

ТАТЬЯНА НИКОЛАЕВНА ШАДЛУН*

ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКСТУР И СТРУКТУР РУД ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(Таб. 6)

Резюме: В статье автор разбирает вопросы теоретического значения анализа структур и текстур руд, в совокупности с данными о вещественном составе, без которого не могут решаться вопросы генезиса, условия образования и преобразования руд, не могут рассматриваться вопросы, касающиеся парагенезиса минералов, выделения парагенетических минеральных ассоциаций и стадийности минералообразования. Практическое значение заключается в том, что особенности текстур руд нередко определяют выбор методов опробования, а особенности структур т. е. характер сростаний минералов необходимо знать для разработки технологии обогащения. В статье автор разбирает ряд примеров, иллюстрирующих различные аспекты изучения структуро-текстурных особенностей руд.

Abstract: In the paper the author deals with problems of theoretical importance of the analysis of ore structures and textures together with data on material composition without which the problems of genesis, the conditions of formation and alteration of ores cannot be solved, the questions concerning paragenesis of minerals, determination of paragenetic mineral associations and evolution stages of mineral formation cannot be studied. The practical importance lies in the fact that the peculiarities of ore textures are frequently determined by the selection of sampling methods and structural peculiarities, i. e. it is necessary to know the character of mineral intergrowths for technology of enrichment. The author gives a number of examples illustrating the various aspects of the study of structural-textural peculiarities of ores.

Изучение структур и текстур руд неотъемлемая часть комплексного подхода к исследованию месторождений.

На важное теоретическое и практическое значение структурно-текстурных особенностей руд еще в 50-х годах указывал Бетехтин. В результате его исследований было положено начало серии публикаций и изданы 2 монографии, посвященные описанию и интерпретации структур и текстур руд эндогенных рудных месторождений.

Теоретическое значение заключается в том, что без анализа структур и текстур руд, в совокупности с данными о вещественном составе, не могут решаться вопросы генезиса, условия образования и преобразования руд, не могут рассматриваться вопросы, касающиеся парагенезиса минералов, выделения парагенетических минеральных ассоциаций и стадийности минералообразования.

Практическое значение заключается в том, что особенности текстур руд нередко определяют выбор методов опробования, а особенности структур т. е. характер сростаний минералов необходимо знать для разработки технологии обогащения.

Немаловажное значение при опробовании имеют такие текстуры и структуры как брекчиевые, брекчиевидные, катакластические с резко различными физи-

* Проф. Т. Н. Шадлун, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР, Старомонетный пер. 35, 109017 Москва, Ж — 17.

ческими свойствами минеральных агрегатов цемента и обломков. Для обогащения неблагоприятны тонкозернистые структуры, колломорфные текстуры с тонкодисперсными смесями сульфидов. Довольно подробно значение текстурных и структурных особенностей руд для опробования и обогащения рассмотрено И с а е н к о в „Определителе текстур и структур руд“ (1975).

Количественные и пространственные соотношения структурно-текстурных типов руд в месторождении, тесно связанные с пространственным распределением минеральных парагенезисов, определяют нередко и систему разработки, в частности необходимость селективной добычи руд на некоторых месторождениях (например в Норильском м-нии). Учет текстурных особенностей позволяет правильно оценивать качество руд их экономическую значимость — например если руды массивной или прожилково-вкрапленной текстур. Целый ряд структурно-текстурных признаков позволяет предсказывать изменение состава руд с глубиной и ориентировать поисково-разведочные работы. Например, такой микротекстурный признак как развитие сети тонких прожилков ковеллина или халькозина в сфалеритовых агрегатах, говорит о том, что с глубиной будет увеличиваться количество халькопирита.

Обнаружение в верхних горизонтах некоторых медно-никелевых месторождений серии прожилковых магнетитовых руд с халькопиритом, борнитом, виоларитом, говорит о наличии на глубине пирротиновых жил с пентландитом, об этом писал еще Б е т е х т и н (1958).

Несмотря на то, что об этом писалось еще 30 лет назад, до сих пор нередко геологи изучающие и разведующие месторождения не придают должного значения изучению строения¹ руд, считая что главное это вещественный состав, количественные соотношения полезных компонентов в рудах.

Остановлюсь на некоторых примерах, иллюстрирующих различные аспекты изучения структурно-текстурных особенностей или структурно-текстурного анализа руд.

Прежде всего следует осветить роль этого анализа для выяснения условий образования руд и установления возрастных соотношений минеральных агрегатов, для выделения парагенетических минеральных ассоциаций — это область вопросов генезиса руд, а следовательно и генезиса месторождений.

В качестве примера можно использовать сопоставление особенностей строения руд трех типов стратиформных свинцово-цинковых месторождений. Хочу предварительно подчеркнуть, что ни в коем случае нельзя думать, что лишь по одним структурно-текстурным особенностям руд можно определить генезис месторождения. Всегда следует рассматривать всю совокупность геологических и минералогических признаков, но не забывать важной роли среди них именно текстур и структур.

