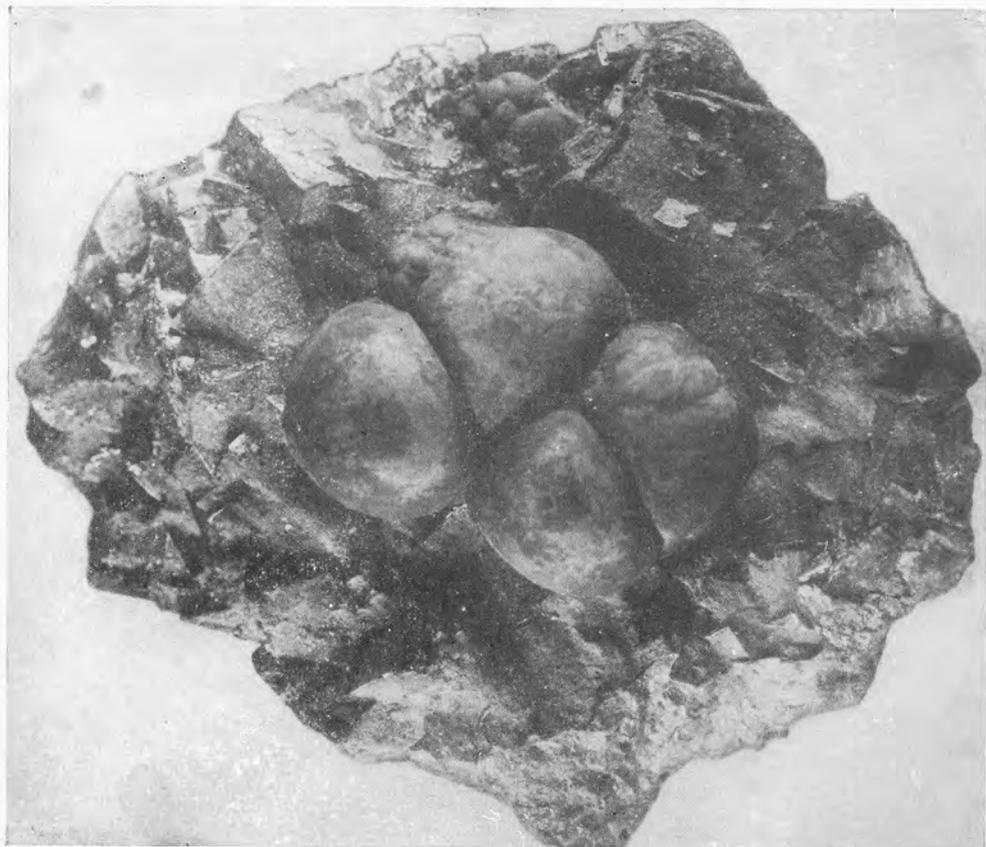


Рис. 36. Патечная почковидная текстура марказита; последний развит в агрегате флюорита. Нат. вел.



Рис. 37. Колломорфная и почковидная текстуры коллоидных агрегатов малахита. Структура агрегата концентрически-зональная. Место-рождение Высокогорское, Урал. Поллированный штуф. Нат. вел.

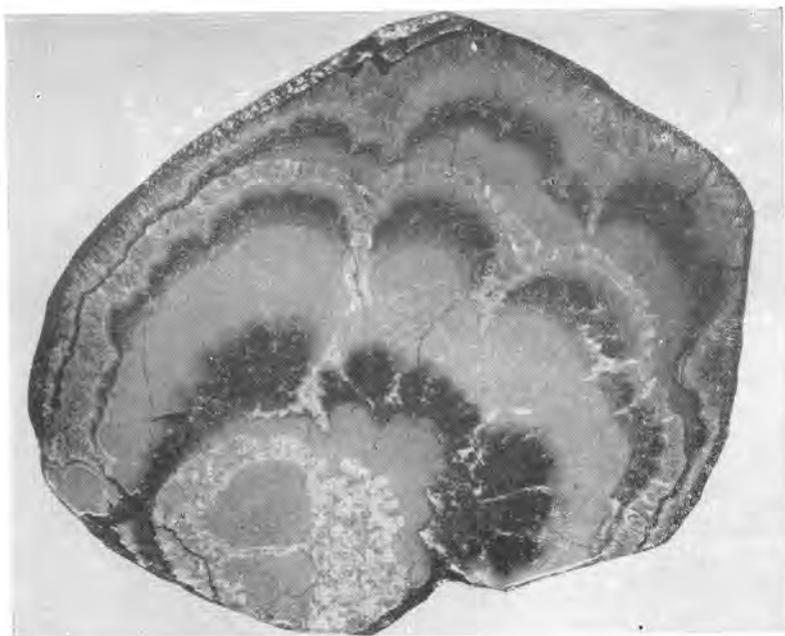


Рис. 38. Колломорфная текстура агрегата псиломелана (светло-серый с трещинками усыхания) и халцедона (черный). Структура агрегата псиломелана и халцедона гелевая. Для пиролюзита (белый, серый) характерна волокнистая метаколлоидная структура и колломорфная метаколлоидная текстура. Полированный штуф. Нат. вел.

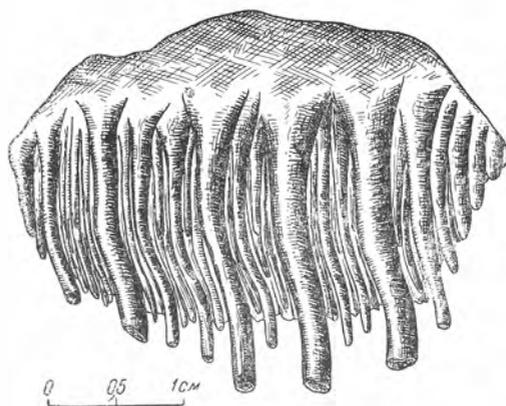


Рис. 39. Сталактиты бурого железняка с двумя изгибами. Шахта Бакальчик, Бакальские месторождения, Урал

7. Текстуры катакластические и кластические характеризуются обломками минералов, руды и горной породы. Они могут оставаться на месте своего образования (катакластические текстуры) и могут быть перемещены водными потоками, ветром, ледниками, грязевыми потоками и другими агентами на значительные расстояния (кластические текстуры). Обломки обычно скреплены цементом. Морфологическими видами текстур в этой группе являются: брекчиевая (рис. 40, 41), брекчиевидная (рис. 42, 43), кокардовая, конгломератовая (рис. 44, 45), псевдооолитовая и порошковая.



Рис. 40. Брекчиевая и прожилковая текстуры. Обломки сланца (черный) цементируются киноварь-кварцево-кальцитовым агрегатом (белый и серый). Полированный штуф. Нат. вел.

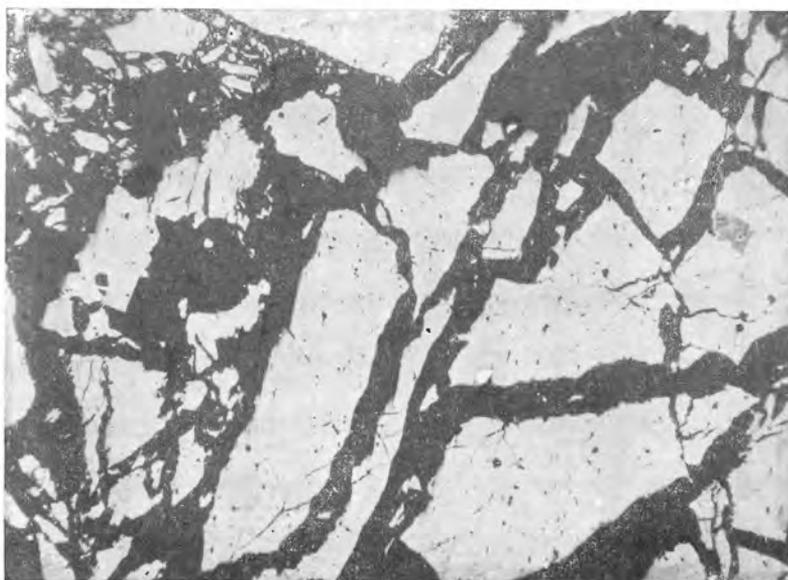


Рис. 41. Брекчиевая микротекстура. Обломки халькопирита (белый) сцементированы кварцем (черный). Месторождение Агарак, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 40

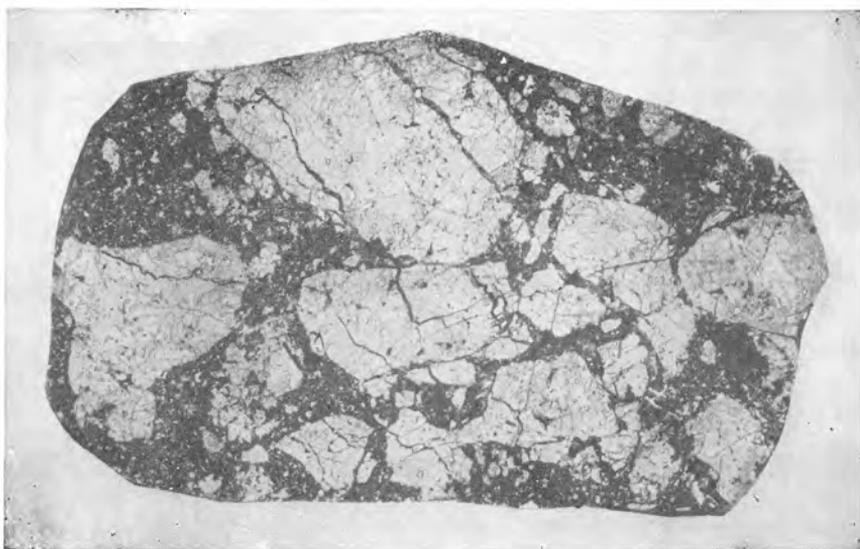


Рис. 42. Брекчиевидная унаследованная текстура замещения и прожилковая текстура заполнения пустот. Крупные участки халькопирита (белый, трещиноватый) образовались при замещении обломков пирита. В халькопирите развиты мелкие реликты пирита (белый, рельефный). Обломки халькопирита сцементированы агрегатом сфалерита, галенита, халькопирита и блеклой руды (черный). Обломки и цемент пересекаются прожилками кальцита. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный штаф. Нат. вел.

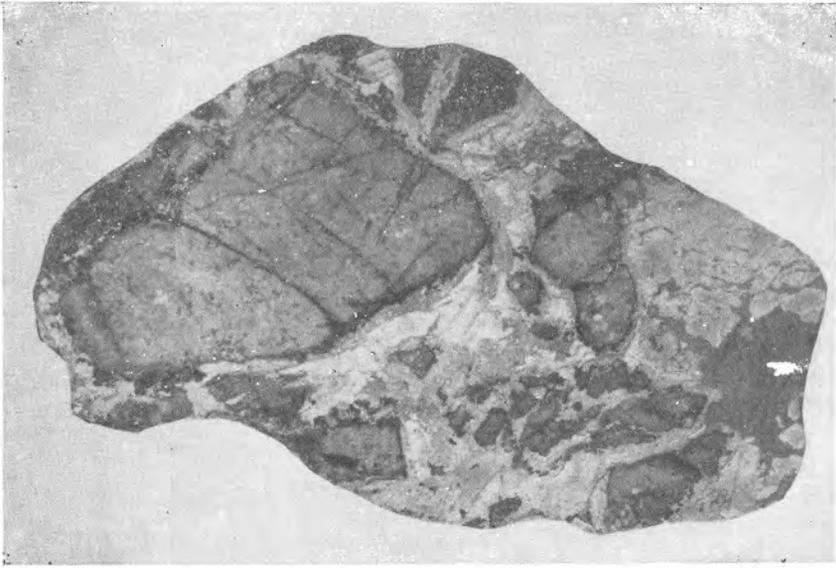


Рис. 43. Брекчиевидная текстура руды. Обломки порфирита (темно-серый) сцементированы агрегатом молибденита, халькопирита, борнита (белый, серый, темно-серый). Месторождение Даstackерт. Полированный штуф. Нат. вел

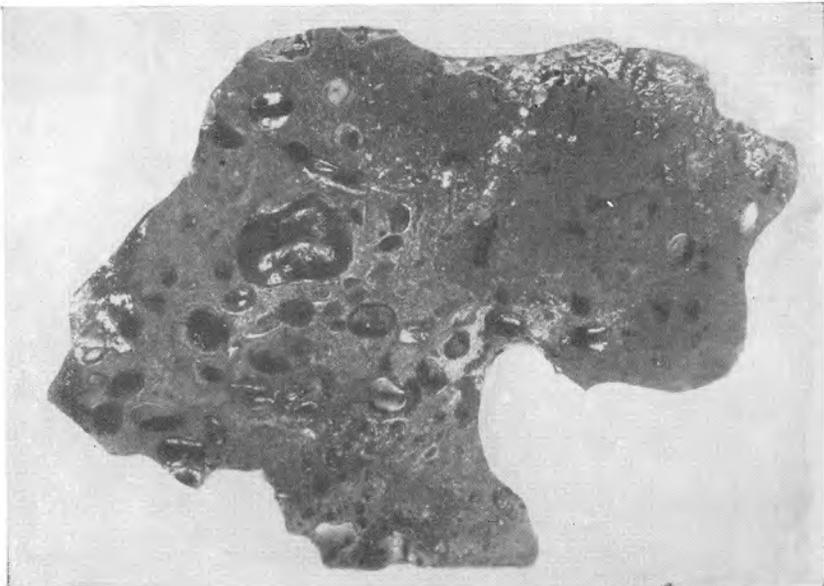


Рис. 44. Конгломератовая (кластическая) текстура руды; галька кварца и породы сцементирована гидрогётитом. По Р. М. Шерифу. Месторождение Бахария, Египет. Полированный штуф. Нат. вел.



Рис. 45. Конгломератовая текстура породы. Полированный штафф. Нат. вел.

8. Текстуры цементные являются разновидностью катакlastических и 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. 46) и цементная унаследованная (рис. 47).

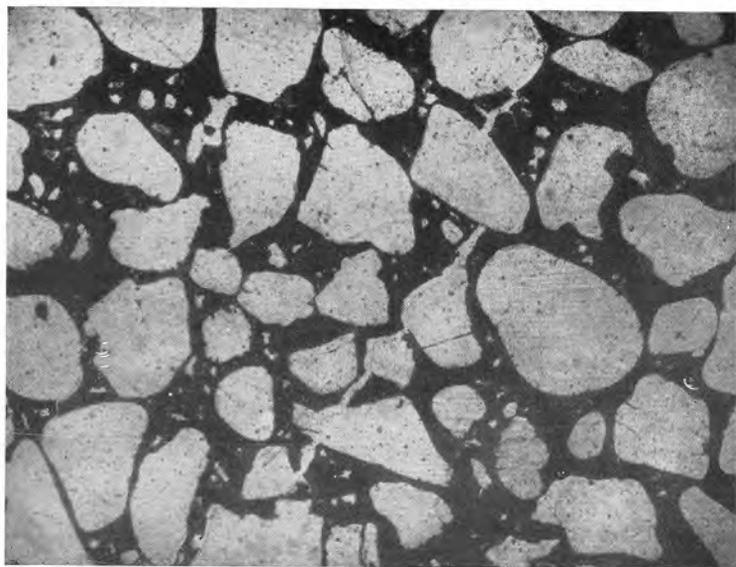


Рис. 46. Цементная микротекстура. Угловатые и окатанные обломки кварца (белый) сцементированы гидрогипсом (черный). По М. И. Калганову. Липецкое железорудное месторождение. Прозрачный шлиф. Ув. 46



Рис. 47. Цементная унаследованная микротекстура. Обломки песчаника (серый и темно-серый) сцементированы халькопиритом (белый). Месторождение Джезказган. Полированный шлиф. Ув. 40

9. 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 и органогенная унаследованная (рис. 48—51).



Рис. 48. Унаследованная органогенная текстура. В массе гидрогётита (черный, темно-серый) видны остатки створок раковин (белый). По М. И. Калганову. Керченский железорудный бассейн, Железная Балка. Нат. вел.

