



ТИПОМОРФИЗМ

КВАРЦА, ПИРИТА и ЗОЛОТА

ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УЗБЕКИСТАНА



АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ им. Х. М. АБДУЛЛАЕВА

ТИПОМОРФИЗМ КВАРЦА,
ПИРИТА И ЗОЛОТА
ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УЗБЕКИСТАНА

ТАШКЕНТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР, 1981



5080

Типоморфизм кварца, пирита и золота золоторудных месторождений Узбекистана. Коллектив. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1981.

В монографии дан сравнительный анализ типоморфных особенностей кварца, пирита и золота из золоторудных месторождений Западного Узбекистана. Приводятся результаты минералогических исследований месторождений Западного Узбекистана. Изучен метаморфогенный и гидротермальный кварц. Выявлена нерастворимая форма золота во вмещающих углеродистых породах и установлен температурный интервал перехода его в растворимую форму. Содержатся сведения по типоморфизму минералов золоторудных месторождений Чаткало-Кураминского региона.

Изучены типоморфные особенности минералов и типоморфные минеральные ассоциации. Установлены закономерные изменения кристаллов пирита и золота с глубиной, что позволяет судить об уровнях среза рудных тел. Даны минералого-геохимические критерии золотого оруденения которые используются в практике геологических работ при поисках скрытых рудных тел.

Для минералогов и геологов, занимающихся изучением рудных месторождений.

Лит. 182 назв., ил. 45, табл. 20.

Ответственный редактор
докт. геол.-мин. наук *Р. А. Мусин*

Рецензенты:

Кандидаты геол.-мин. наук *Т. С. Тимофеева, М. Р. Еникеев*

ТИПОМОРФИЗМ КВАРЦА, ПИРИТА И ЗОЛОТА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА

Утверждено к печати
Ученым советом Института геологии и геофизики
им. Х. М. Абдуллаева и Отделением наук о Земле АН УзССР

Редактор *Р. Б. Якубович*
Технический редактор *Г. Ю. Чурина*
Корректор *И. А. Трондина*

ИБ № 960

Сдано в набор 23.09.81. Подписано к печати 27.11.81. Р08312. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 9,0. Уч.-изд. л. 9,0. Тираж 1000. Заказ 193. Цена 1 р. 50 к.

Типография Издательства «Фан» УзССР, Ташкент, проспект М. Горького, 79.
Адрес Издательства: 700047. Ташкент, ул. Гоголя, 70.

Т $\frac{20805-1435}{М 355(04)-81}$ 39—81 1904020000

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге, предлагаемой читателю, содержатся результаты обобщения и сравнительного анализа типоморфных особенностей кварца, пирита и золота из золоторудных проявлений Западного и Восточного Узбекистана. Основное внимание уделено кварцу и пириту как минералам «конвергентным» (терминология Ф. В. Чухрова), т. е. способным образовываться в широком диапазоне термодинамических условий. Выявление типоморфных особенностей минералов позволило получить представление об условиях образования минеральных ассоциаций и сформулировать практические рекомендации для повышения эффективности геологоразведочных работ.

Авторы, опираясь на конкретные примеры, попытались показать, какие задачи могут быть решены в процессе изучения типоморфных особенностей минералов.

Перед постановкой исследований авторы располагали данными, показывающими возможность использования некоторых внешних свойств минералов для выявления условий образования.

Из литературы известно влияние генетической сущности минералов на их внешние свойства и состав.

Прежде чем приступить к систематическому изложению полученных результатов, авторы в I главе кратко излагают современные представления о типоморфизме минералов, подчеркивая важную роль и актуальность этого направления в развитии генетической минералогии и его прикладное значение.

Во II главе М. П. Баскаков рассматривает формы фиксации золота во вмещающей углеродистой среде, выявляет связанные с золотом генетические типы кварцев на основании изучения их типоморфных особенностей.