Сложность расшифровки процесса рудообразования по взаимоотношениям минералов и минеральных агрегатов во многом определяется конвергентностью структур и текстур руд. Внешний облик руд, и особенно их текстуры будучи связаны как с осадконакоплением и диагенезом, так и с гидротермально-метасоматическими процессами, часто могут показаться на первый взгляд неразличимыми. Для уверенной идентификации нужны очень детальные исследования как текстур, так и структур руд и сопоставление их с рудами из других фор-

¹ Под строением руд следует понимать совокупность макро и микротекстур и структур руд.

маций, для которых по геологическим и геохимическим признакам устанавливаются достаточно объективно условия их формирования. Только имея уже определенные „эталоны“ можно с достаточной долей уверенности считать те или иные текстурные типы, характерными для месторождений определенного генезиса. В качестве таких эталонов нами были выбраны текстурно-структурные особенности руд представителей месторождений трех типов: 1. для которых наиболее вероятен гидротермально-осадочный генезис, сингенетичное формирование с вмещающими песчано-глинисто-известковыми осадками юрского возраста — месторождение Санта-Люсия на Кубе; 2. в которых значительная часть руд была отложена из коллоидных гидротермальных растворов в зонах брекчирования карбонатных пород среднепалеозойского возраста — месторождение Учкулач в Узбекистане; 3. в которых руды претерпели вместе с вмещающими их породами верхнепротерозойского возраста интенсивный региональный метаморфизм — месторождение Холоднинское в Северном Прибайкалье.

В итоге детального изучения полированных шлифов и шлифов удалось прийти к следующим выводам.

Облик текстур и микротекстур руд различных типов стратиформных богатых дисульфидами железа свинцово-цинковых месторождений неодинаков и несомненно отражает специфику условий формирования каждого из рассмотренных представителей трех типов месторождений.

Наиболее существенными отличиями строения руд гидротермально-осадочных месторождений, залегающих в известково-песчано-глинистых осадочных толщах, является преобладание ритмично-слоистых текстур, исключительно тонкое переслаивание сульфидных и песчано-глинистых прослоев или тонких слоев гидрослюдистых минералов или карбонатов, в частности сидерита, или углеродистого вещества. Весьма характерны очень тонкозернистые и глобулярные структуры дисульфидов железа, теснейшее прораствание их с тонкодисперсными сфалеритом и галенитом. Типичны признаки диагенетических преобразований в форме конкреций, укрупненных пятен и линзочек сульфидов, синседиментационные деформации (таб. 1, рис. 1—4).

Строение руд отложенных гидротермальными растворами в зонах тектонических деформаций, внутрислоевых нарушений в терригенно-карбонатных толщах путем выполнения полостей и частично метасоматически, характеризуется развитием брекчиевидных, крустификационных, прожилково-вкрапленных текстур. Очень типичны колломорфные микротекстуры с разнообразно проявленными концентрически-зональными почковидными скоплениями сульфидов, крустификационными корками, обрастающими обломки породы. Агрегаты сульфидов обладают признаками выпадения в виде гелей, скрыто или тонкокристаллическими структурами. В почках и корках широко проявлено концентрически-зональное чередование разных сульфидов и явления замещения дисульфидов железа по зонам и трещинам дегидратации сульфидами меди, цинка и свинца — халькопиритом, сфалеритом, борнитом, галенитом (таб. 2, рис. 1—4).

Типичной особенностью строения сильно метаморфизованных руд стратиформных месторождений в осадочных или вулканогенно-осадочных породах, превращенных в метаморфические сланцы или (графитисто-кварцево-слюдистые амфиболиты и кварциты), являются их полосчатые текстуры. Характерно чередование полос обогащенных преимущественно одним из сульфидов — (сфалеритом, галенитом) или прослоев пород с различной густотой вкраплен-

ности сульфидов, вплоть до сплошных сульфидных руд. Весьма характерная черта метаморфизованных руд — их относительная крупнозернистость, гранобластические структуры, отсутствие тонкодисперсных смесей или колломорфных скоплений сульфидов. Реликтовые структуры в виде гелей играют весьма незначительную роль, но в тоже время свидетельствуют о первичных условиях рудоотложения (таб. 3, рис. 1—3; таб. 4, рис. 1—4; таб. 5, рис. 1—3).

Макро и микрофото, иллюстрирующие указанные текстурные особенности показаны также на таблицах в книге „Методы исследования рудообразования сульфидов и их парагенезисов“ (1980). Благодаря детальному изучению текстур и структур руд ряда свинцово-цинковых месторождений Казахстана, заключенных в сланцевых осадочных толщах, были установлены признаки формирования этих месторождений в два этапа: осадочно-диагенетический и гидротермально-метасоматический (Текели, Жайрем; Митряева и др. 1976; Митряева, 1979; таб. 6, рис. 1—3).

Вполне естественно, что доказывая связь рудоотложения и осадконакопления в крупных морских бассейнах, исследователи дают ценный материал для направления поисковых и разведочных работ, для оценки перспективности отдельных рудных районов и рудных полей.