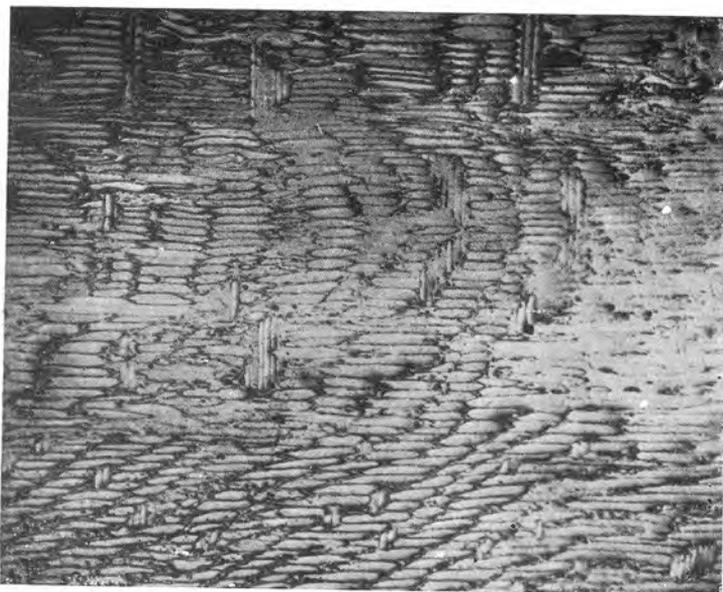


Рис. 49. Унаследованная органогенная текстура. Псевдоморфоза гидрогётита по древесине. По М. И. Калганову. Ауэрбаховское железорудное месторождение, Урал. Полпированный шлиф. Ув. 46



Рис. 50. Органогенная унаследованная текстура. Раковины «Arcicardium», полностью замещенные железисто-марганцовистым веществом. По М. И. Калганову. Керченское месторождение. Пат. вел.

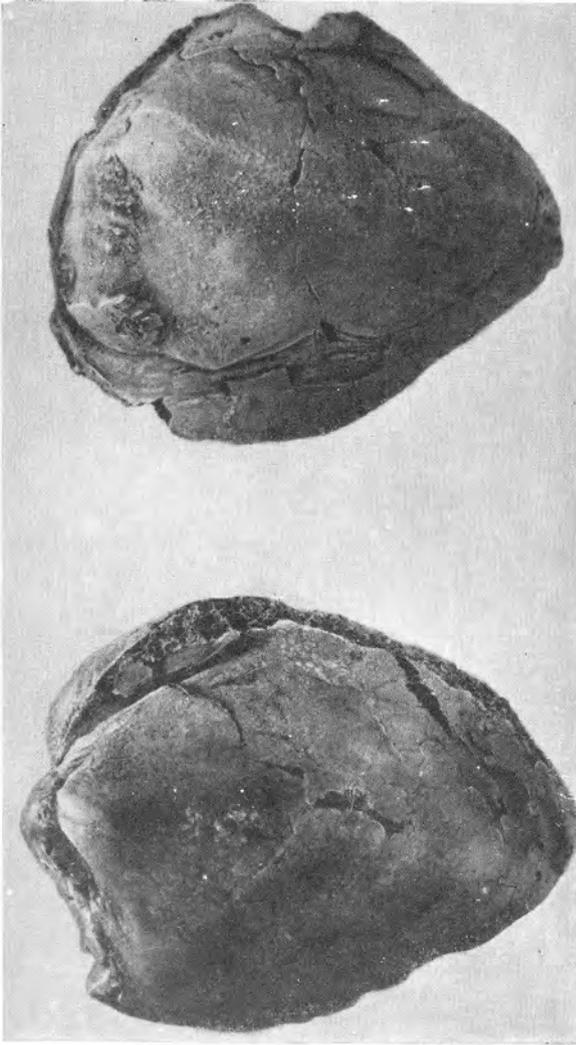


Рис. 51. Раковины «Arciscardiium» замещены железисто-марганцовистым веществом (Fe — 28,3%; Mn — 8,5%). По М. И. Калганову. Керченское месторождение. Нат. вел.

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

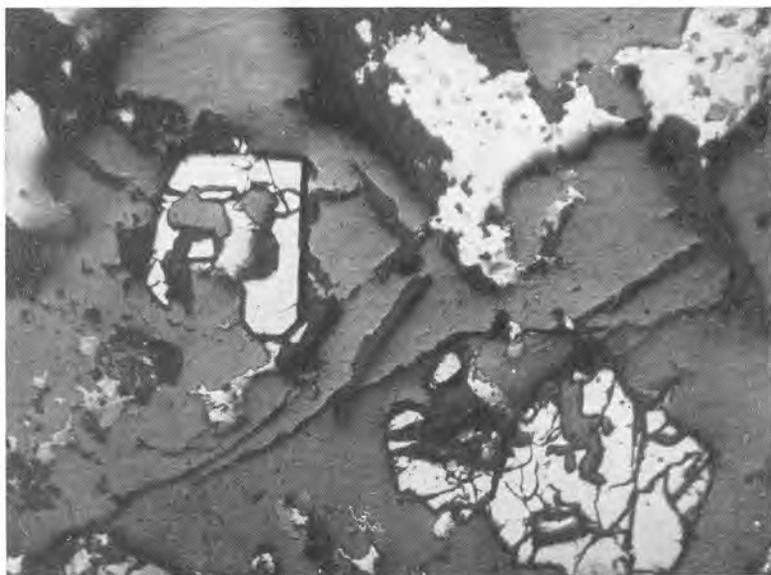


Рис. 52. Скелетная микротекстура. Скелетные и раскрошенные зерна пирита (белый, рельефный) ранней ассоциации разъедаются сфалеритом (серый) поздней ассоциации. Вверху (белый, серый) участки галенита. Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100

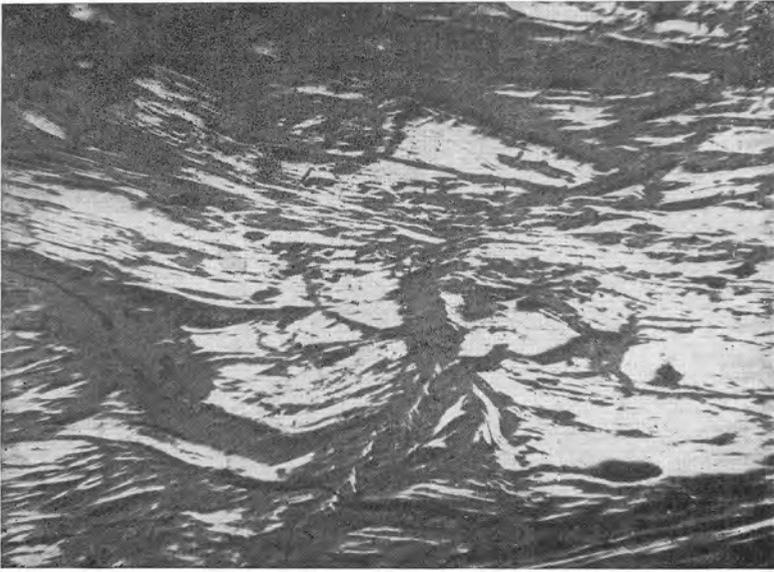


Рис. 53. Реликтовая микротекстура. Реликты молибденита (белый) в массе повеллита (серый). Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Ув. 100

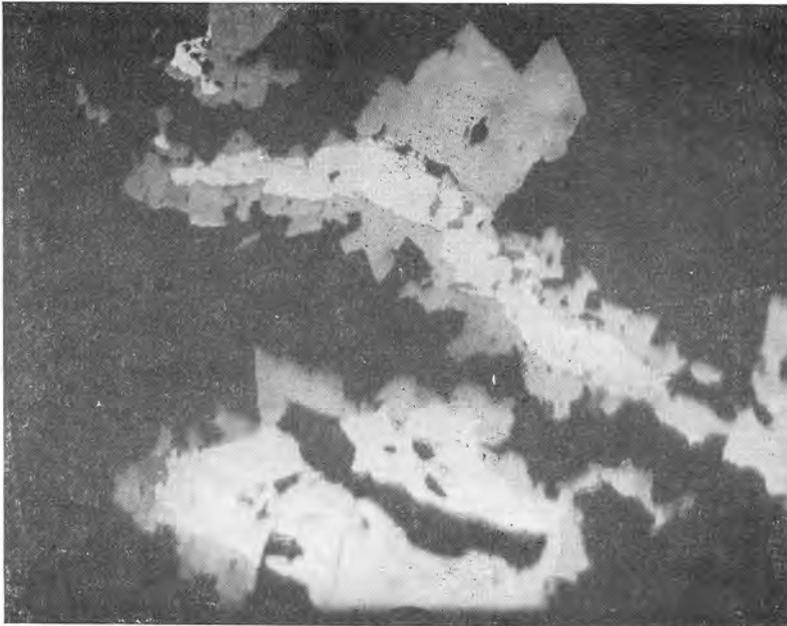


Рис. 54. Каемочная микротекстура. Реакционные каемки энаргита (серый) развиты по краям прожилков халькопирита (белый). Черный — породообразующие минералы. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320



Рис. 55. Зональная каемочная микротекстура. По периферии агрегата галенита (белый) развивается зональная каемка из англезита (светло-серый, ближе к галениту) и церуссита (серый, ближе к породе). Темная основная масса — известняк. По М. И. Калганову. Малкинское месторождение. Полированный шлиф. Ув. 40

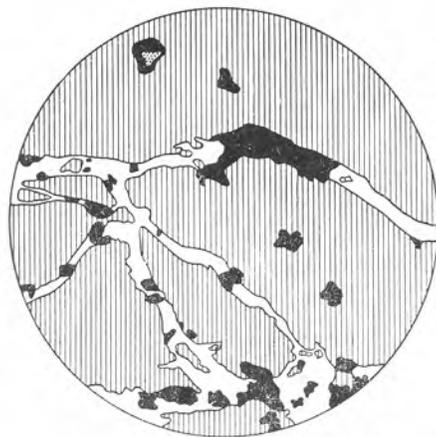


Рис. 56. Нитеобразная микротекстура. Кварц — энергитовые прожилки (кварц — черный, энергит — белый) пересекают агрегат раннего халькопирита (заштрихован). Месторождение Каджаран. Зарисовка. Ув. 40

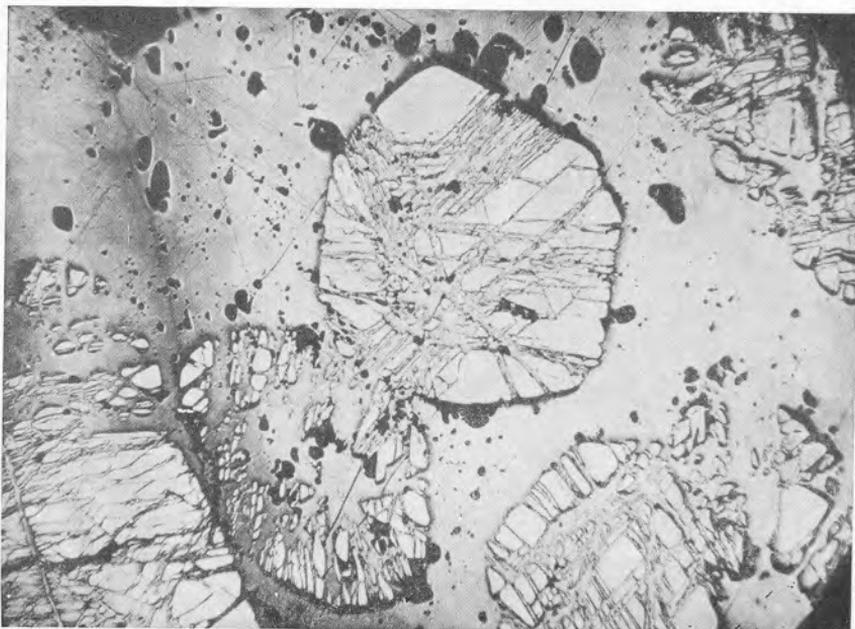


Рис. 57. Петельчатая, или сетчатая, микротекстура, переходящая в реликтовую. Пирит ранней ассоциации (белый) замещается халькопиритом поздней ассоциации (светло-серый, серый). Черное — пустотки. Месторождение Дастанкерт. Полированный шлиф. Ув. 20

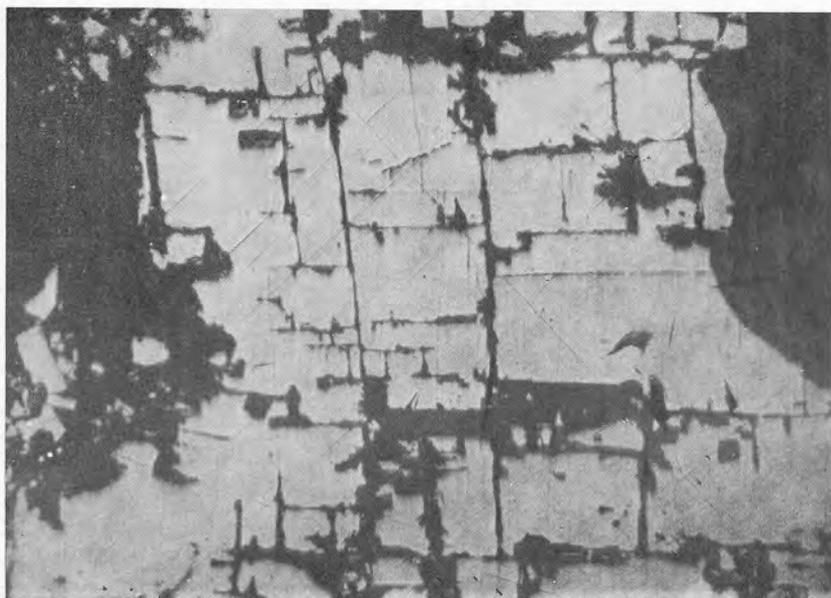


Рис. 58. Решетчатая микротекстура замещения галенита (белый) церусситом (черный). Полированный шлиф. Ув. 40

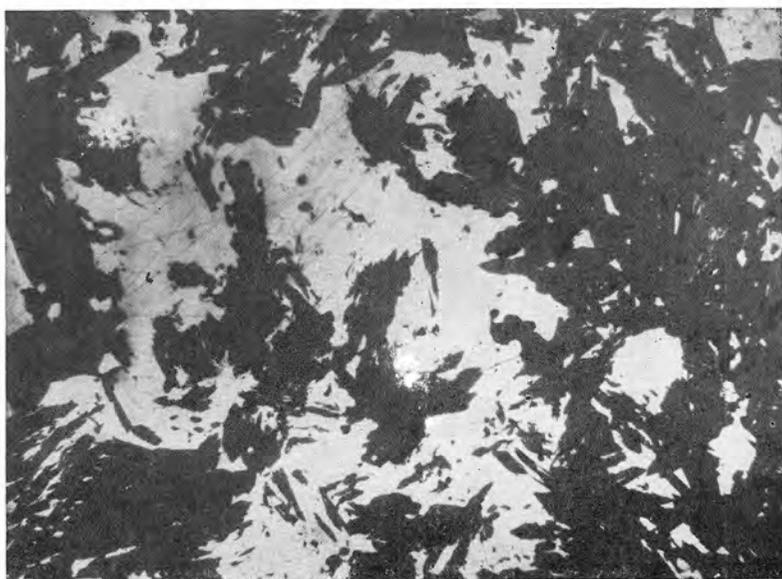


Рис. 59. Графическая текстура замещения. Халькопирит (белый) метасоматически замещает породообразующие минералы (темносерый). Месторождение Дастакерт. Полированный штуф. Нат. вел.



Рис. 60. Графическая текстура замещения. Агрегат пирита (белый с черными выбоинами) замещается агрегатом энэргита (серый). Месторождение Кафан. Полированный штуф. Нат. вел.

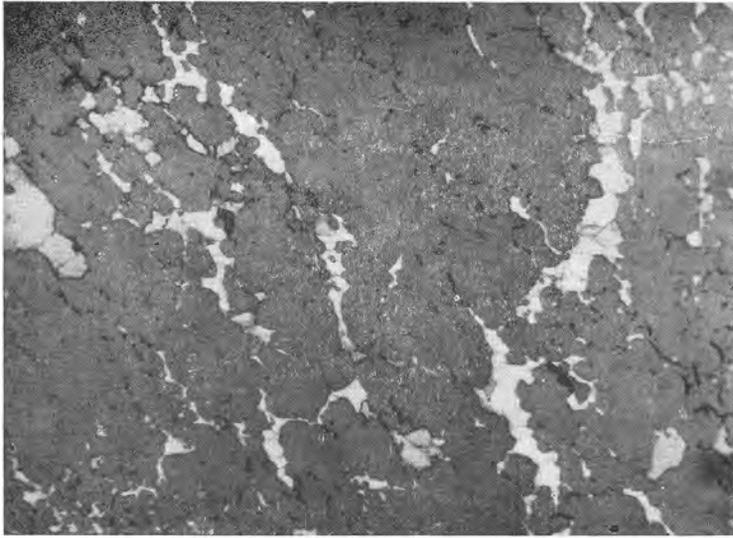


Рис. 61. Субграфическая коррозионная микротекстура. Выделения галенита (белый) с извилистыми очертаниями и зазубренными границами развиты в сфалерите (серый). Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70



Рис. 62. Микротекстуры разъедания и реликтовая, образующиеся при замещении агрегата галенита (белый) агрегатом гипергенных минералов — ковеллитом и англезитом (серый). Полированный шлиф. Ув. 40

11. 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 (рис. 63) и ящичная (рис. 64).