Г. М. Чеботарев и Ю. А. Волков (гл. III) основное внимание уделяют исследованию тонких особенностей золота и пирита, изучению микропарагенезисов золота, прослеживают эволюцию состава и морфологических особенностей самородного золота на золоторудных проявлениях Западного Узбекистана, что позволи-

ло им выявить продуктивные на золото минеральные ассоциации и получить объективные критерии для поисков и оценки золоторудных проявлений в регионе.

Типоморфные особенности кварца, пирита и золота (гл. IV) изучали М. И. Моисеева, С. К. Смирнова, М. М. Мансуров и Р. И. Конеев на близповерхностных золоторудных проявлениях Восточного Узбекистана. Большая часть золота этих объектов (65—99%) представлена пылевидными и тонкодисперсными разновидностями и при шлиховании смывается. Поэтому изучение типоморфных особенностей кварца и пирита как индикаторных минералов на золотое оруденение приобретает особо важное значение.

Типоморфные особенности минералов авторы изучали всеми доступными современными методами минералогических исследований: оптическими, рентгеноструктурными, электронной микроскопии, рентгеновского микроанализа, декрепитации, пламенной фотометрии, а также спектральными, пробирными, химическими анализами, которые выполнялись в лабораториях ИГиГ АН УзССР, МГ УзССР, ИМГРЭ большим коллективом аналитиков.

Широкое применение рентгеноспектрального микроанализатора позволило выявить такие особенности типоморфизма минералов, которые недоступны для обычных методов.

Главы I и V написаны авторами совместно; глава II — М. П. Баскаковым, которому при подготовке материалов большую помощь оказали Т. С. Молоткова и В. Н. Синицына; глава III — Г. М. Чеботаревым, Ю. А. Волковым, выполнившим весь объем аналитических исследований на микронзонде, и Г. П. Чеботаревой.

В главе IV материалы по Пирмирабу исследованы М. И. Моисеевой, С. К. Смирновой и М. М. Мансуровым; по Кызылалма-сайскому рудопроявлению и рудопроявлению Катранга — Р. И. Конеевым, рудопроявлению Каульдысай — М. И. Моисеевой и Р. И. Конеевым. В сборе полевых материалов по золоторудным объектам Восточного Узбекистана в разное время участвовали также В. П. Борискин, Н. Г. Беспалова и Т. С. Молоткова. В обработке материалов большую помощь авторам оказали И. В. Липунова и Л. И. Дворянкина. Всем им авторы искренне благодарны.

Исследования по проблеме типоморфизма минералов проводятся в лаборатории минералогии ИГиГ АН УзССР уже много лет. Одним из инициаторов и энтузиастом этих работ была Мария Ивановна Моисеева — заслуженный геолог УзССР, первооткрыватель месторождений, одна из первых исследователей золота в Узбекистане.

Глава I

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ И ТИПОМОРФНЫЕ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ. ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ПОИСКОВЫХ И ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

За минувшее десятилетие в минералогии резко возрос интерес к проблеме типоморфизма. Об этом свидетельствуют две конференции по типоморфизму минералов, проведенные в Москве в 1970 и 1977 гг., выпуск сборников, посвященных этой теме («Типоморфизм минералов», 1969 и «Типоморфизм минералов и его практическое значение», 1972), пристальное внимание к широкому кругу вопросов, касающихся типоморфизма минералов и минеральных ассоциаций, ведущих минералогов страны: Ф. В. Чухрова (1969, 1969а, 1969б, 1972), Н. В. Петровской (1956, 1960, 1965, 1967, 1972, 1973, 1975, 1977), А. И. Гинзбурга (1954, 1972, 1977, 1977а), Д. П. Григорьева (1961), И. И. Шафрановского (1967, 1972), И. И. Шафрановского и Н. З. Евзиковой (1977), Н. З. Евзиковой (1974), А. А. Годовикова (1973), Д. П. Григорьева и А. Г. Жабина (1975), А. С. Поваренных (1977), Т. Н. Шадлун (1965, 1972), Н. П. Юшкина и др. (1968, 1978) и многих других.