Другим примером показывающим важность изучения детального строения руд, може служить установление возрастных отношений минералов и минеральных агрегатов, позволившее выделить парагенетические ассоциации минералов и стадии минерализации в свинцово-цинковых месторождениях метасоматического генезиса в карбонатных породах в Восточном Забайкалье. Совместно с Добровольской нами были изучены руды в полированных штуфах и шлифах, отобранных нами в горных выработках после детального ознакомления с поведением разных типов руд в отдельных рудных телах.

В этом случае удалось доказать именно по текстурным и структурным взаимоотношениям, что главная масса галенита образует единый парагенезис с сульфантимонитами свинца, а не с сфалеритом, который совместно с пиритом образует другой более ранний парагенезис. Наблюдения структур и микротекстур позволили обнаружить цикличность в формировании парагенезиса пирит-арсенопирит с кварцем карбонатом в виде прожилков предваряющих отложение минеральных агрегатов каждой новой стадии минерализации.

Макро и микрофотографии, иллюстрирующие указанные заключения показаны на таблицах в книге „Минералы, ассоц. и условия формирования свинцово-цинковых руд“ (1974).

Очень большую роль для установления генезиса колчеданных руд, залегающих в вулканогенно-осадочных толщах, в свое время сыграло установление текстур и структур обусловленных метаморфизмом. Именно благодаря детальному изучению текстур и структур Рамдорм был доказан дометаморфический возраст Раммельсбергского месторождения, а в Советском Союзе дометаморфическое образование уральских и алтайских колчеданных (медно-цинковых и полиметаллических) месторождений.

Из работ Цамбела (1976, 1977 и др.) видно, что текстурно-структурные особенности пирит-пирротинных руд Малых Карпат и Низких Татр помогли установить явления перекристаллизации, позволили также, в совокупности с данными по изучению химизма различных генераций пирита, установить дометаморфическое происхождение пиритовых руд, связь их первичного образования с вулканогенно-осадочными процессами. Текстуры руд наряду с анализом

геологической обстановки сыграли важную роль и дали возможность И л а в с к о м у обосновать гипотезу эвсталяционно-осадочного генезиса руд Смольника. Благодаря анализу текстурных особенностей руд М. К о д е р а выделил стадии минерализации в жилах полиметаллических месторождений Банской Штьявницы и установил причины различий состава жилы Терезия в разных ее частях. Анализ текстур руд в весьма сложном по своему строению золото-кварцево-сульфидном месторождении Кочбулак позволил Г е н к и н у и К о в а л е н к е р у разобраться не только в последовательности формирования различных минеральных парагенезисов, но и в изменении физико-химических условий среды в процессе рудоотложения.

Интересный пример можно привести из опыта изучения текстур свинцово-цинковых руд месторождений Санта-Люсия и Кастьяно на Кубе. Руды этих двух месторождений, расположенных на небольшом расстоянии в пределах одной и той же осадочной толщи карбонатно-песчано-глинистых сланцев резко отличаются друг от друга по текстурам. В Санта-Люсии в основном тонкослоистые пирит-марказит-сфалеритовые руды с резко подчиненным галенитом, с исключительно тонким глобулярным строением и тончайшими срастаниями пирита с сфалеритом (с размером зерен первые единицы мкм и даже доли микрона). В Кастьяно руды массивные и брекчиевидные, относительно крупнозернистые, часто пятнистой текстуры с обособленными крупными выделениями сфалерита, пирита, идиоморфными порфиroidными зернами галенита, барита (с размером зерен в десятки доли мм). Лишь в отдельных участках лежащего бока рудного тела были встречены скопления глобулярного пирита и обломки тонкослоистой руды аналогичной руде Санта-Люсии; заключенные в пятнистой галенит-пирит-барит-сфалеритовой руде. Характерно повышенное содержание галенита, обилие барита и кальцита, в то время как в Санта-Люсии преобладает сидерит, брейнерит и глинистые минералы.

Сопоставление структур и текстур руд в сочетании с некоторыми различиями в количественных соотношениях главных рудообразующих минералов двух указанных месторождений позволило высказать предположение о том, что в Кастьяно произошло существенное преобразование руд. Генетическая интерпретация текстур приводит к выводу что происходило переотложение и перекристаллизация пирита, сфалерита, карбоната под влиянием гидротермальных растворов, привнесших свинец и барий, что обусловило образование кальцита и доломита вместо сидерита и брейнерита, отложение барита и существенное увеличение количества галенита (отношение $Zn : Pb$ вместо 4 : 1 в Санта-Люсии стало почти 1 : 1 в Кастьяно).

Вполне вероятным кажется предположение, что в Кастьяно первичные гидротермально-осадочные тонкослоистые руды типа Санта-Люсии подверглись брекчированию и преобразованию под влиянием тектонических и гидротермальных воздействий, которые не затронули руды Санта-Люсии.

Различие текстур руд этих двух месторождений имеет и важное практическое или экономическое следствие. Руды Санта-Люсии очень плохо обогащаются при получении концентратов, происходят большие потери свинца и цинка. Технология обогащения чрезвычайно сложна. В тоже время руды Кастьяно обогащаются значительно лучше без больших потерь. Совершенно ясно из этого примера, что оценка качества руд не может быть произведена без учета текстурно-структурных их особенностей.