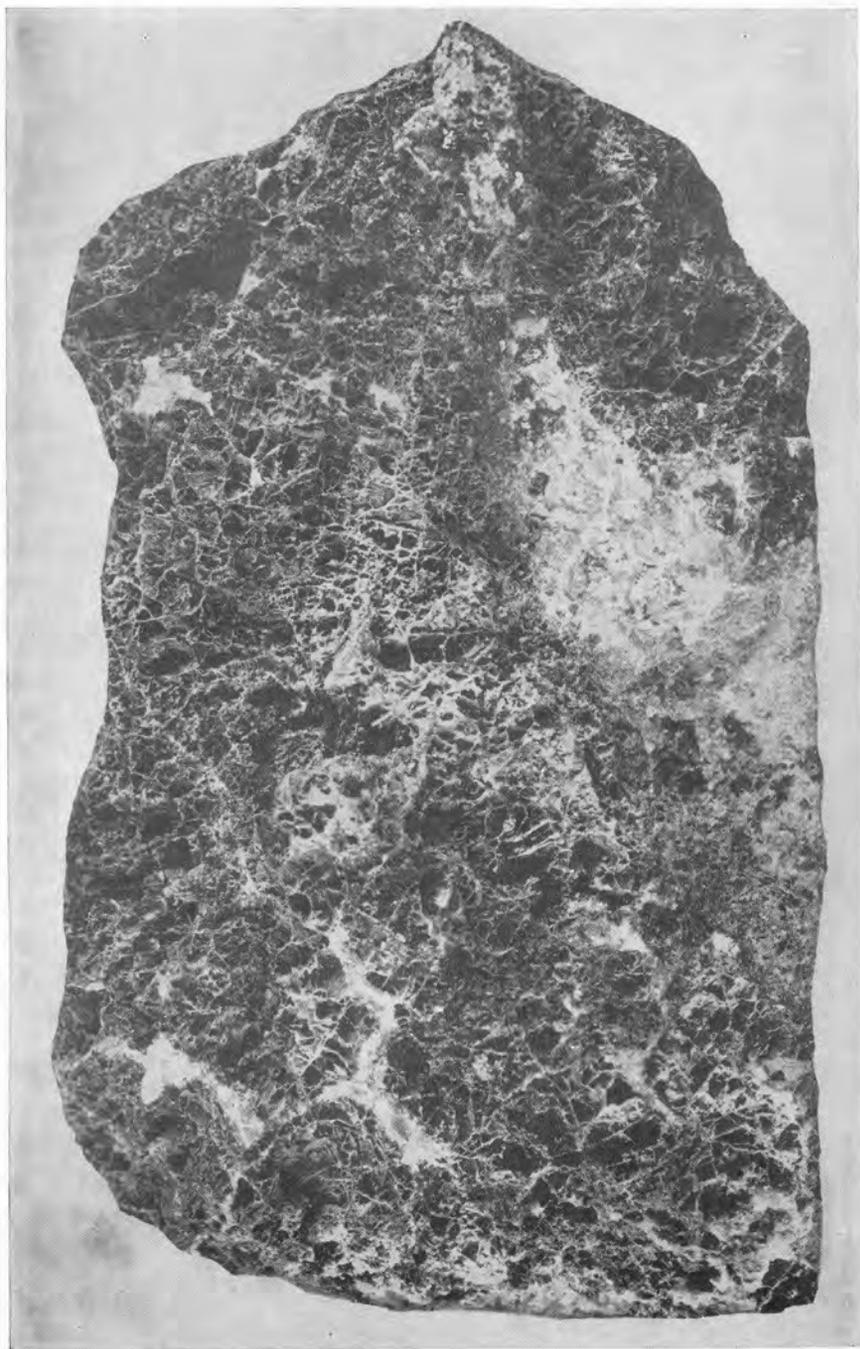


Рис. 63. Ячеистая и ящичная текстуры выщелачивания полиметаллической руды состава анкерит, сфалерит, галенит и кварц. Образец. Нат. вел.

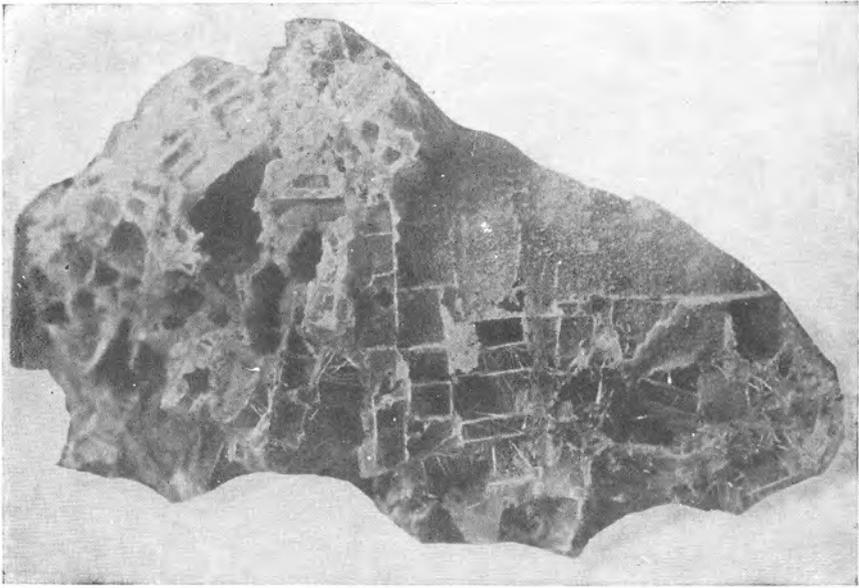


Рис. 64. Ящичная текстура выщелачивания. Пустотки — коробочки выщелачивания разделены тонкими перегородками из кремнезема. Пустотки частично заполнены пучками игольчатых кристаллов. Нат. вел.

СТРУКТУРЫ

1. Форма и внутреннее строение минеральных зерен (рис. 65—82).

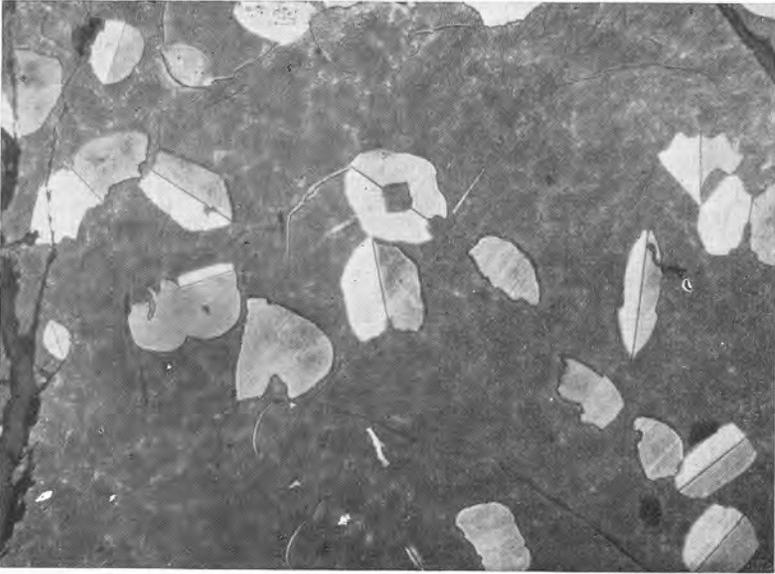


Рис. 65. Ложные фигуры травления пирита (линзочки и чечевицы), получившиеся при травлении минерала $KMnO_4 + KOH$ в течение 30 секунд. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Ув. 85



Рис. 66. Ложный рисунок структуры пирротина, протравленного в парах царской водки. Такие же фигуры появляются на поверхности зерен сфалерита, перетравленного в парах царской водки. Полированный шлиф. Ув. 100

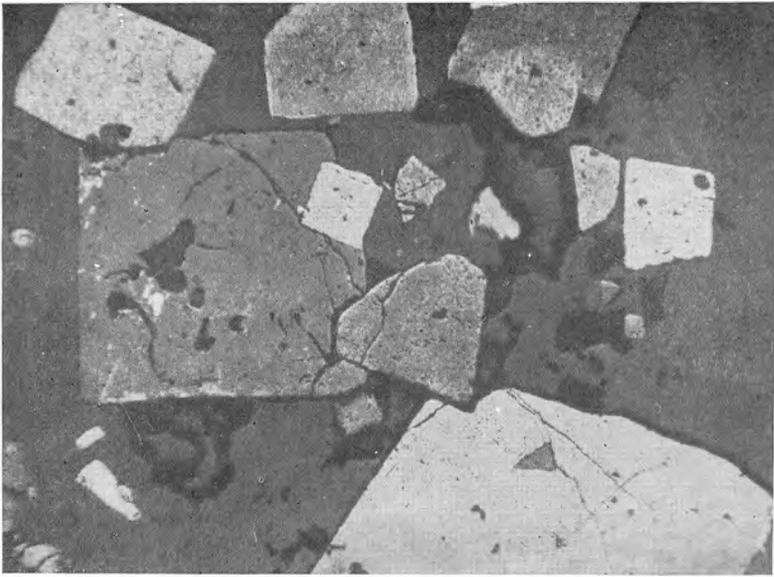


Рис. 67. Однородное строение метакристаллов пирита (протравлен, прямоугольнички серого и белого цвета). Границы зерен пирита ровные, без признаков коррозии. Темно-серый — гранодиорит. Месторождение Айгедзор. Полированный шлиф. Ув. 90

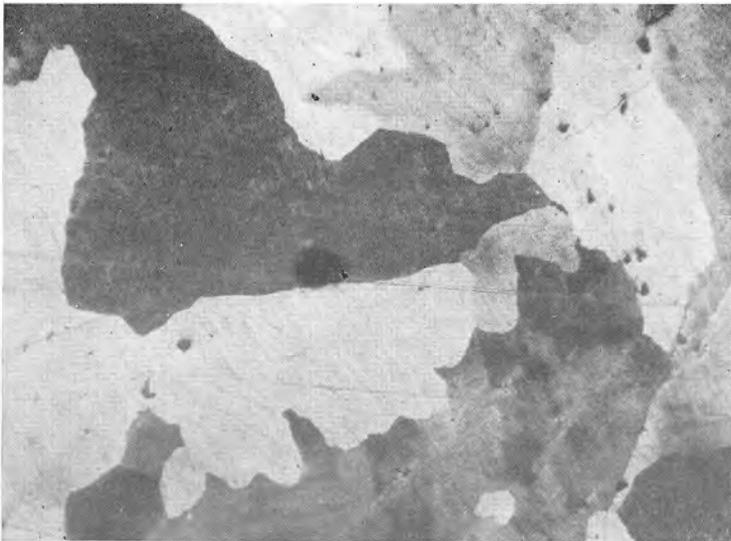


Рис. 68. Однородное строение зерен халькопирита (протравлен в парах царской водки). Границы метазерен ровные и зубчатые. Форма метазерен неправильная. Месторождение Дастакерт. Полированный шлиф. Ув. 40

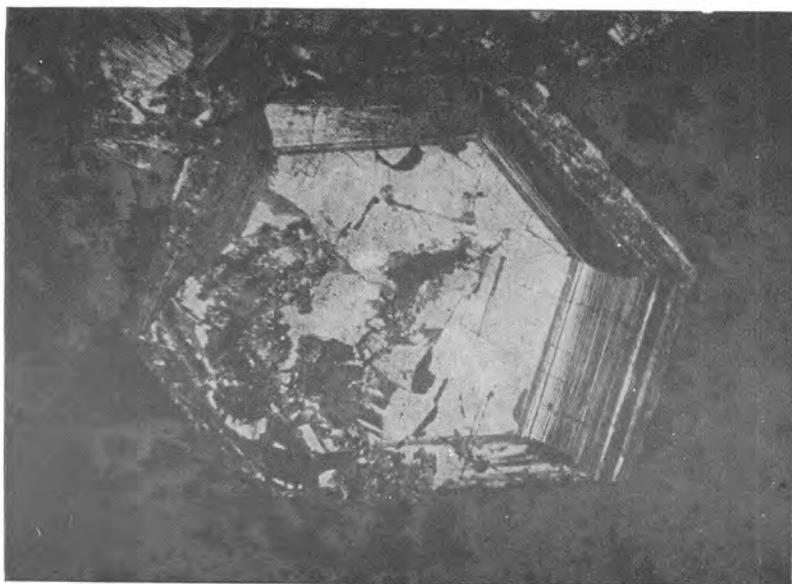


Рис. 69. Метакристалл кобальтина с зональным строением в скарне. Зональность 1-го рода. Месторождение Дашкесанское. Полированный шлиф. Ув. 40



Рис. 70. Тонкие штрихи зональности внутри метакристаллов кобальтина (протравлен). Зональность 2-го рода. Месторождение Дашкесанское. Полированный шлиф. Ув. 160

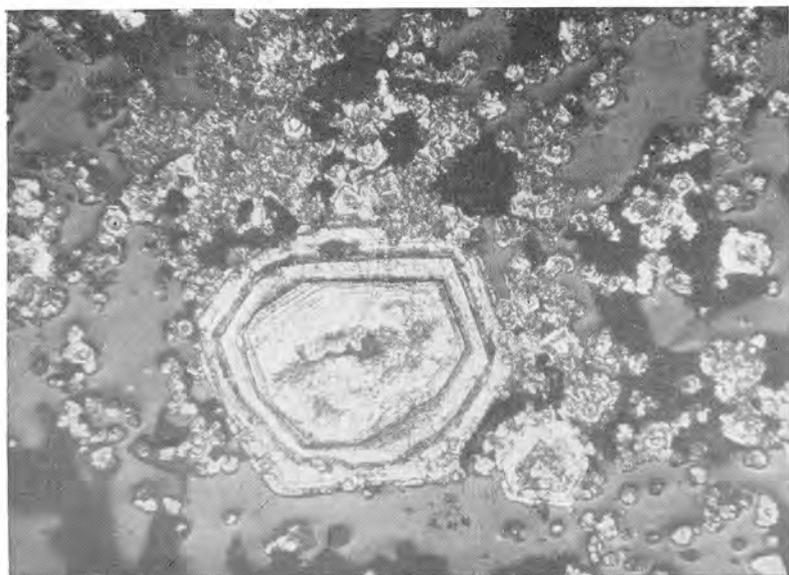


Рис. 71. Почка пирита (белый, протравлен), с концентрически-зональным строением. Пирит развит в кварце (темно-серый). Полированный шлиф. Ув. 85

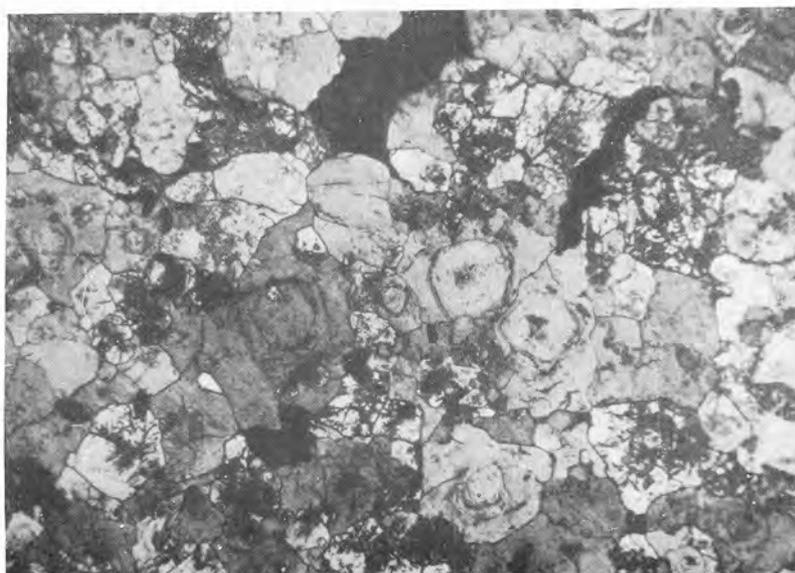


Рис. 72. Реликты зонального строения в отдельных ксенобластах пирита (белый, серый, протравлен). Черный — нерудный минерал. Месторождение Кафан. Полированный шлиф. Ув. 70