В этих работах излагаются теоретические положения учения о типоморфизме, приводятся данные о типоморфных особенностях минералов, типоморфных минералах, типоморфных минеральных ассоциациях. И в каждой работе подчеркивается возможность и необходимость широкого применения типоморфизма минералов в практике геологоразведочных работ.

Задачи, стоящие перед геологической службой страны, заключаются в том, чтобы год от года увеличивать прирост запасов полезных ископаемых. В то же время запасы руд многих рудных районов в значительной степени освоены, а возможность открытия месторождений, выходящих на поверхность, с каждым годом уменьшается. Поэтому пути развития сырьевой базы будут определяться прежде всего совершенствованием методов прогноза скрытого, не имеющего выхода на поверхность, оруденения.

Вряд ли вызовет сомнение положение о том, что фонд скрытых, «слепых» месторождений далеко не исчерпан. Изучение поведения оруденения на площадях глубоко вскрытых рудных полей

и на действующих горнорудных предприятиях позволяет разработать методы локального прогноза «слепых» рудных тел, проявленных в этом регионе на основе установленных закономерностей. Значительно осложняются задачи прогнозирования на закрытых территориях. Помимо поисков скрытого оруденения не менее важной задачей является оценка многочисленных рудопроявлений, которые на выходах не представляют промышленного интереса, но с глубиной могут перейти в экономически ценное месторождение.

Среди комплекса геологических методов поиска и прогноза скрытого оруденения на глубине большую роль могут и должны сыграть минералогические исследования, основанные на изучении типоморфных особенностей минералов и минеральных ассоциаций. Учение о типоморфизме позволяет реконструировать условия минералообразования, играет большую роль в понимании генезиса минералов и минеральных ассоциаций, дает возможность развивать и обосновывать систематизацию месторождений рудных формаций. Таким образом, проблема типоморфизма — одно из важнейших направлений в минералогии, учении о рудных формациях, а также в области теории рудогенеза.

Термин «типоморфный минерал» ввел А. Е. Ферсман еще в 1912 г., он придавал типоморфизму такое же важное значение, как руководящим формам при палеонтологических исследованиях в исторической геологии. «Типоморфными минералами мы называем минералы, занимающие по тем или иным причинам строго определенное место в геохимическом процессе и поэтому отвечающие тому, что в исторической геологии называется руководящими ископаемыми. Они, подобно последним, определяют условия и время, т. е. геофазу геохимического процесса, и их изучение столь же важно для понимания процессов, как палеонтологическое исследование руководящих форм для анализа какой-либо осадочной свиты» (Ферсман, 1940).

В понятие «типоморфизм» вкладывается очень широкий смысл. Он охватывает все индивидуальные особенности каждого минерала: его физические свойства, габитусные формы, характер их искажений, формы выделения, химический состав и состав примесей. Все эти свойства вкуче и каждое в отдельности, в особенности их отклонения от нормы, являются предметом изучения «типоморфизма» или «типоморфных особенностей» минерала. Типоморфные минералы и типоморфные особенности «проходящих», «сквозных» минералов в свою очередь — признаки распознавания (Петровская, 1977) типоморфных минеральных ассоциаций. Роль типоморфных ассоциаций, их взаимоотношения с другими минеральными ассоциациями трудно переоценить при анализе геологических процессов минералообразования, установлении генетического типа месторождения и, наконец, рудной формации. Отсюда следует, что типоморфная минеральная ассоциация также долж-

на служить прямым поисковым минералогическим критерием в практике геологических работ.

Важная роль, которая отведена минеральным ассоциациям при систематике генетических формаций и типов месторождений полезных ископаемых, а также в учении о минералообразовании подчеркивается тем вниманием, которое уделяли этому вопросу В. И. Вернадский (1923), А. Г. Бетехтин (1949, 1951, 1953), Д. С. Коржинский (1957), Г. Н. Шадлун (1966), Н. В. Петровская (1960, 1967, 1973) и др.