Одним из характерных структурных признаков месторождений сингенетич-

ных с формированием осадочных толщ как уже отмечалось выше можно считать их тонкозернистость и наличие тесны хтонских сростаний сульфидов между собой и с нерудными, в основном карбонатными и глинистыми минералами. Лишь в том случае когда такие руды претерпели воздействие более поздних гидротермальных растворов (позднего этапа) или воздействие регионального метаморфизма, агрегаты сульфидов становятся более крупнозернистыми вследствие перекристаллизации или же обособляются в отдельные полоски и соответственно сростания минералов становятся более благоприятными для разделения при обогащении.

Примером преобразования руд под воздействием более поздних гидротерм являются месторождения Атасуйского района в Казахстане, упомянутые выше Кастельяно на Кубе, а примером преобразования под воздействием регионального метаморфизма могут служить месторождения Холоднинское в Северном Прибайкалье, Брокен Хилл в Австралии, отчасти также Раммельсберг в ФРГ. В последнем случае низкая степень метаморфизма с преобладанием пластических деформаций и дифференциации вещества выразилась в образовании вещества выразилась в образовании полосчатых текстур, но не привела к существенному укрупнению зернистости сульфидных агрегатов.

Попутно следует отметить, что на недавно (в 1980 г.) состоявшейся в Риме Международной конференции по методам использования комплексных сульфидных руд с целью максимального извлечения металлов, в ряде докладов отмечалась важная роль изучения сростаний рудных минералов. В частности, в одном из докладов (Cases, 1980) говорилось о различиях обогатимости руд стратиформных сульфидных месторождений, залегающих в вулканогенных и в осадочных толщах. Последние отличаясь исключительно тонкими сростаниями рудных минералов наиболее сложны для обогащения. В качестве примера приведены такие месторождения как Мегген, Дактаун в Тенесси.

В зарубежной литературе почему-то сравнительно мало работ в которых рассматриваются более детально структурно-текстурные особенности руд.

В заключение несомненно следует приветствовать проведение семинара на тему: „Генетическая интерпретация структур и текстур руд“, это дает определенные новые материалы для обсуждения проблем генезиса различных типов месторождений. Судя по тому, что в течение последнего десятилетия в Советском Союзе было издано несколько монографий, посвященных текстурам и структурам свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических руд как для отдельных месторождений (Дистанов — Ковалев, 1975), так и для крупных рудных провинций в частности Казахстана („Атлас текстур и структур руд...“, 1976) исследования в этой области имеют большое значение и вызывают интерес у обширного круга специалистов, занимающихся изучением месторождений полезных ископаемых.