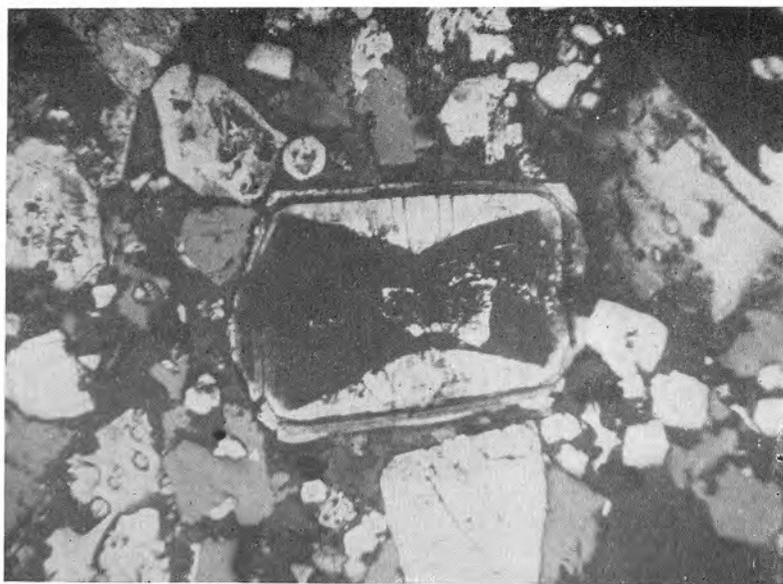


Рис. 73. Секториальное и зональное строение метакристалла пирита. Более загрязненные примесями участки метакристалла пирита сильнее протравились. Месторождение Ахтала. Полированный шлиф. Ув. 70

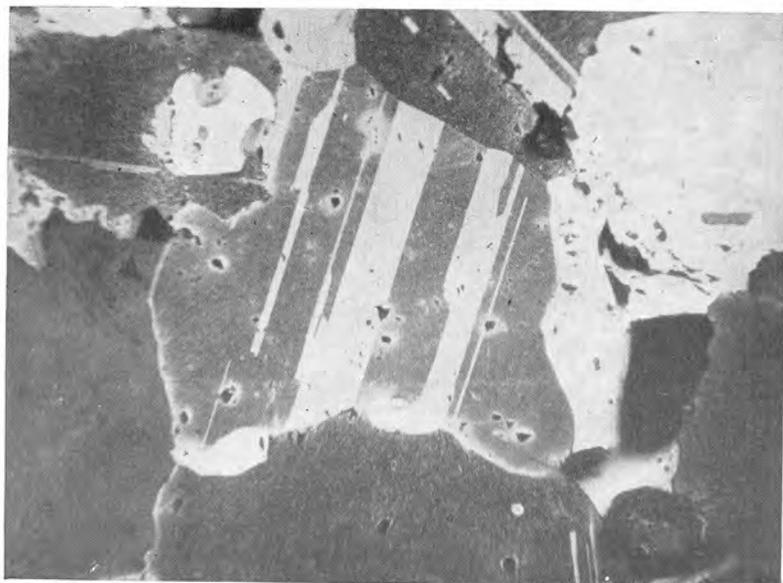


Рис. 74. Зерно сфалерита (в центре) с двойниками роста. Сфалерит протравлен в парах царской водки. Месторождение Садонское. Полированный шлиф. Ув. 90



Рис. 75. Полисинтетические двойники превращения в халькопирите (протравлен). Двойники веретенообразной формы возникают перед перекристаллизацией агрегата. Месторождение Айгедзор, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 85

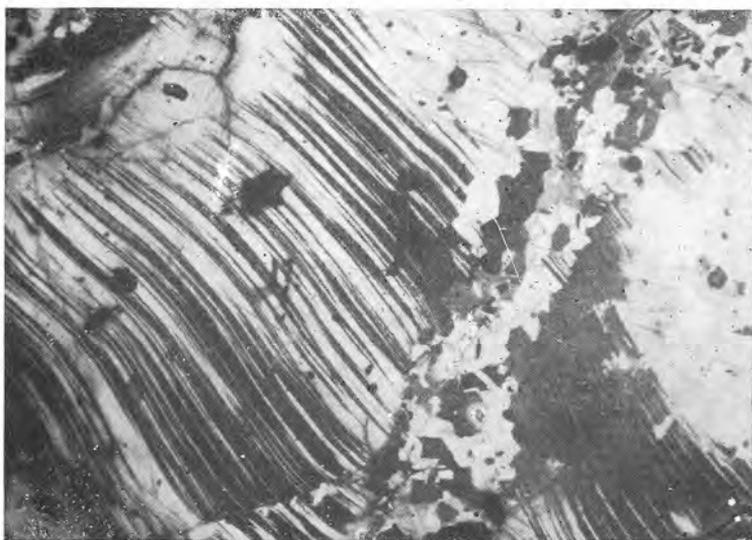


Рис. 76. Полисинтетические двойники давления в халькопирите. Полоски двойников изогнуты, имеют одинаковую толщину. В центре развит прожилок перекристаллизованного халькопирита. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100



Рис. 77. Фигуры смятия развиваются по диагонали в пластинках молибденита. Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Николи скрещены. Ув. 40

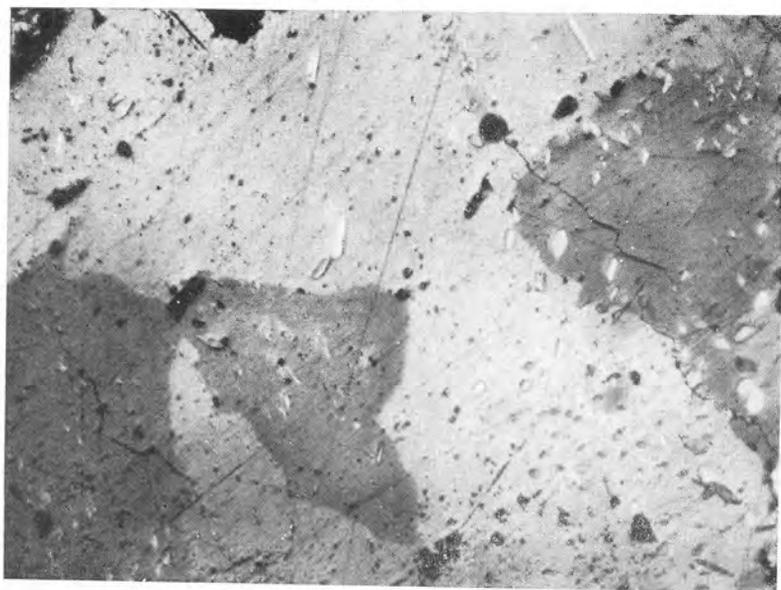


Рис. 78. Пойкилитовое строение. Аллотриоморфные зерна киновари с включениями ранних мелких кристалликов антимонита, разбросанных в беспорядке. Месторождение Никитовка. Полированный шлиф. Николи скрещены. Ув. 40

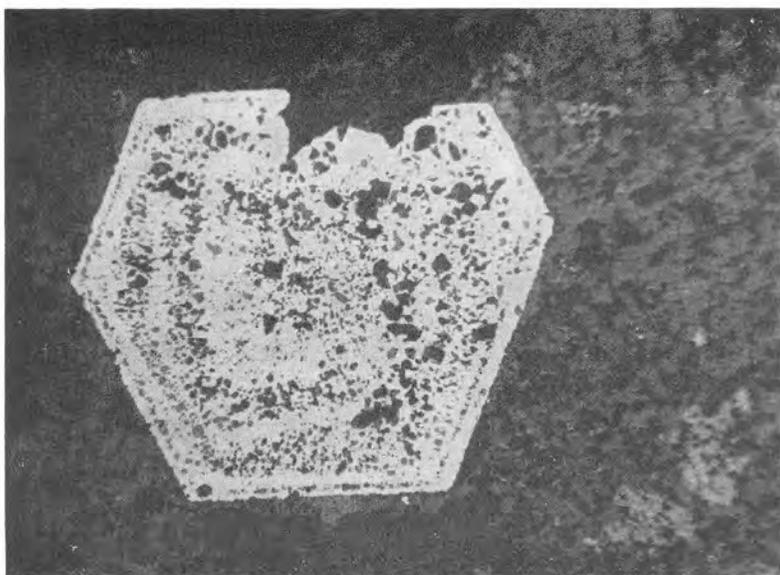


Рис. 79. Метакристалл кобальтина с твердыми включениями (реликтами), придающими кристаллу ситособразное строение. В метакристалле слабо выражено зональное строение. Месторождение Дашкесанское. Полированный шлиф. Ув. 85

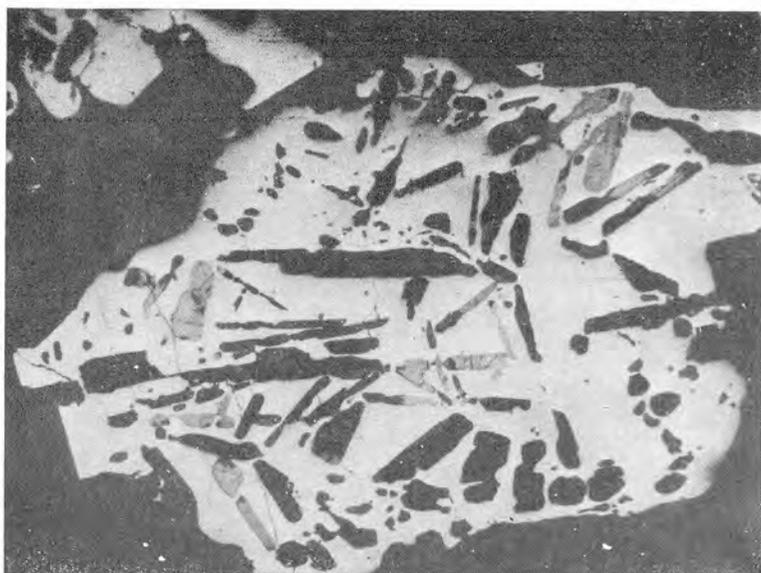


Рис. 80. Метакристалл пирита (белый) в порфирите (черный) с реликтами призматических зерен плагиоклаза (черный). Плагиоклаз замещается халькопиритом (светло-серый). Месторождение Шамлуг. Полированный шлиф. Ув. 70



Рис. 81. Эмульсионные выделения халькопирита (белый) в сфалерите (серый). Распад твердого раствора. Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Ув. 320

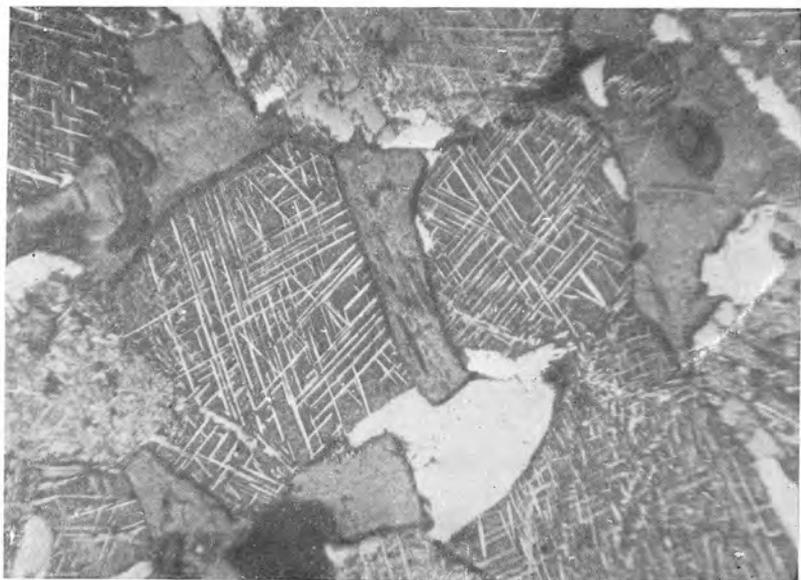


Рис. 82. Зерна магнетита (протравлен HCl конц.) с решеткой ильменита (белый). Темно-серый — нерудный минерал. Месторождение Алексеевское. Полированный шлиф. Ув. 90

2. Структуры зернистые широко развиты в минеральных агрегатах, отложившихся при кристаллизации расплавов и водных растворов в магматических очагах, в соленосных бассейнах, в открытых трещинах и пустотах горных пород и руд. Морфологические виды структур в этой группе — идиоморфнозернистая (рис. 83), аллотриоморфнозернистая (рис. 84), гребенчатая (рис. 85), радиально-лучистая, гипидиоморфнозернистая (рис. 86), сидеронитовая (рис. 87), порфириовидная, пойкилитовая (рис. 88).

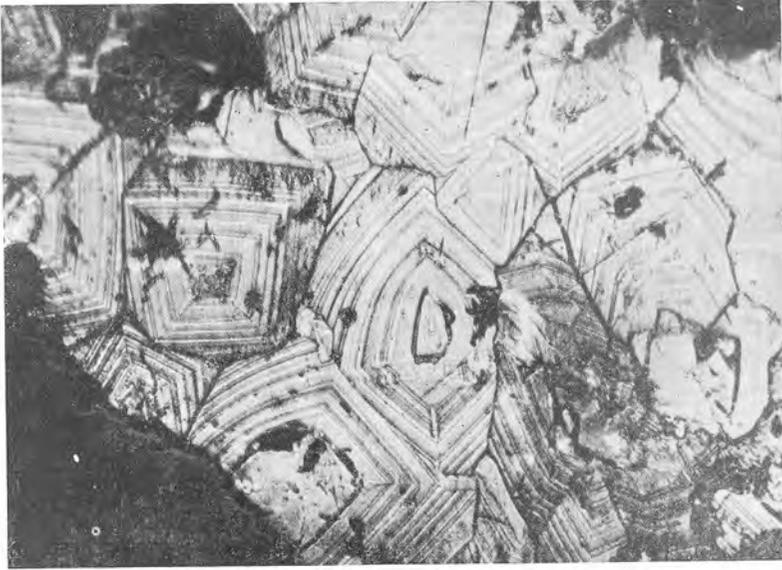


Рис. 83. Идиоморфнозернистая структура агрегата повеллита. Форма и зональное строение зерен выявлены при травлении повеллита HNO_3 (конц.) в течение 5 минут. Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Ув. 40

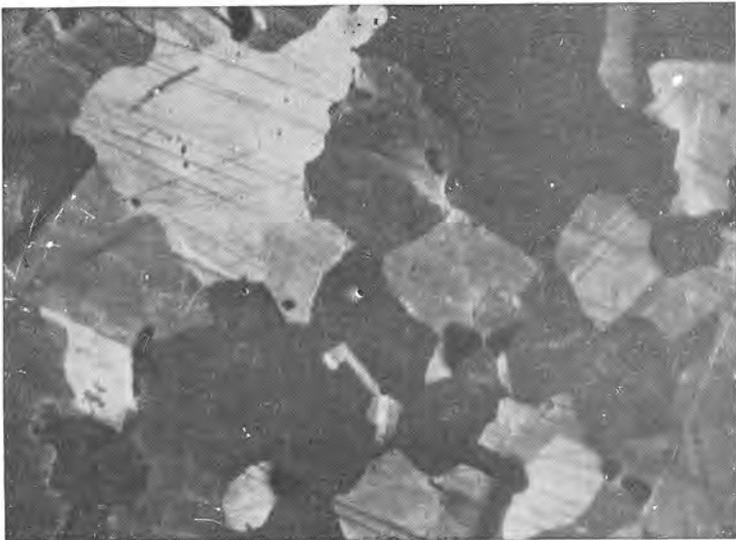


Рис. 84. Аллотриоморфнозернистая структура халькопирита. Протравлен в парах царской водки. Месторождение Дастакерг. Полированный шлиф. Ув. 70

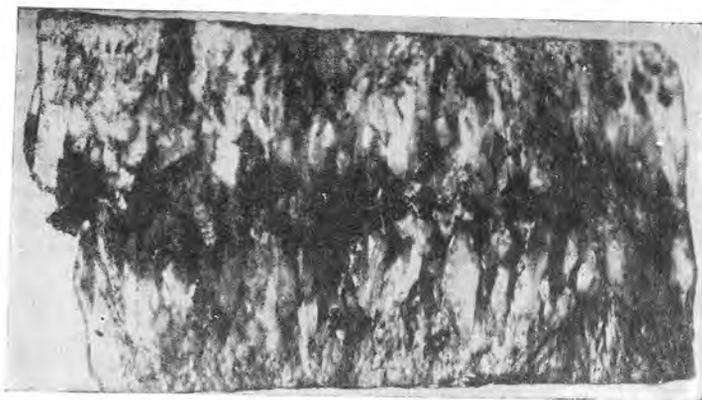


Рис. 85. Гребенчатая структура кварца (белый, черный — пустотки). Месторождение Мехманинское, Азербайджанская ССР. По К. Мусейбзову. Образец. Нат. вел.