Авторы настоящей работы в течение ряда лет исследовали типоморфизм минералов на золоторудных месторождениях Западного и Восточного Узбекистана.

Изучение минералов, выявление минеральных ассоциаций, выделение среди них продуктивных и непродуктивных на золото и в итоге разработка минералогических критериев поисков на золотое оруденение велись на основе анализа типоморфных особенностей ряда проходящих («сквозных») минералов — кварца, пирита, карбонатов, гидрослюд, которые, участвуя во всех проявлениях, и на всех стадиях гидротермального минералообразования несут информацию об условиях формирования. Эта информация заключена в морфологических особенностях минерала, вариациях физических свойств и химического состава. Очень важно также выделение типоморфных минералов, образование которых связано с определенными стадиями минерализации. В частности, для рудопроявления Пирмираб таким минералом является адуляр, появление которого в кварцевой жиле однозначно свидетельствует о проявлении продуктивной (золоторудной) ассоциации. Развитие в жиле гематита или волластонита говорит о том, что образовывались непродуктивные ассоциации, для которых эти минералы являются типоморфными. Совместное нахождение в кварцевой жиле гематита, адуляра и волластонита позволяет сделать вывод о совмещении различных стадий минерализации в одной структуре.

Типоморфные особенности проходящих минералов, будучи весьма характерными для каждой стадии минерализации, позволяют использовать их в качестве признаков распознавания минеральных ассоциаций. Выявление минеральных ассоциаций, изучение их пространственного размещения, определение последовательности образования во времени значительно расширяет наши представления о рудообразовании и повышает эффективность геолого-разведочных и поисковых работ.

Существование определенных условий минералообразования ограничено во времени и, следовательно, возможно возникновение минеральных ассоциаций, совмещенных в пространстве. Однозначно определить принадлежность тех или иных минералов к определенной ассоциации можно лишь с помощью типоморфных особенностей минералов.

Авторы на изучаемых объектах выделили несколько минеральных ассоциаций, последовательно сменяющих друг друга во времени. Среди них обособляются ассоциации, минералы которых постоянно содержат значительные концентрации золота. Таких минеральных ассоциаций обычно две, реже три на одном объекте. Это продуктивные минеральные ассоциации. Как правило, одна из них превалирует в количественном отношении над остальными. Название ассоциация получает по ведущим минералам, и это название определяет формационный тип рудопроявления. Так, золоторудный объект из Западного Узбекистана принадлежит к кварц-пирит-арсенопирит-золоторудной формации, рудопроявления Пирмираба — к кварц-карбонат-адуляровой с золотом (электрум), Кызылалмасайское золотое рудопроявление и Каульдысай — к кварц-пирит-золоторудной, рудопроявление Катранга — к медно-висмутовой с золотом формации. Ассоциации, проявленные в меньших количествах, например, кварц-полиметаллическая с золотом или кварц-золоторудная с теллуридами, не отразились в названии формации.

Таким образом, изучение типоморфных особенностей минералов, выявление и изучение типоморфных минералов и минеральных ассоциаций позволяет выяснить генетический тип минералообразования, ход и последовательность процесса рудообразования. Проведение такого минерагенетического анализа — залог успеха поиска полезных ископаемых.

Глава II

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦА В ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЯХ И ДРЕВНИХ КРЕМНИСТО-УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦАХ С РЕДКОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ

В связи с выявлением золоторудных проявлений в районе Кызылкумов в последние годы проводятся специализированные минералогические исследования разновидностей кварца, находящегося в различной геологической обстановке в ассоциации с рудными минералами, в том числе с золотом. Кварц — основной жильный минерал и обычно выполняет роль вмещающей среды для отложения рудной минерализации.