Таблиця 1

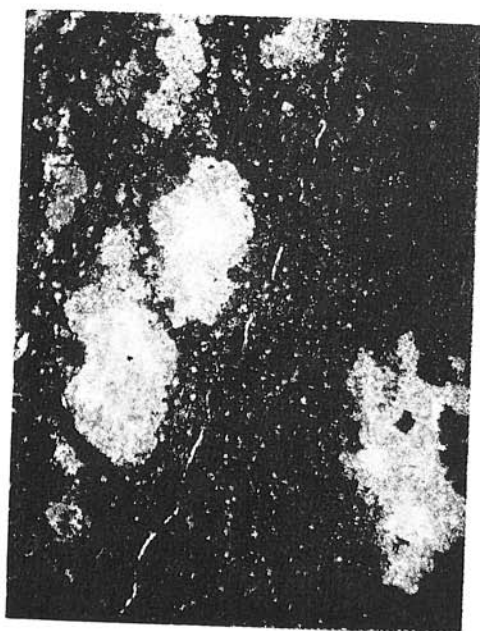


Таблица 2

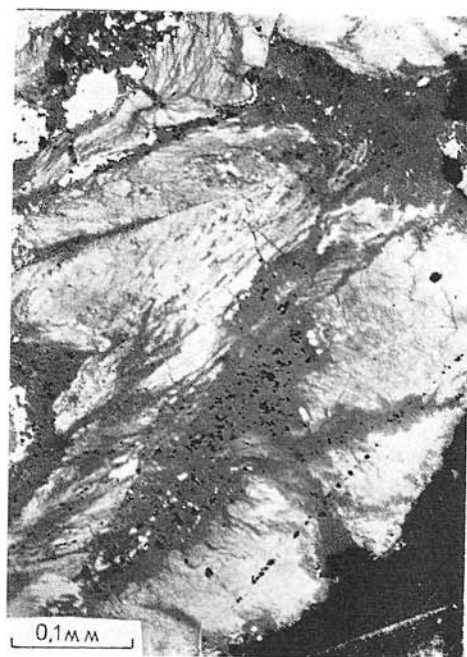
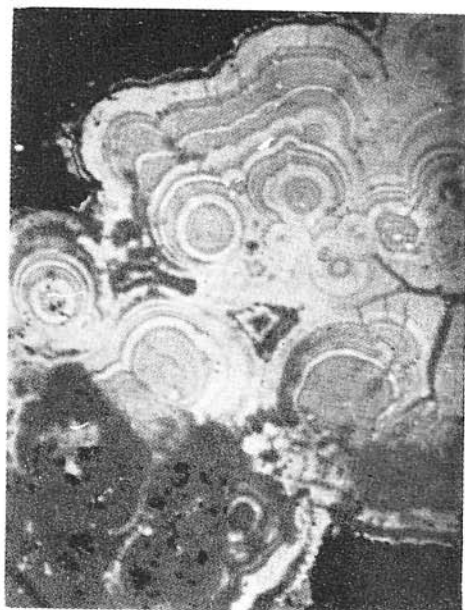
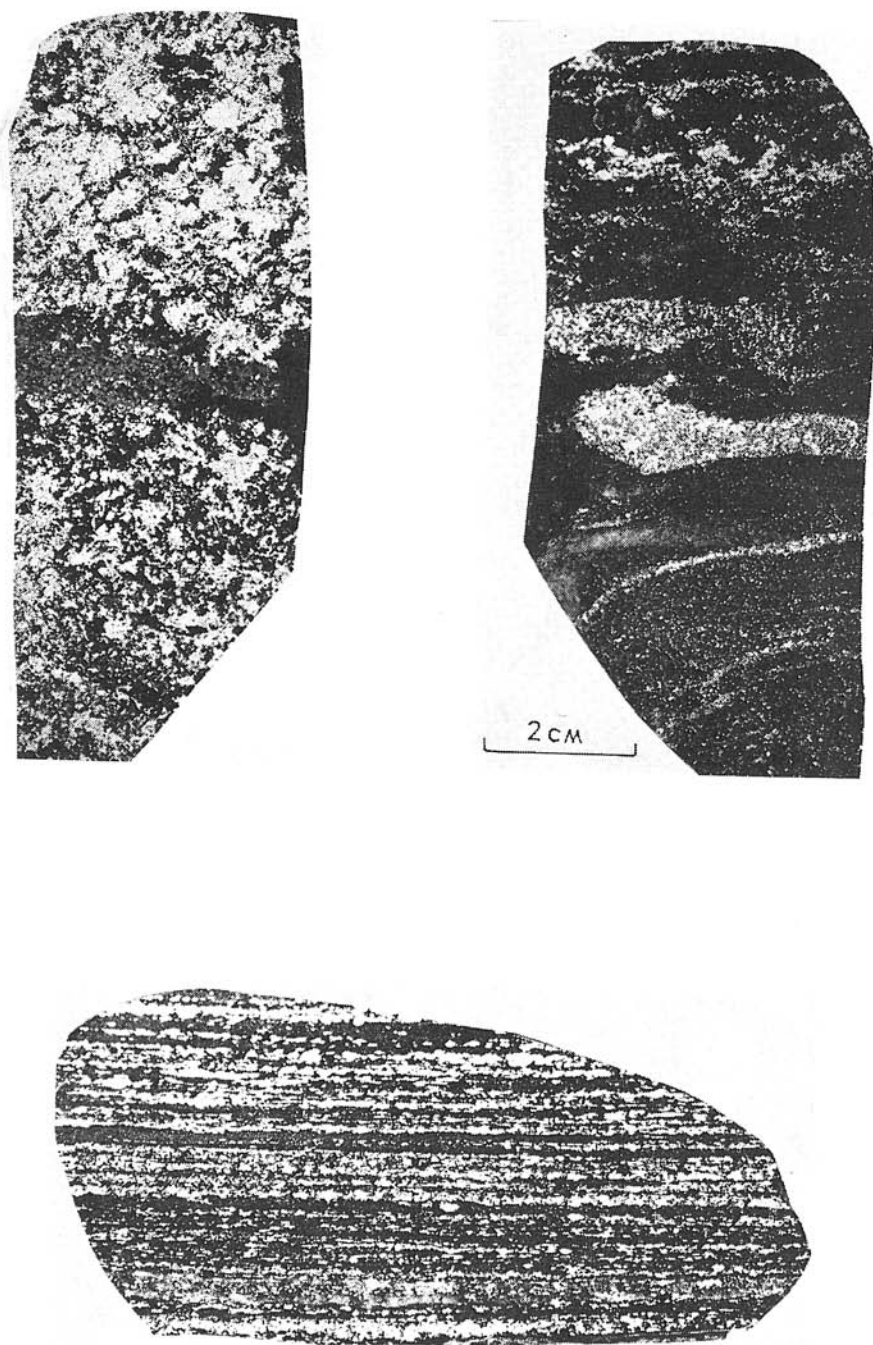