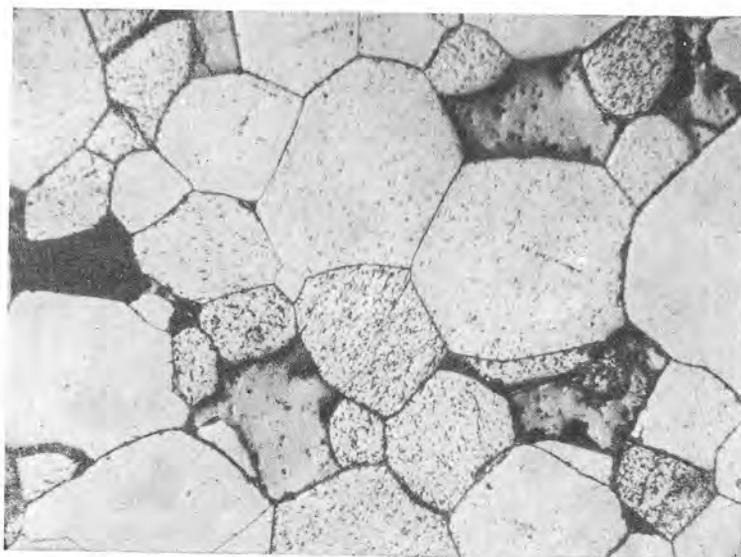
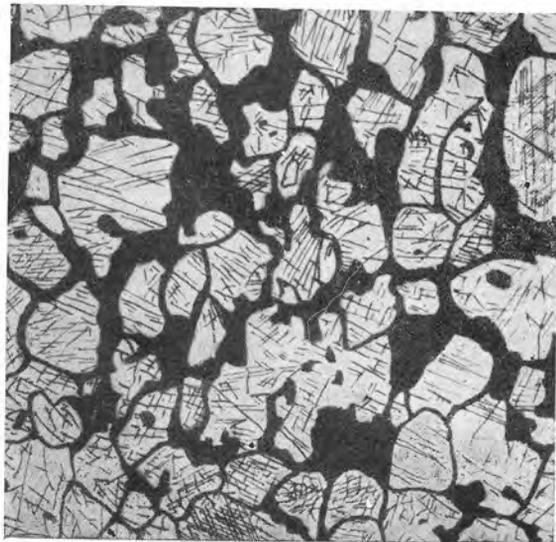
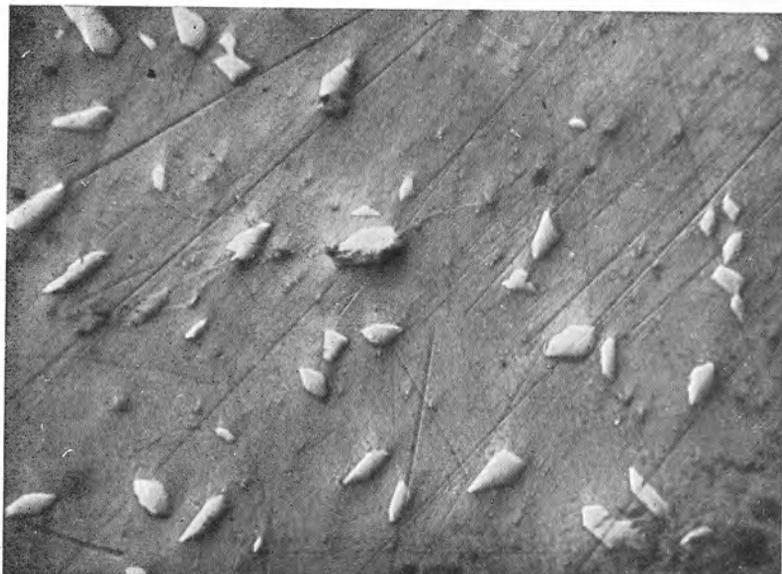


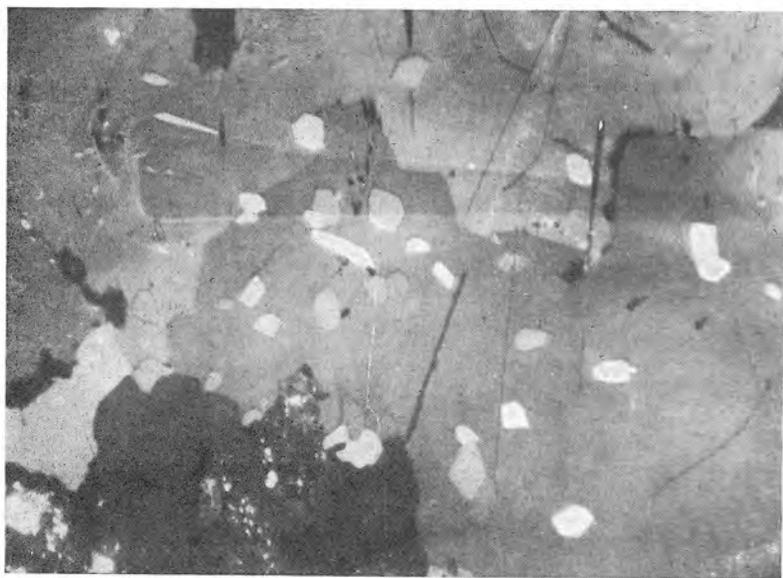
Рис. 86. Гипидиоморфнозернистая структура. Промежутки между идиоморфными зернами пирита (белый, шагреневый) заполнены халькопиритом (светло-серый) и кварцем (черный). Полированный шлиф. Ув. 40

Рис. 87. Сидеронитовая структура. Идиоморфные и гипидиоморфные зерна пироксенов (заштриховано) срстаются с аллотриоморфными зернами титаномагнетита (черный). Зарисовка. Прозрачный шлиф. Ув. 40





а



б

Рис. 88. Пойкилитовая структура срастания зерен киновари (серый) и антимонита (белый). Мелкие кристаллики антимонита являются более ранними образованиями. Месторождение Никитовка. Полированный шлиф: *а* — 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 корро-



Рис. 89. Скелетные формы зерен пирита (белый) образуются при разъедании сфалеритом (серый). Белый вверху — халькопирит; темно-серый — нерудные минералы. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 160

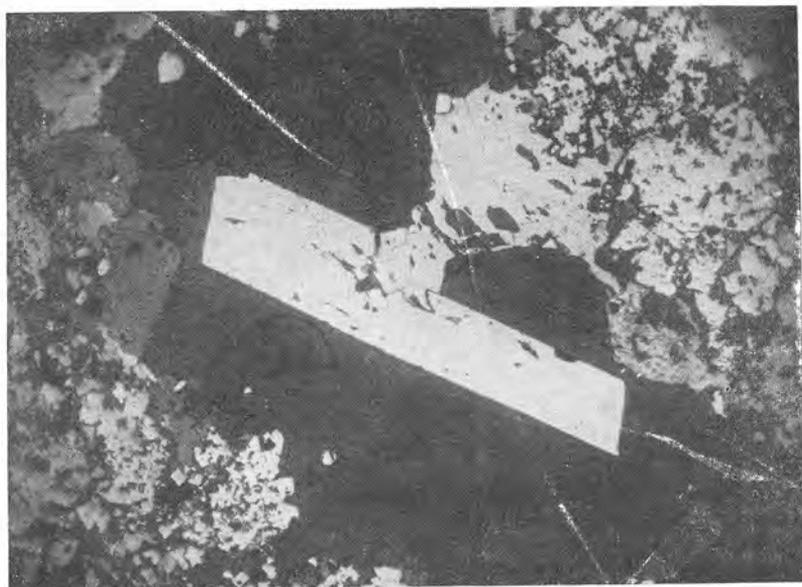


Рис. 90. Скелетная структура. Идиоморфный кристалл арсенопирита (белый) разъедается халькопиритом (светло-серый). Развиты кварц (черный) и сфалерит (серый) Месторождение им. III Интернационала, Урал. Полированный шлиф. Ув. 70

зионных срастаниях между ранними и поздними минералами зазубренные. В этой группе структур выделяются следующие морфологические виды: скелетная (рис. 89—90), зональная, реликтовая (рис. 91) и разъедания (рис. 92).



Рис. 91. Реликтовая структура. Реликты сфалерита (серый) в галените (белый). Полированный шлиф. Ув. 40

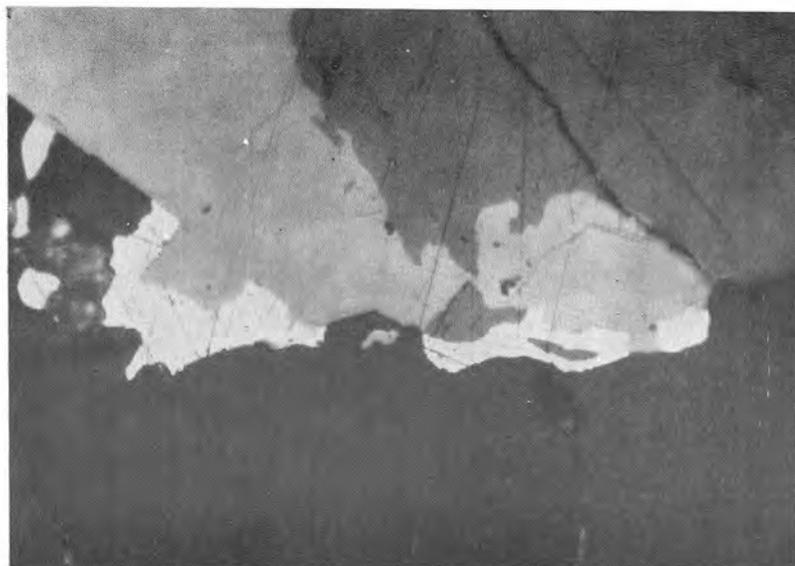


Рис. 92. Структура разъедания. Теннантит (светло-серый) разъедается борнитом (серый справа, вверху). Борнит и теннантит разъедаются самородным золотом (белый). Черный — нерудные минералы. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320

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. 93—94),

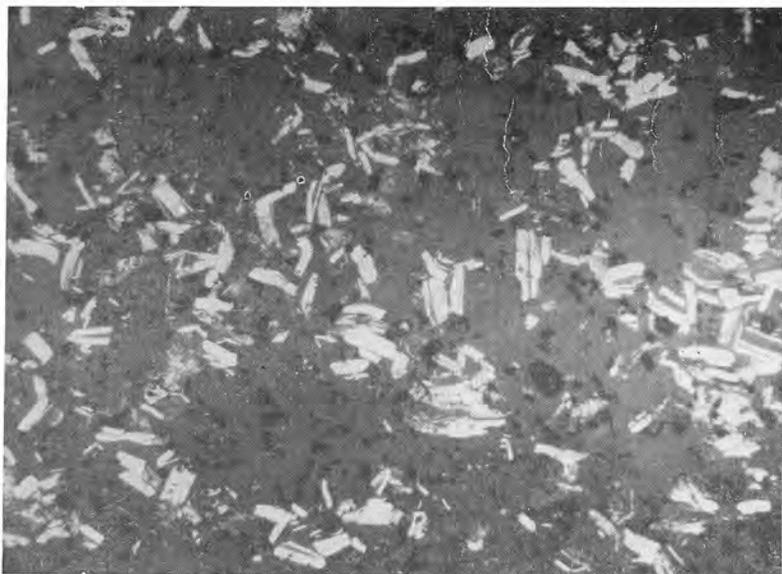


Рис. 93. Идиоморфнометазернистая структура. Метакристаллы молибденита (белый) в роговике (серый). Черный — выбоины. Месторождение Дастакерт, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 70



Рис. 94. Идиоморфнометазернистая структура. Метакристаллы кварца (темно-серый) в сфалерите (протравлен, полоски черного и серого цвета) приурочены к трещинкам дробления и пересекают двойники роста. Полированный шлиф Ув. 70

радиально-лучистая метазернистая, гребенчатая метазернистая (рис. 95), скелетная метазернистая (рис. 96), аллотриоморфнометазернистая (рис. 97), гипидиоморфнометазернистая и порфирометазернистая (рис. 98)

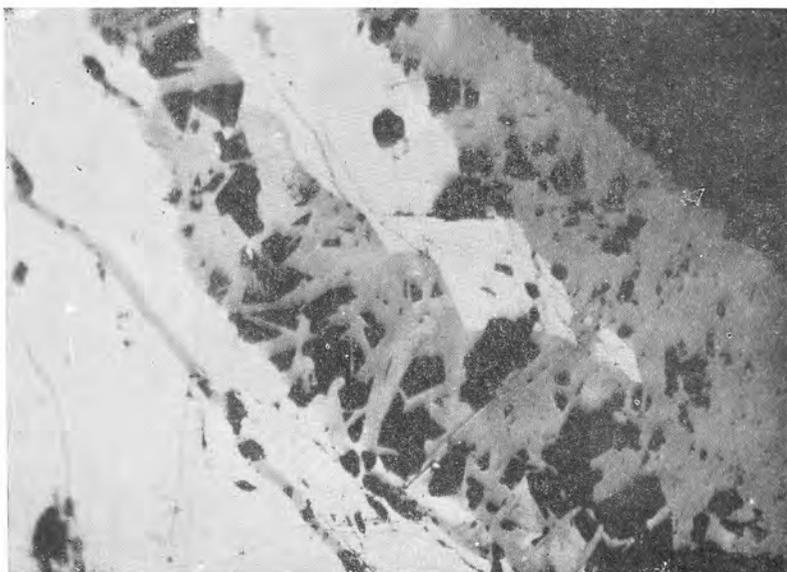


Рис. 95. Гребенчатая метазернистая структура энаргита (серый) в кварц-энаргитовом прожилке. Энаргит замещает халькопирит (белый). Черный — кварц и другие нерудные минералы. Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320



Рис. 96. Скелетная метазернистая структура. Метакристаллы куприта правильной и скелетной формы (белый) развиты в массе кальцита (темно-серый). Месторождение Анкаван. Полированный шлиф. Ув. 165

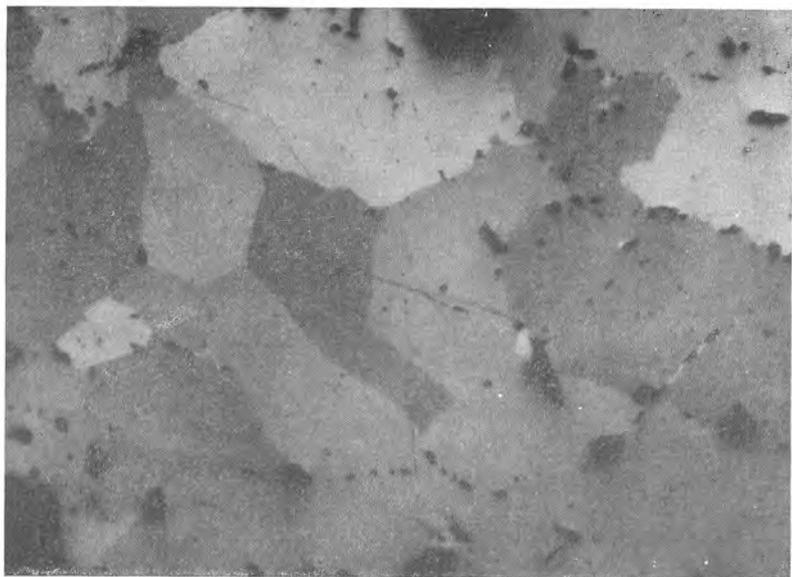


Рис. 97. Структура энаргита аллотриоморфнометазернистая. Место-
рождение Аравус, Армянская ССР. Полированный шлиф. Николы-
скрещены. Ув. 165

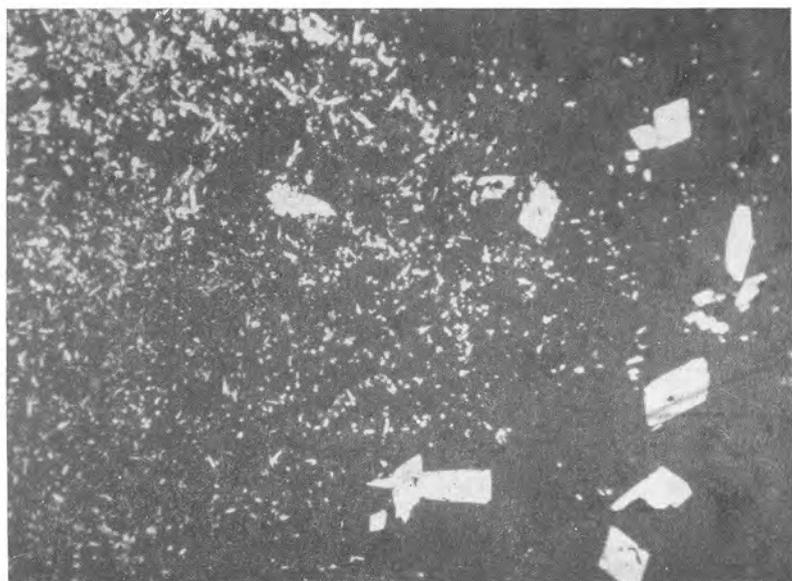


Рис. 98. Порфирометазернистая структура арсенипирита (белый)
в карбонатной породе (темно-серый). Полированный шлиф. Ув. 70

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. 99).

Коллоидные структуры подразделяются на следующие морфологические виды: гелевая, скрытокристаллическая, концентрически-зональная (рис. 100, 101) и перлитовая, или шариковая (рис. 102).