По структурно-текстурным особенностям среди жильных кварцев Кызылкумов выделено (Баймухамедов, Баскакова, 1964) четыре типа: сливной, гранулированный, мозаичный, шестоватый. Мозаичный и шестоватый тесно связаны с рудной минерализацией. Для этих типов проведены рентгеноструктурные исследования (Баскакова, 1973). В результате показано, что нет четкой зависимости между содержанием примесей в кварце (Ca, Mg, Al, Fe, Na, Ti, Cu, Au) и значениями параметров элементарной ячейки.

В работе Бертмана и др. (1975) для золоторудного проявления Чармитан показано, что минерализация тесно ассоциирует в пространстве с жилами и прожилками кварца и отмечено, что «большинство разновидностей кварца в составе жил на месторождении не имеет четких пересечений и сформировалось до времени проявлений рудной минерализации». Наличие генетических разновидностей кварца в данном случае подтверждено изучением декрептограмм и измерением температуры гомогенизации. При этом выявлено совпадение количества максимумов на декрепитационных кривых сложного строения с числом выделенных для месторождения минералого-геохимических парагенезисов. Сложное строение декрепитационных интегральных кривых связывается в данном случае с участками кварцевых жил, затронутых наложенными процессами сульфидного минералообразования и многочисленными вторичными включениями.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ КВАРЦА

Проведенные исследования позволяют провести систематизацию генетических разновидностей кварца района Коктау (Кызылкумы), рудопоявления Каттанч и района золоторудного месторождения Каракутан.

В районе Коктау вмещающими отложениями являются широко распространенные кремнисто-углеродистые сланцы тасказганской свиты. Кремнисто-углеродистые сланцы глубоко метаморфизованы и органическое вещество в них подвержено графити-



Рис. 1. Кремнисто-углеродистые сланцы. Шлиф 147, увелич. 50, николи+.

зации с образованием графитита. Основная масса кварца кремнисто-углеродистых сланцев представлена скрытокристаллической разновидностью. Раскристаллизованные разности образуют полосчатые текстуры, чередующиеся с осветленными разностями мелкозернистого и тонкозернистого кварца роговиковой структуры (рис. 1). Как секущие трещины, так и трещины отслоения в кремнисто-углеродистых сланцах выполнены более раскристаллизованным кварцем.

В районе золоторудного проявления Каттанч вмещающие породы — филлитовидные кремнистые сланцы, известняки и доломиты. Здесь кварц распространен в виде мощных протяженных жил в ассоциации с достаточно проявленной сульфидной минерализацией. Обнаруживается также кварц, связанный с пегматитовыми выделениями в зоне контакта с гранитоидными интрузивами повышенной основности.

В Зиаздинских горах в районе Каракутан-Бешкудук кварц в виде жильных образований находится в толще метаморфизованных сланцево-карбонатных отложений древней китармайской свиты.

Учитывая разнообразные формы проявления кварца в упомянутых выше районах, можно выделить несколько его генетических разновидностей.

Кварц скрытокристаллический, порообразующий минерал кремнисто-углеродистых сланцев. Имеет элементы новакулитовой структуры (рис. 2). Размер индивидуализированных кристаллов



Рис. 2. Кварц скрытокристаллический. Электронномикроскопический снимок угольной реплики с естественного скола кварца (обр. 147, увеличение 11000).

не превышает 10—15 мк. В промежутках между микрокристаллами кварца находится углеродистое, графитизированное вещество в форме узловатых стяжений, вкраплений и прожилков сложной конфигурации. Размер стяжений углеродистого вещества не более 15 мк.

Среди общей массы микрокристаллического кварца углеродистое вещество или рассеяно достаточно равномерно по всей площади, или обогащает отдельные слойки породы, образуя полосчатую текстуру. Вдоль слоистости наблюдаются единичные вкрапления тонкокристаллического пирита.

Микрокристаллы кварца прозрачны и не содержат примесей.