Таблица 3



Таблиця 4

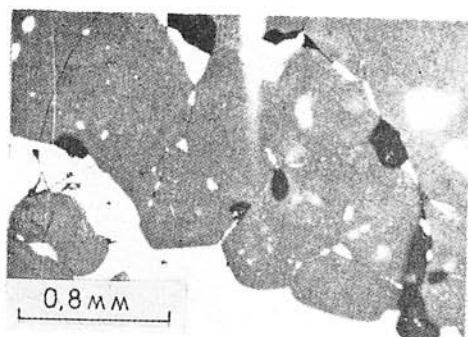
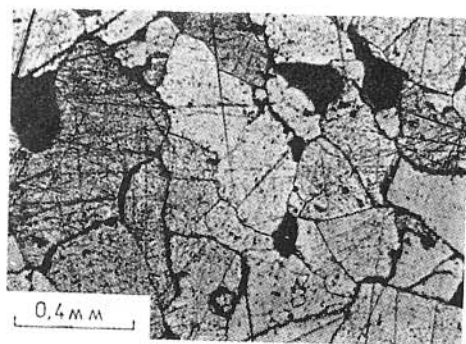
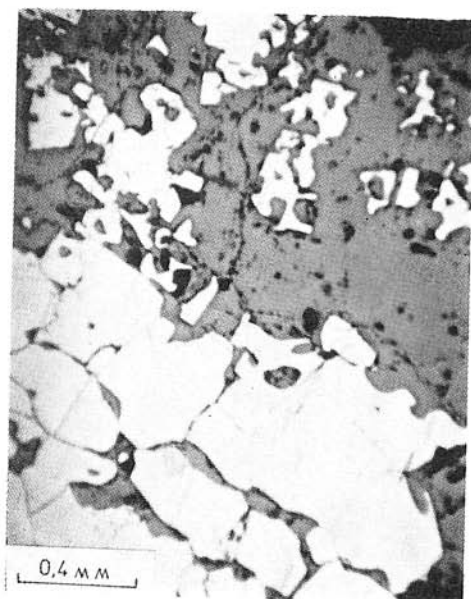
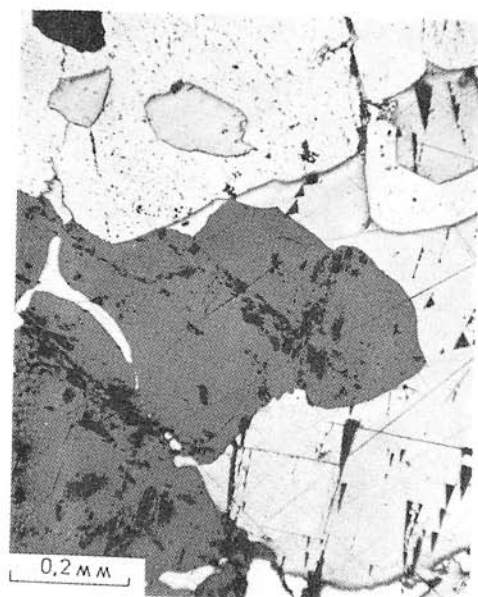


Таблица 5

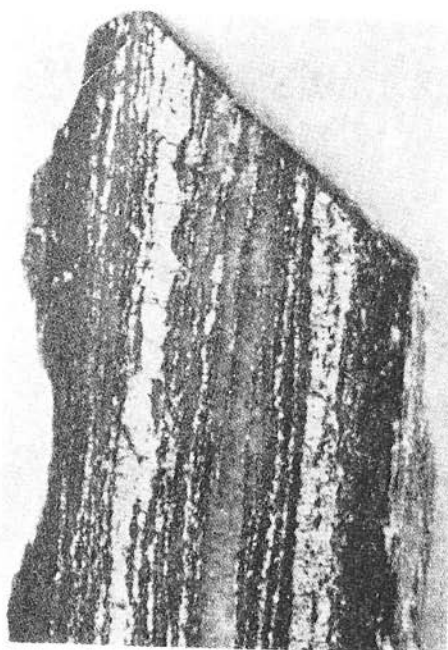
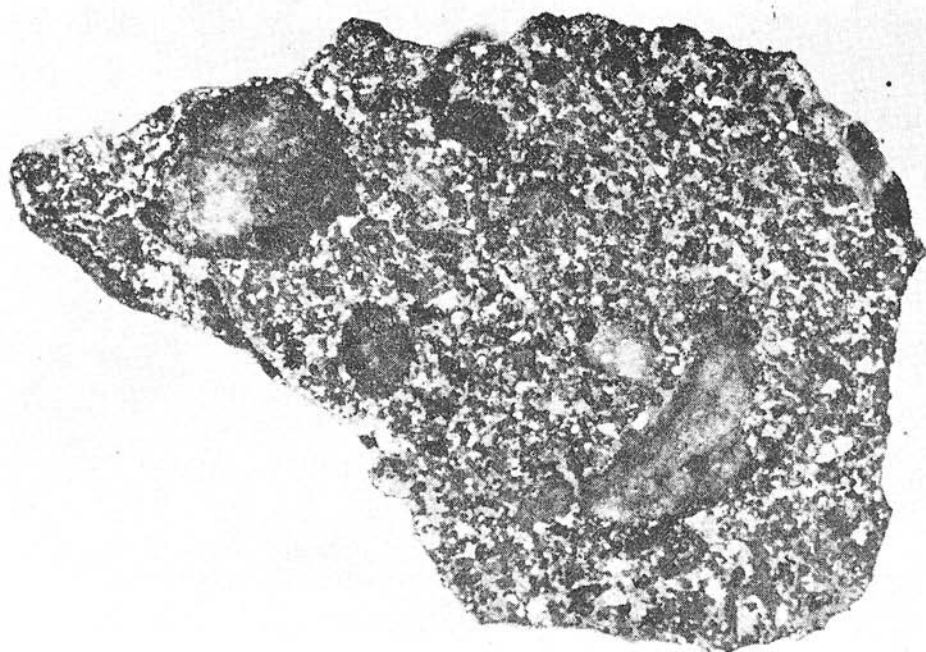