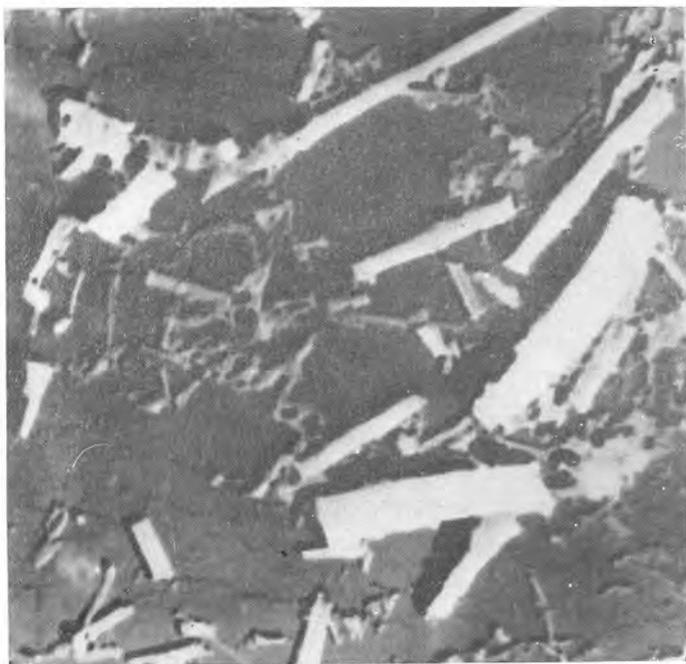


Рис. 99. Форма частиц ферримоллибдита. Месторождение Каджаран. Ув. 13 000, электронный микроскоп. Снято в лаборатории ИГЕМ

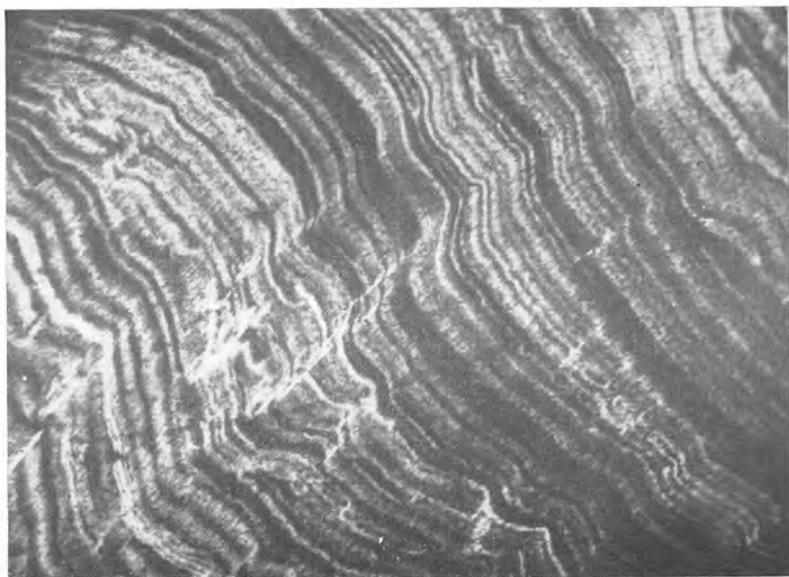


Рис. 100. Зональная структура слабо раскристаллизованного серпентита. По М. И. Калганову. Месторождение Малкинское. Прозрачный шлиф. Николи скрещены. Ув. 46

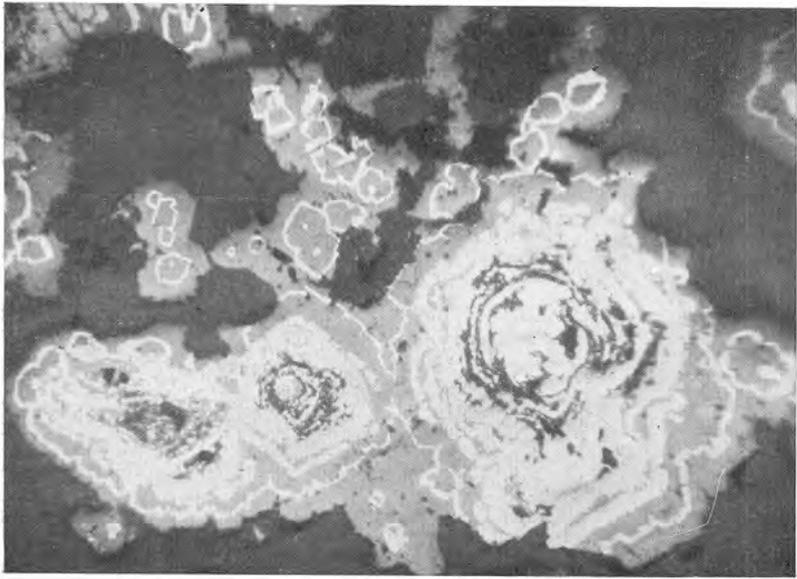


Рис. 101. Концентрически-зональная структура в рудном агрегате почковидной формы. Рудные минералы сфалерит (серый) и халькопирит (белый) развиты в нерудных минералах (черный, темно-серый). Полированный шлиф. Ув. 90

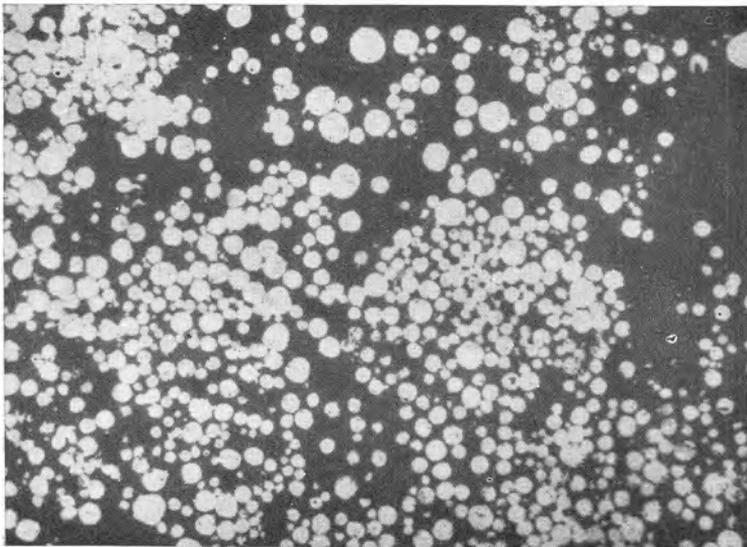


Рис. 102. Перлитовая или шариковая структура. Шарики пирита (белый) в кварце (черный). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 120

6. Структуры собственно кристаллобластические формируются в процессе перекристаллизации в твердом состоянии минеральных агрегатов при диагенезе, параморфном превращении и под влиянием агентов метаморфизма. Выделяются следующие морфологические виды структур: аллотриоморфнобластическая (рис. 103) или гранобластическая (рис. 105), идиоморфнобластическая (рис. 104), скелетная кристаллобластическая, гипсидиоморфнобластическая, ориентированнобластическая (рис. 106), пластинчатая, пойкилобластическая и порфиробластическая (рис. 107).



Рис. 103. Аллотриоморфнобластическая структура. Ксенобласты пирита развиты в волокнистом пирите. Видны трещины дробления. Протравлен HNO_3 (конц.) + CaF_2 . Месторождение Ахтала. Полированный шлиф. Ув. 40

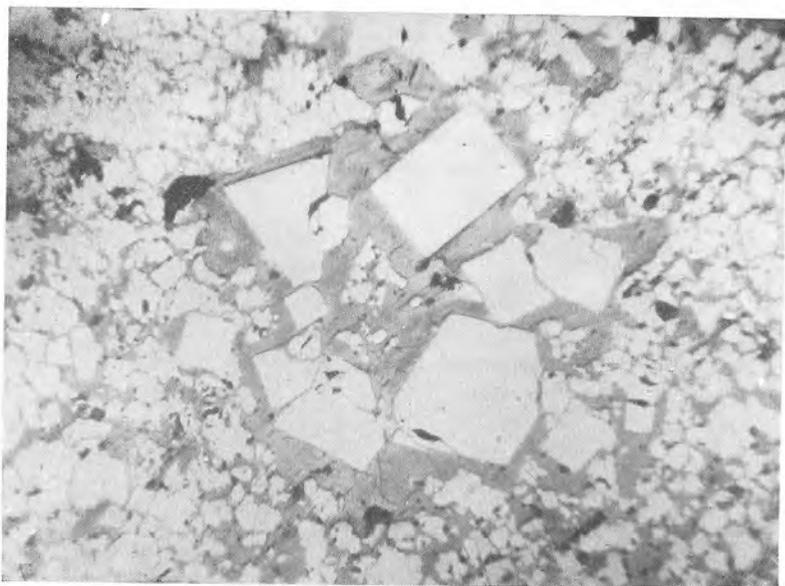


Рис. 104. Идиоморфнобластическая структура. Идиобласты пирита (белый в центре) образуются при перекристаллизации аморфного и скрытокристаллического пирита под влиянием растворов, из которых выделился халькозин и борнит (светло-серый в центре). Месторождение Кафан. Полированный шлиф. Ув. 90

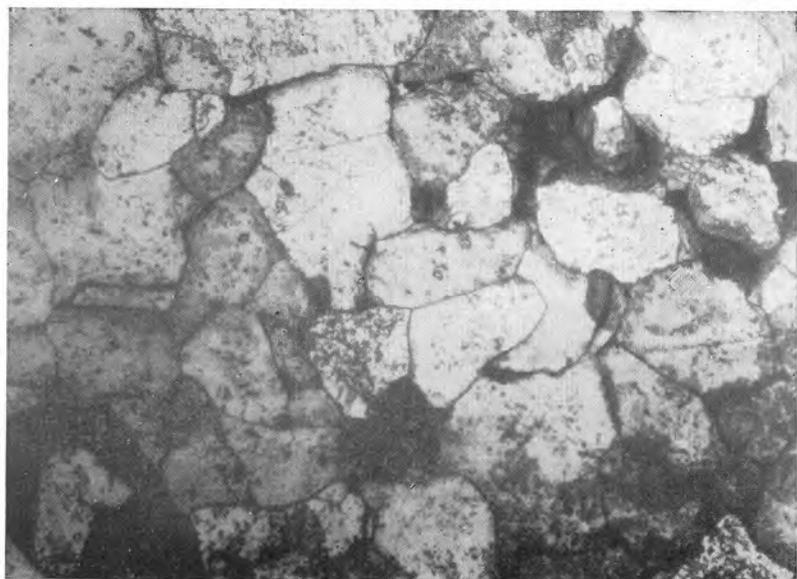


Рис. 105. Гранобластическая структура пирита. Протравлен HNO_3 (конц.) + CaF_2 в течение 3 минут. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100

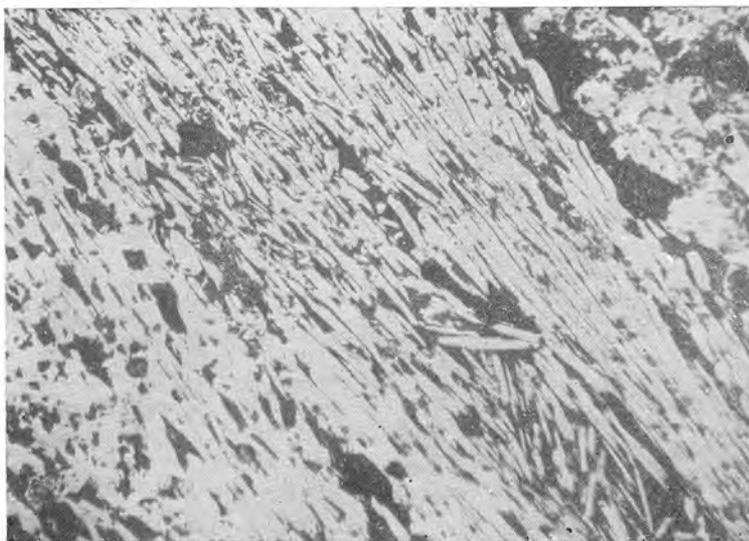


Рис. 106. Ориентированнобластическая структура. Пластинки гематита (белый) ориентированы согласно сланцеватости. Темные участки — нерудный минерал. По М. И. Калганову. Яковлевское месторождение, КМА. Полированный шлиф. Ув. 85

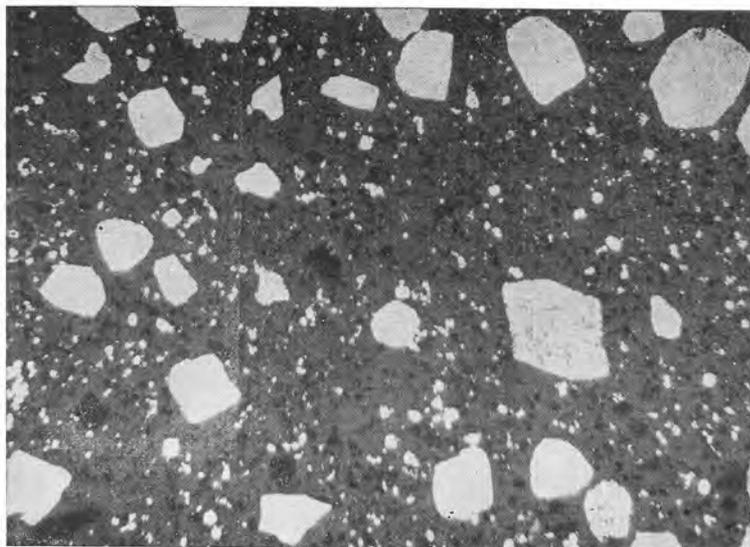


Рис. 107. Порфиробластовая структура руды. Идиобласты пирита (белый) разной величины. Строение зерен однородное. Пирит протравлен, черный — нерудный минерал. Полированный шлиф. Ув. 70

7. Структуры метакolloидные образуются при раскристаллизации геля в твердом состоянии. Морфологическими видами структур являются радиально-лучистая (рис. 108, 109) и волокнистая (рис. 110, 111).



Рис. 108. Почка радиально-лучистого пирита (протравлен) разъедается и замещается сфалеритом (серый) и баритом (черный). Внизу белый, идиоморфный — метакристаллы пирита. Месторождение Ахтала. Полированный шлиф. Ув. 40

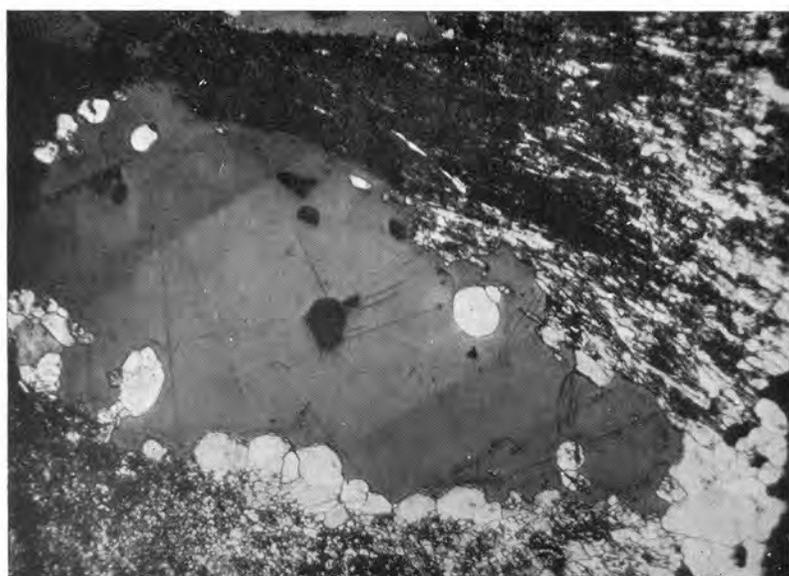


Рис. 109. Волокнистый пирит на контакте с поздним сфалеритом (серый) перекристаллизован. Кристаллобласти пирита (белый, округлый) развиты между сфалеритом и ранним пиритом. Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 80

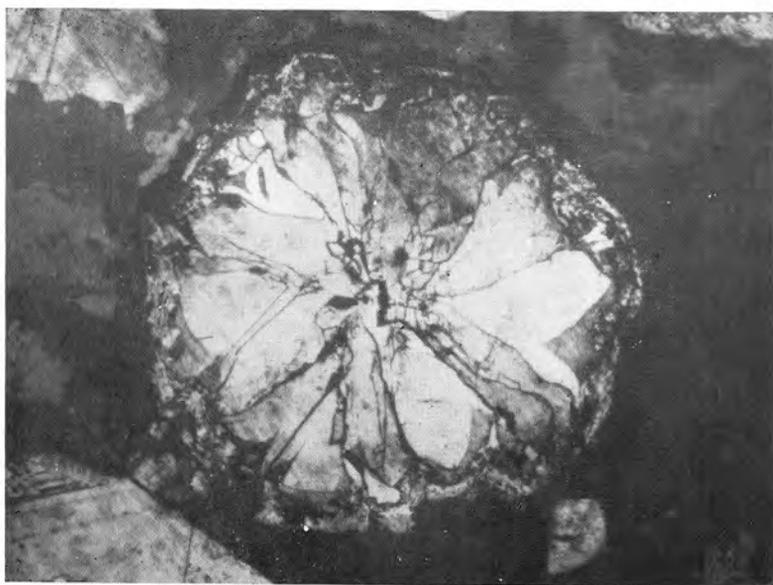


Рис. 110. Радиально-лучистая структура. Почка пирита с радиально-лучистым строением. Пирит програвлен в HNO_3 (конц.) + CaF_2 . Вокруг пирита развит сфалерит и нерудный минерал (серый, темно-серый). Месторождение Ахтала, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 160

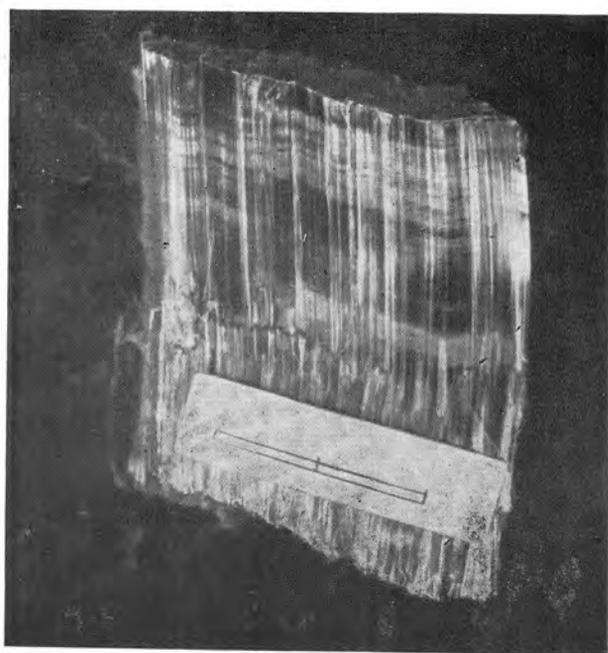


Рис. 111. Тонковолокнистая структура хризотил-асбестового агрегата. Волокнистость развилась в процессе раскристаллизации кремнемагнезиальных гелей (асбогелей). По Б. Я. Меренкову. Месторождение Баженовское, Урал. Нат. вел.