Таблица 6

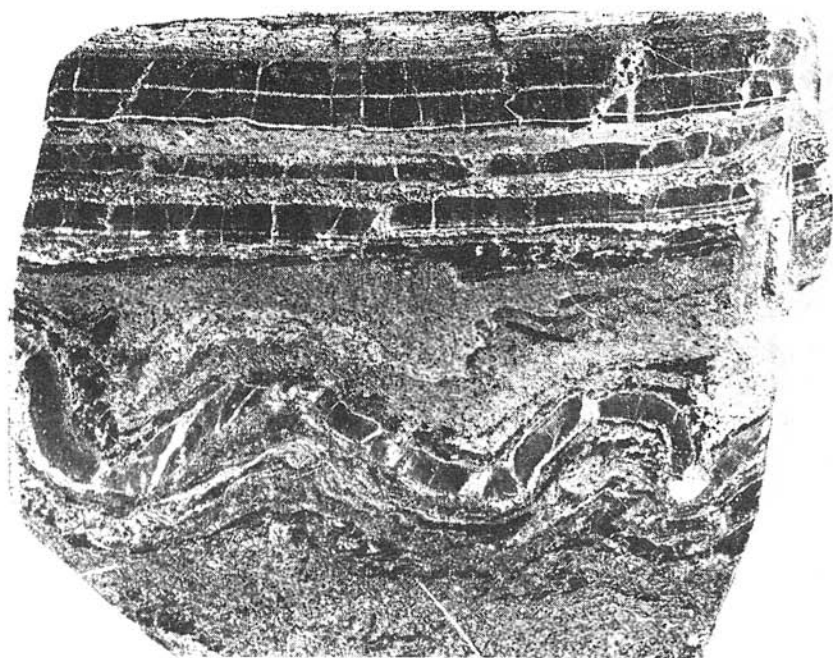
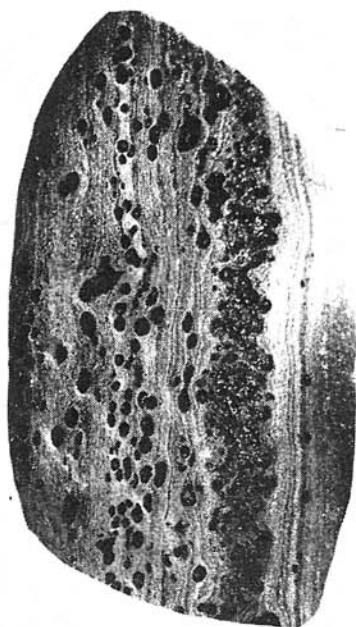
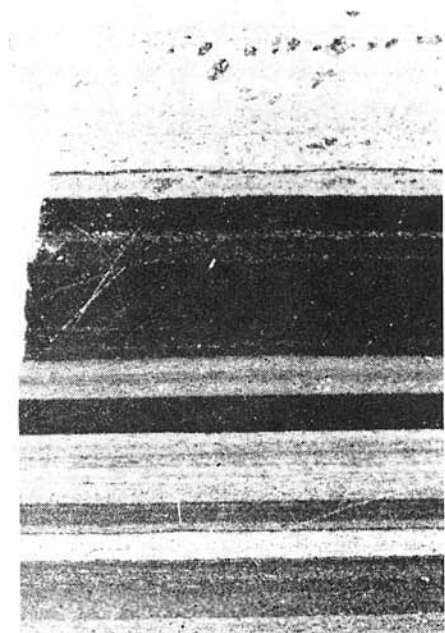


Таблица 1

Слоистая микротекстура сфалерит-пиритовой руды с признаками диагенеза. Санта-Люсия, Куба.

Рис. 1. Чередование слоев глобулярного пирита и слоев сфалерита (серое) с крупными пластинчатыми сростками марказита (белое), образованными при диагенезе.

Рис. 2. Тонкая полоска с диагенетическими скоплениями галенита (белое) среди прослоя глобулярного пирита с сфалеритом (серое). Темное — карбонаты.

Рис. 3. Относительно крупные диагенетические обособления сфалерита (серое) среди тонкоглобулярной сфалерит-пиритовой массы.

Рис. 4. Участок аналогичный рис. 3. снятый в проходящем свете. Светлое — сфалерит, черное — дисульфиды железа.

Таблица 2

Колломорфные микротекстуры халькопирит-сфалерит-пиритовой руды. Учкулач, Узбекистан.

Рис. 1. Обломки карбонатной породы (черное) обрастаются корками колломорфных сульфидов (белое).

Рис. 2. Концентрически-зональные почковидные скопления тонкодисперсного дисульфида железа (белое) замещаются халькопиритом (светлосерое) и сфалеритом (темное).