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. 112), звездчатая (рис. 113), пластинчатая и решетчатая (рис. 114), графическая (рис. 115), пламенивидная (рис. 116) и пельчатая (рис. 117).

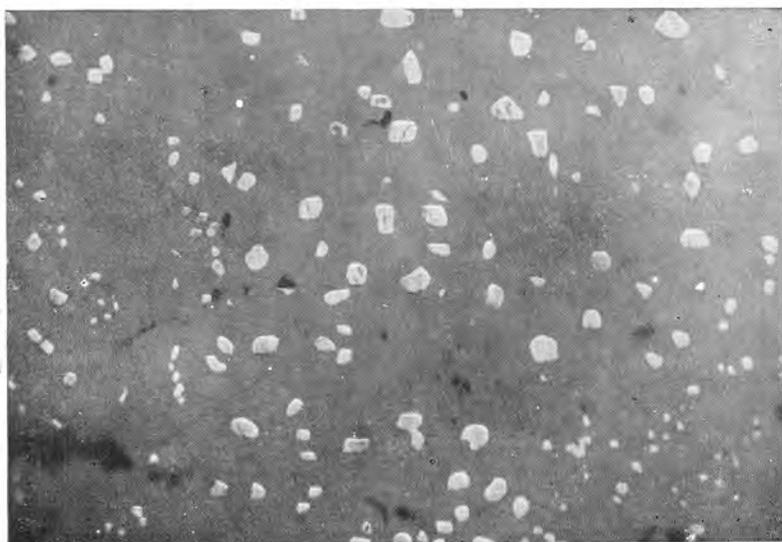


Рис. 112. Эмульсионная структура распада твердого раствора сфалерит (серый) + халькопирит (белый). Месторождение Каджаран, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 320

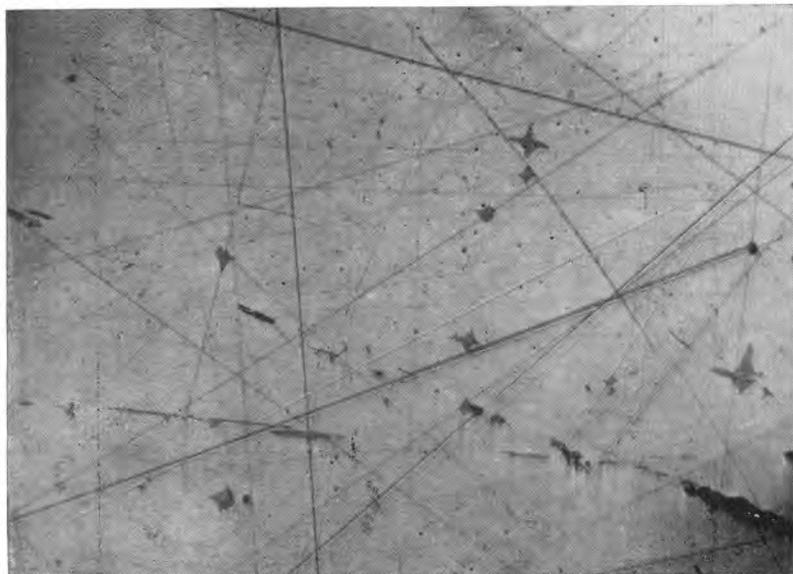


Рис. 113. Звездчатая структура распада твердого раствора халькопирит + сфалерит (халькопирит белый — основное поле; сфалерит серый — включения). Месторождение Высокогорское, Урал. Полированный шлиф. Ув. 160

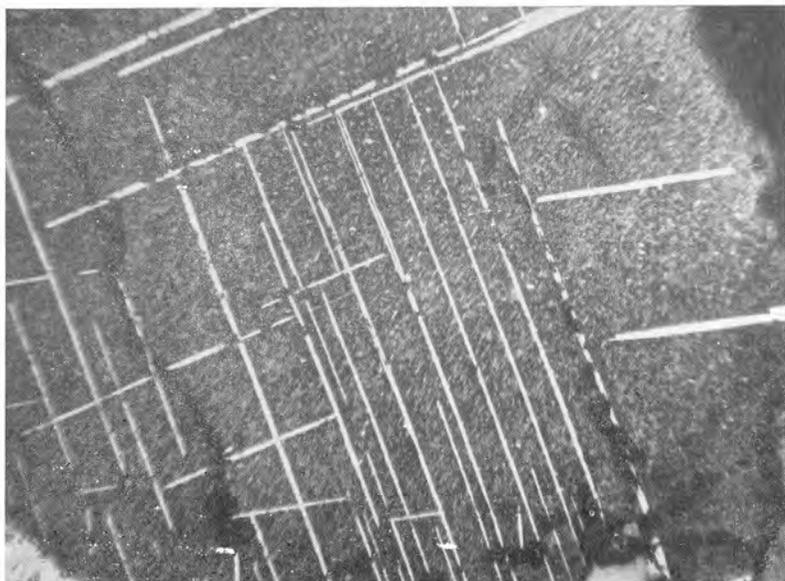


Рис. 114. Пластинчатая и решетчатая структуры распада твердого раствора магнетит + ильменит. Магнетит протравлен в HCl (конц.) в течение 5 минут. Ильменит — белый. Месторождение Алексеевское. Полированный шлиф. Ув. 90

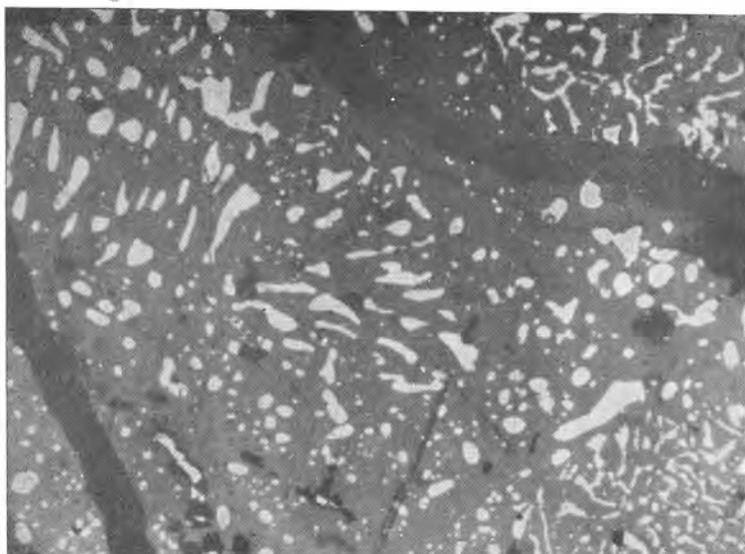


Рис. 115. Графическая и эмульсионная структуры распада твердого раствора сфалерит + халькопирит (сфалерит темно-серый; халькопирит белый — включения). В сфалерите и халькопирите развиты прожилки карбоната (черный). Месторождение Кафан, Армянская ССР. Полированный шлиф. Ув. 100



Рис. 116. Пластинчатая и пламенивидная структуры распада твердого раствора пирротин (серый) + пентландит (белый). Пирротин протравлен КОН. Внизу зерно магнетита. Видны трещины. Месторождение Монча-Тундра. Полированный шлиф. Ув. 85

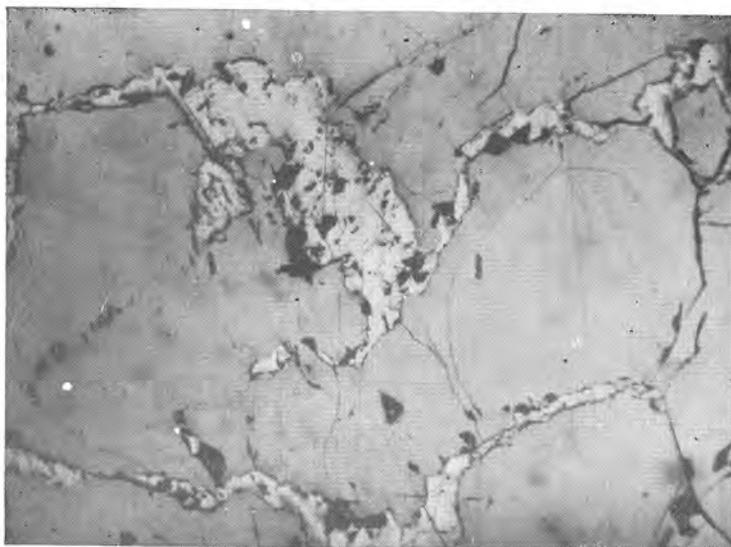


Рис. 117. Петельчатая структура распада твердого раствора пирротин + пентландит. Выделения пентландита с извилистыми границами (более светлый, прожилкообразный) развиты между зернами пирротина (более темный). Месторождение Монча-Тундра. Полированный шлиф. Ув. 70

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 следующие: раздробленная, гранокластическая, тонкокластическая, порфирокластическая (рис. 118), ориентированнокластическая (рис. 119), ориентированнозернистая (рис. 120), смятия (рис. 121) и расщепления (рис. 122).

Кластические структуры — первичные. Они формируются одновременно с минеральным агрегатом в процессе отложения. Морфологические виды кластических структур: обломочная (рис. 123) и разновидности ее — псефитовая, псаммитовая, алевролитовая и пелитовая.

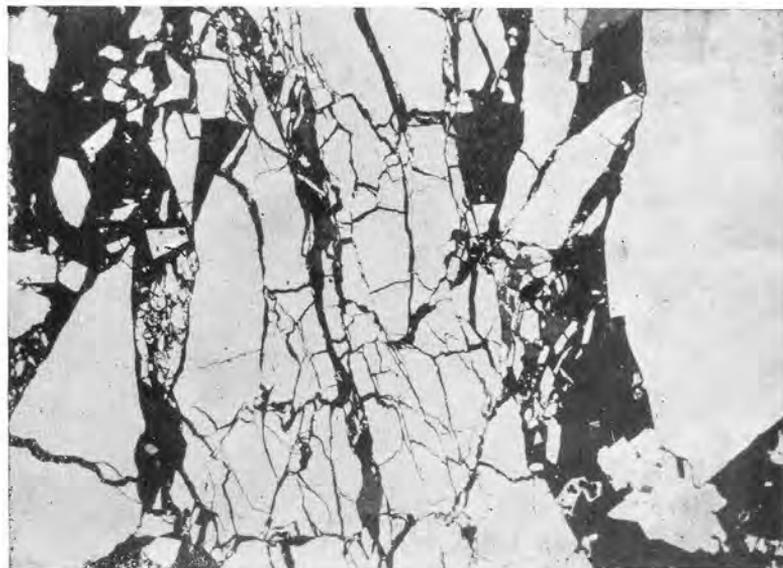


Рис. 118. Порфирокластическая структура в агрегате пирита. Обломки пирита (белый) сцементированы кварцем (черный). Полированный шлиф. Ув. 40.

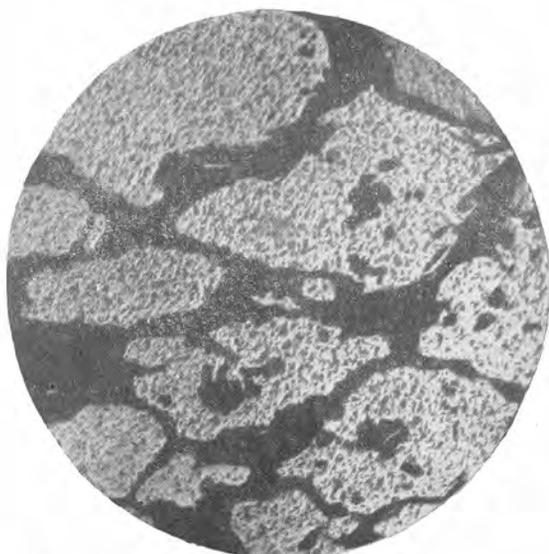


Рис. 119. Ориентированнокластическая структура в серноколчеданной руде. Обломки пирита (белый) линзовидной формы расположены параллельно друг другу в кварце (черный). Полированный шлиф. Ув. 60

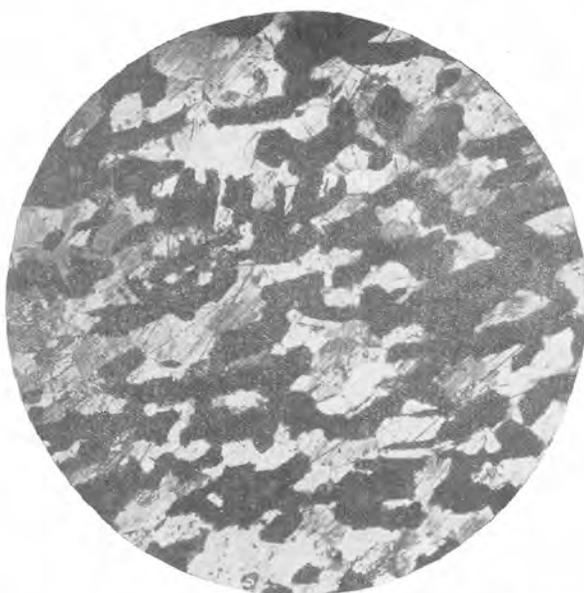


Рис. 120. Ориентированнозернистая структура в агрегате халькопирита. Минерал протравлен в парах царской водки. Зарисовка. Ув. 40

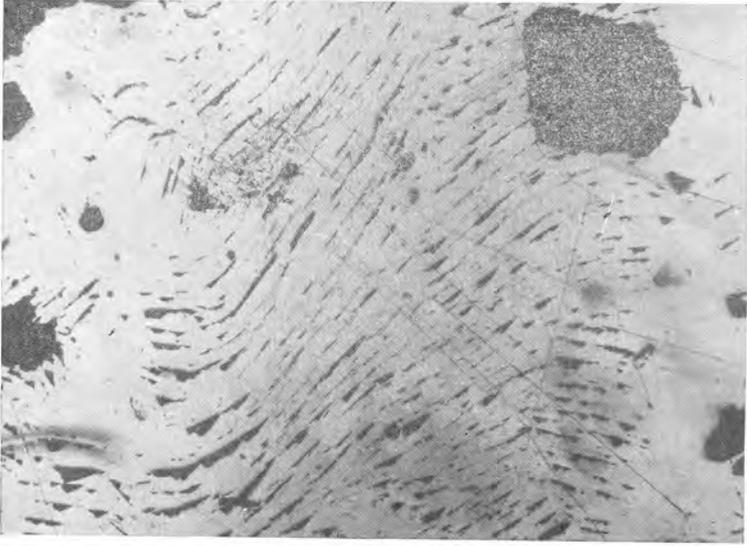


Рис. 121. Структура смятия в галените (белый, с треугольниками). Кварц — черный. Полированный шлиф. Ув. 40