Рис. 3. В колломорфный тонкодисперсный дисульфид железа (белое) по тонкой зонке проникает сфалерит (серое). Черное — барит.

Рис. 4. Колломорфный дисульфид железа по сотке трещин дегидратации замещается сфалеритом (темное).

Таблица 3

Полосчатая и реликтовая слоистая текстуры метаморфизованной колчеданно-полиметаллической руды. Месторождение Холоднинское, Северное Прибайкалье. Полированные шлифы, натуральная величина.

Рис. 1. Полоска сфалерита (темное, в центре) среди кварц-пиритовой массы (светлое).

Рис. 2. Полосчатая вкрапленная сфалерит-пиритовая руда в метаморфическом сланце (темное).

Рис. 3. Реликтовая слоистая текстура пиритовой руды.

Трилобастические структуры метаморфизованной колчеданно-полиметаллической руды. Месторождение Холоднинское, Северное Прибайкалье.

Рис. 1. Перекристаллизованный сфалерит (темное) и пирит (светлые зерна) среди галенита (белое) с треугольными явками. Между зернами сфалерита пленки галенита в тройной точке (triple-point).

Рис. 2. Перекристаллизованный сфалерит-пиритовый агрегат. Мелкие пиритовые зерна имеют скелетную форму. Сфалерит проникает по границе более крупных зерен.

Рис. 3. Гранобластовый агрегат пирита. Протравлено $\text{HNO}_3 + \text{CaF}_2$.

Рис. 4. Перекристаллизованный гранат (темное) с галенитом (белое). Месторождение Брокен Хилл. По Lawrence, 1967.

Таблица 5

Текстуры метаморфизованной сфалерит-галенитовой руды. Месторождение Скарнесдален, Норвегия. По Juve, 1967.

- Рис. 1. Шариковая текстура-ball-texture. Округлые обломки кварца в мелкозернистой кварц-гранат-сфалерит-галенитовой массе.
- Рис. 2. Деформированные сфалерит-галенитовые прослои (светло образуют складку в силикатной массе).
- Рис. 3. Реликтовая слоистая и полосчатая текстура. Чередование сфалерит-галенитовых (светлое) и силикатных (темное) прослоев.

Т а б л и ц а 6

Слоистые текстуры гидротермально-осадочной галенит-пирит-сфалеритовой руды. Месторождение Жайрем, Казахстан. По Н. М и т р я е в ой, 1979.

- Рис. 1. Сфалерит-пиритовый ритм (светлое) с глинисто-карбонатными прослоями (темное).
- Рис. 2. Мелкие овальные кварц-кальцит-пирит-сфалеритовые конкреции (темное) в сфалерит-пиритовой ритмике.
- Рис. 3. Оползневая складка в галенит-пирит-сфалеритовой руде. Кремнистые прослойки (черное) разорваны, трещинки заполнены кальцитом (белое).

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Атлас текстур и структур руд цветных металлов Казахстана. Наука, Алма-Ата, 1976.
- БЕТЕХТИН, А. Г. — ГЕНКИН, А. Д. — ФИЛИМОНОВА, А. А. — ШАДЛУН, Т. Н., 1964: Текстуры и структуры руд эндогенных месторождений. Наука, Москва.
- ГЕНКИН, А. Д. — КОВАЛЕНКО, В. А. — САФОНОВ, Ю. Г., 1980: Текстуриные особенности руд и механизм формирования трубообразных рудных тел Кочбулакского месторождения. В сб.: Методы исслед. рудооб. сульфидов и их парагенезис. Наука, Москва.
- ДИСТАНОВ, Э. Г. — КОВАЛЕВ, К. Р., 1975: Текстуры и структуры гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических руд Озерного месторождения. Наука, Новосибирск.
- ДОБРОВОЛЬСКАЯ, М. Г. — ШАДЛУН, Т. Н., 1974: Минеральные ассоциации и условия формирования свинцово-цинковых руд. Наука, Москва.
- ИСАЕНКО, М. П., 1975: Определитель текстур и структур руд. Недра, Москва.
- МИТЯЕВА, Н. М., 1979: Минералогия баритово-цинково-свинцовых руд месторождений Атасуйского района. Наука, Алма-Ата.
- ШАДЛУН, Т. Н., 1980: Текстуры руд как показатели условий формирования минеральных парагенезисов в различных типах стратиформных свинцово-цинковых месторождений. В сб.: Методы исследов. рудообраз. сульфид. и их парагенезисов. Наука, Москва.
- CAMBEL, B. — JARKOVSKÝ, J., 1967: Geochemie der Pyrite einiger Lagerstätten der Tchechoslovakei. Vyd. SAV, Bratislava.
- CAMBEL, B. — JARKOVSKÝ, J. — KRISTIN, J., 1977: Geochemický výskum hlavných sulfidických minerálov železa pomocou elektrónovej mikrosondy. Vyd. SAV, Bratislava.
- CASES, J. M., 1980: Finely disseminated complex sulphide ores. Compl. sulph. ores. Pap. Conf. Roma 1980. Inst. Min. a Met. (London).