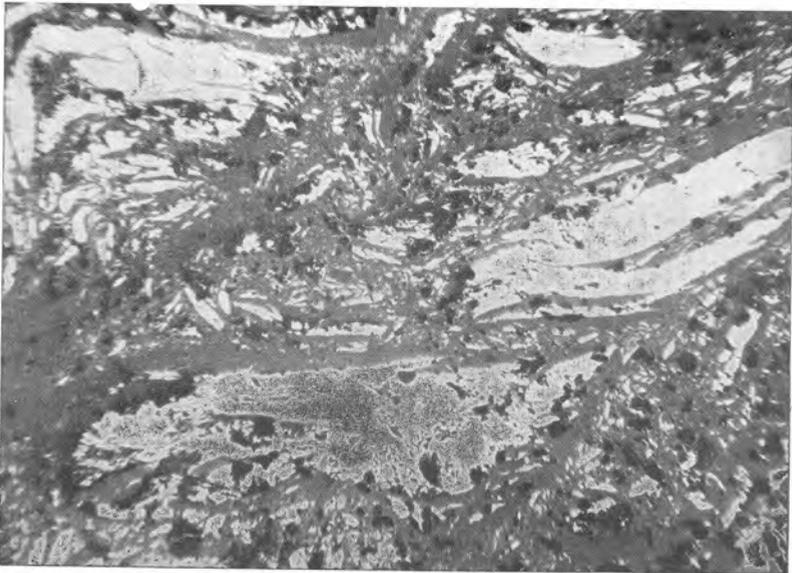


Рис. 122. Структура расщепления и смятия (в левом верхнем углу) в агрегате молибденита (белый); темно-серый — кварц. Месторождение Каджаран. Полированный шлиф. Ув. 90

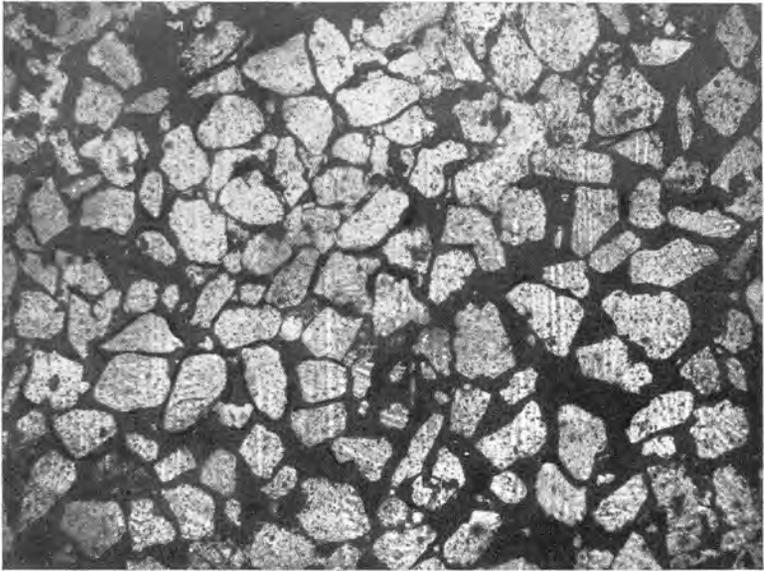


Рис. 123. Обломочная структура в агрегате кварца. Обломки кварца (белый) сцементированы гидроксидами железа (черный). По М. И. Калганову. Липецкое железорудное месторождение. Прозрачный шлиф. Ув. 46

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД

Текстуры	Стр.	№ рисунка
Брекчиевая	19	1, 10, 40, 41
Брекчиевая унаследованная	19	
Брекчиевидная	19	42, 43
Брекчиевидная унаследованная	19	
Валунчатая	19	
Вкрапленная	11	13, 14
Гнейсовидно-полосчатая	12	20
Гнейсовидная унаследованная	12	
Графическая	22	59, 60
Грубослоистая	13	
Дендритовая	15	29
Друзовая выполения пустот	15	30, 31
Друзовая перекристаллизации	15	30, 32
Жеодовая	16	33
Землистая	18, 20	
Зональная унаследованная	21	
Зональная каемочная	22	55
Кавернозная	23	
Каемочная	22	54
Каркасные	23	
Катакластические и кластические	18	
Кокардовая	19	
Колломорфная	18	8, 37, 38
Колломорфная метаколлоидная	18	38
Колломорфная унаследованная	18	
Колломорфно-полосчатая	13	23
Колломорфно-полосчатая метаколлоидная	13	
Конгломератовая	19	44, 45
Конкреционная	17	
Конкреционная метаколлоидная	17	
Концентрически-скорлуповатая	18	
Корковая	14	28
Косослоистая	13	
Коррозионные	20	
Крустификационная	12	21, 22
Линзовидная	13	20
Линзовидная унаследованная	14	
Массивная	10	11, 12
Метаколлоидные	16	
Миаролитовая	15	
Микрослоистая	13	
Натечные	16	
Натечно-скорлуповатая	18	33
Натечно-скорлуповатая метаколлоидная	18	
Натечно-скорлуповатая унаследованная	18	
Неоднородные	11	
Нитеобразная	22	56
Нодулярная	11	16
Обломочная	19	
Однородные	10	
Оолитовая	16	35
Оолитовая метаколлоидная	17	
Оолитовая унаследованная	17	
Органогенная	20	
Органогенная унаследованная	20	48—51
Очковая	11	
Охристая	18	
Пересечения	14	
Петельчатая	22	57
Петельчатая или сетчатая микротекстура	22	57

Текстуры	Стр.	№ рисунка
Пещеристая	23	
Плойчатая	14	24
Плойчатая унаследованная	14	
Полосчатая	12	17—18
Полосчатая унаследованная	12	19
Пористая	23	
Порошковатая	18, 20	
Порошковатая коллоидная	18	
Порошковатая катакластическая	20	
Почковидная	17	36—37
Почковидная метаколлоидная	17	
Почковидная унаследованная	17	
Прожилковая	14	2, 25—26, 40—42
Прожилкообразная	14	27
Просечковая	14	
Псевдоолитовая	19	
Псевдослоистая	13	
Пятнистая	11	4—7, 9, 15
Равномерно вкрапленная	11	
Разъедания	23	62
Реакционно-каемочная	22	54
Реликтовая	22	3, 53, 57
Решетчатая микротекстура	22	58
Сажистая	18	
Секретионная	16	34
Сетчатая	22	57
Скелетная микротекстура	21	52
Сердцевидная микротекстура	21	
Сланцеватая	14	
Слоистая	13	
Слоистая унаследованная	13	
Сталагмитовая	18	
Сталактитовая	18	39
Субграфическая	22	61
Тонкослоистая	13	
Удлиненные	12	
Цементная	20	46
Цементная унаследованная	20	47
Цепочная	14	
Эмульсиевидная микротекстура	22	
Ячеистая	23	63
Ящичная	23	64

Структуры	Стр.	№ рисунка
Алевролитовая	37	
Аллотриоморфнозернистая	30	84
Аллотриоморфнометазернистая	32	97
Аллотриоморфнобластическая	35	103
Афанитовая	34	
Блоковая	39	
Волокнистая	36	109, 111
Гелевая	34	
Гипидиоморфнозернистая	30	86
Гипидиоморфнометазернистая	32	
Гипидиоморфнобластическая	35	
Гранобластическая	35	105
Гранокластическая	37	
Графическая	36	115
Гребенчатая зернистая	30	85
Гребенчатая метазернистая	32	95
Двойниковое строение	28	74—76

Структуры	Стр.	№ рисунка
Зернистые	29	
Звездчатая распада твердого раствора	36	113
Зональная коррозионная	31	
Зональное строение	28	69—70
Идиоморфнозернистая	30	83
Идиоморфнометазернистая	32	93, 94
Идиоморфнобластическая	35	104
Катакластические и кластические	36	
Коллоидные	32	
Концентрически-зональная	34	71—72, 100, 101
Коррозионные	30	
Кристаллобластические	34	
Ложные фигуры травления	26	65—66
Метазернистые	31	
Метаколлоидные	35	
Обломочная	37	123
Однородное строение	26	67—68
Ориентированнозернистая	30, 37	120
Ориентированнобластическая	35	106
Ориентированнокластическая	37	119
Ориентированноэмульсионная	36	
Панидиоморфнозернистая	30	
Пелитовая	37	
Перлитовая	34	102
Петельчатая распада твердого раствора	36	117
Пламенивидная распада твердого раствора	36	116
Пластинчатая распада твердого раствора	36	114, 116
Пойкилитовая	30	78, 88
Пойкилобластическая	29, 35	
Порфиروбластическая	35	107
Порфировидная	30	
Порфирокластическая	37	118
Порфирометазернистая	32	98
Псаммитовая	37	
Псефитовая	37	
Радиально-лучистая зернистая	30	
Радиально-лучистая метазернистая	32	
Радиально-лучистая метаколлоидная	36	108, 110
Раздробленная	37	
Разъедания	31	92
Распада твердых растворов	36	
Расщепленная	37	122
Реликтовая	31	91
Решетчатая	36	82, 114
Секториальное строение	28	73
Сидеритовая	30	87
Ситообразное строение	29	79, 80
Скелетная зернистая	30	
Скелетная коррозионная	31	89, 90
Скелетная метазернистая	32	96
Скелетная кристаллобластическая	35	
Скрытокристаллическая	34	
Смятия	37	121
Собственно кристаллобластические	34	
Субграфическая	36	
Сферолитовая метаколлоидная	36	
Тонкокластическая	37	
Фигуры смятия	29	77
Шариковая	34	102
Эмульсионная	36	81, 112, 115

ЛИТЕРАТУРА

- Бетехтин А. Г. О текстурах и структурах руд. Пробл. сов. геол., т. 4, № 9, 1934.
- Бетехтин А. Г. Классификация структур и текстур руд. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1—2, 1937.
- Бетехтин А. Г. О структурном травлении полированных шлифов. Тр. Ин-та геол. наук, вып. 41, серия руд. месторожд., 1941.
- Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолиздат, 1950.
- Бетехтин А. Г., Генкин А. Д., Филимопова А. А., Шадрин Т. Н. Текстуры и структуры руд. Госгеолтехиздат, 1958.
- Вахромеев С. А. Руководство по минераграфии. Иркутск, 1956.
- Глазковский В. А., Доливо-Добровольский В. В. Оценка текстурных и структурных особенностей руд при изучении их обогатимости. Металлургия, 1946.
- Глазковский В. А. Геолого-минералогические основы технологической оценки руд месторождений железа. Госгеолтехиздат, 1954.
- Григорьев И. Ф. Структуры минеральных сростаний в рудах. Зап. Рос. минер. об-ва, ч. 57, вып. 1, 1928.
- Григорьев Д. П. К пониманию природы «коллоидных» минералов. В кн. «Вопросы минералогии осадочных образований». Книги 3 и 4. Изд. Львовского ун-та, 1956.
- Григорьев Д. П. Онтогенез минералов. Изд. Львовского ун-та, 1961.
- Грицаенко Г. С., Рудницкая Е. С., Горшков А. И. Электронная микроскопия минералов. Изд. АН СССР, 1961.
- Исаенко М. П., Чернышева Л. В., Юшко С. А. Зарубежные работы по структурам и текстурам руд. Изв. АН СССР, сер. геол., 1956, № 1.
- Исаенко М. П., Юшко С. А. О книге С. И. Талдыкина, Н. Ф. Гончарик, Г. Н. Еникеевой и В. В. Розиной «Атлас структур и текстур руд». Изв. АН СССР, сер. геол., 1956, № 9.
- Исаенко М. П. Явление карбонатизации в медно-молибденовых и молибденовых месторождениях Закавказья. Изв. Высш. учебн. зав., сер. геол. и разведка, 1959, № 9.
- Исаенко М. П., Юшко С. А. Методическое пособие к лабораторным занятиям по курсу минераграфии для студентов геологической и обогатительной специальности. На правах рукописи. Изд. Донецкого политехнич. ин-та, 1960.
- Исаенко М. П. Определитель главнейших текстур и структур руд. Госгеолтехиздат, 1962.
- Исаенко М. П., Кузьминский Н. Н. О книге Ф. Н. Шахова «Текстуры руд». Изв. Высшей школы. Геология и разведка, 1963, № 7.
- Исаенко М. П. О книге П. Рамдора «Рудные минералы и их сростания». Сов. геол., 1963, № 11.
- Калганов М. И. Атлас текстур и структур железистых кварцитов и богатых железных руд Курской магнитной аномалии, Кривого Рога и некоторых других месторождений СССР. Изд-во АН СССР, 1955.
- Калганов М. И. Железорудный бассейн Курской магнитной аномалии. Изд-во АН СССР, 1955.
- Капитонов М. Д. Генетическая систематика минеральных агрегатов и минералогических тел. «Жизнь Земли». Сб. Музея земледования МГУ, 1961, № 1.
- Капитонов М. Д. Опыт единой генетической классификации текстур и структур полезных ископаемых. «Жизнь Земли». Сб. Музея земледования МГУ, 1961, № 1.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
- Мокриевский В. А., Семенюк С. Н. Скелетный рост кристаллов в вязкой среде. Зап. Всесоюзн. мин. об-ва, 1952, вып. 2.

- Никитин В. Д. Особенности процессов образования минералов при метасоматических явлениях. Тр. Федоровской научной сессии 1953 г. Сб. «Кристаллография», вып. 4, ЛГУ, 1955.
- Рамдор Пауль. Рудные минералы и их сростания. Перевод с немецкого А. Д. Генкина и Т. Н. Шадлун. Изд. иностран. лит. М., 1962.
- Смирнов В. И. Лимониты зон окисления полиметаллических месторождений. Тр. МГРИ, т. 23, 1955.
- Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1948.
- Талдыкин С. И., Гончарик Н. Ф., Епикеева Г. Н., Розина Б. Б. Атлас структур и текстур руд. Госгеолтехиздат, 1954.
- Шахов Ф. Н. Текстуры руд. Изд. АН СССР, 1961.
- Юшко С. А. Методы изучения руд под микроскопом в отраженном свете. Госгеолтехиздат, 1949.
- Юшко С. А. Качественная минералогическая характеристика главнейших типов руд свинцово-цинковых месторождений хребта Кара-Тау. Изв. Высш. учебн. завед., Геология и разведка, 1959, № 5.
- Bastin E. S. Interpretation of ore textures. Geol. Soc. Amer. Mem., 45, 1950.
- Cameron E. N. Ore microscopy, John Wiley and Sons, 1961.
- Edwards A. B. Textures of the ore minerals and their significance. Austral. Inst. min. and metallurgy. Melbourne, 1947.
- Oelsner O. Atlas der wichtigsten mineralparagenesen im mikroskopischen bild. Bergakademie freiberg. Freiberg. Fernstudium, 1961.
- Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin, 1955.
- Schwartz G. M. Classification and definitions of textures and mineral structures in ores. Econ. Geol., 46, No. 6, 1951.
-

СО Д Е Р Ж А Н И Е.

	Стр.
Введение	3
Понятие о текстуре, структуре, минеральном агрегате и минеральном зерне	5
I. Описание таблицы для определения текстур и структур руд (прилож. 1)	9
Морфогенетические группы и морфологические виды текстур	9
Морфогенетические группы и морфологические виды структур	23
Генетические группы текстур и структур	38
Генетические группы первичных текстур и структур	38
Генетические группы вторичных текстур и структур	43
Заключение	46
Примеры определения текстур и структур руд	47
II. Значение текстур и структур руд при изучении месторождений полезных ископаемых	60
III. Значение текстур и структур при обогащении, опробовании и поисках полезных ископаемых	72
Приложения:	
1. Таблица для определения главнейших текстур и структур руд (вкл.)	81
2. Атлас текстур и структур руд	81
3. Алфавитный указатель текстур и структур	151
Литература	154

И С А Е Н К О Мария Прокофьевна

Определитель текстур и структур руд

Ведущий редактор издательства *Федорова Л. Н.*
 Научный редактор *М. И. Калганов*

Технический редактор *Волхонская В. М.*
 Корректор *Г. Г. Дебабова*

Подписано к набору 14/III 1964 г.

Подписано к печати 4/VIII 1964 г.

Формат 70 × 108 1/16. Печ. л. 10,75 с вкл.

Усл. л. 15,0.

Уч.- изд. л. 11,87.

T-10064.

Тираж 7450 экз.

Зак. № 1516/418-2.

Цена 52 коп.

Объявлено в темплане б. Госгеолтехиздата 1964 г. № 8

Издательство «Недра». Москва, Центр, ул. Кирова, 24.
 Ленинградская типография № 14 «Красный Печатник» Главполиграфпрома
 Государственного комитета Совета Министров СССР по печати. Московский проспект, 91.