Кварц тонко- и мелкокристаллический с полосчатой текстурой (рис. 3). Перекристаллизация его происходит с некоторой перегруппировкой углеродистого вещества. Зоны мелкокристаллического кварца по сравнению с тонкокристаллическим рогови-

ковой структуры несколько очищены от примесей. Вытеснения примесного углеродистого вещества из зон более раскристаллизованного кварца к зальбандам обычно не наблюдается или выражено слабо. Чередуются зоны в виде выдержанных параллельных полос мощностью от 0,5 до 1 мм мелкокристаллического кварца и кварца роговиковой структуры.

Зоны перекристаллизованного метаморфогенного кварца согласно залегают с напластованием кремнистых пород и повторяют их гофрированность.

Кварц крупнокристаллический с реликтовой ячеистой и полосчатой текстурой. Ячеистая текстура характерна для более ранне-



Рис. 3. Кварц тонкокристаллический с прожилками гофрированного метаморфогенного кварца. Шлиф 142, увелич. 50, николи +.

го раскристаллизованного кварца с мелкозернистой структурой. Наличие реликтовой первоначальной структуры указывает на образование данной разновидности кварца в результате перекристаллизации исходного кремнистого вещества. Кварцевые зерна имеют ориентированное или мозаичное волнистое погасание, мутно прозрачны. В жильном кварце нередко зерна ясно-прозрачного кварца ассоциируют с мозаичным.

Кварц мелко- и крупнокристаллический с размером зерен от 0,05 до 0,5 мм в виде секущих прожилков содержится в кремнистой породе. В процессе кристаллизации углеродистое вещество вытесняется в сторону зальбанда с образованием каймы. Отдельные кристаллы ясно прозрачны. Контакт прожилкового кварца с вмещающей кремнисто-углеродистой породой неровный, с заливами и признаками замещения (рис. 3).

Кварц равномерно раскристаллизованный. Зерна размером от 0,05 до 0,1 мм в диаметре. Кварц выполняет пустоты трещин, секущих кремнистую породу. Жильный кварц с вмещающей кремнистоуглеродистой породой имеет резкий и прямолинейный контакт. Зерна кварца часто прозрачны с незначительной вкрапленностью примесных компонентов. Кварц выполняет также и вторичные трещины, ориентированные перпендикулярно к основной жиле, и с удалением от контакта в сторону вмещающей породы эти кварцевые жилы выклиниваются.

Кварц крупнокристаллический равномернозернистый. Главная масса зерен кварца ясно прозрачна с незначительной рассеянной вкрапленностью примесных компонентов с выраженным волнистым погасанием. Кварц слагает секущие жилы. В шлифе № 284 по Бешкудукскому участку крупнокристаллический кварц ассоциирует с мелкозернистым, который заполняет замкнутые полости на стыках зерен крупнокристаллического кварца.

Кварц среднезернистый равномерно раскристаллизован. Зерна чаще имеют ориентированное в одном направлении удлинение.

Кварц идиоморфнозернистый, крупнокристаллический, ясно прозрачный в ассоциации с плагиоклазами, мусковитом, кальцитом из пегматитовой жилы в зоне габброидных пород Каттаического рудопроявления.

О ПРОЯВЛЕНИИ ИЗОМОРФИЗМА В КВАРЦЕ

Метод рентгеноструктурного анализа широко используется в определении кристаллической структуры при диагностике отдельных минеральных видов, а с 1950 г. особенно резко увеличивается число работ по прецизионному определению параметров решетки минералов, в том числе и кварца, для установления влияния находящихся в минерале примесей на значения параметров элементарной ячейки. Работами Keith и Tuttle в 1952 г. для синтетического кварца установлено, что примеси одновременно влияют на $t^\circ \alpha-\beta$ -перехода и на изменение параметров решетки. Выявлено, в частности, для алюминия и лития, что их присутствие в кварце вызывает увеличение параметров a и c и понижает $t^\circ \alpha-\beta$ -перехода.

Значительный объем исследований проведен В. А. Франк-Каменецким, И. Е. Каменцевым (1961), в результате которых в параметрах решетки синтетического и природного кварцев установлены колебания в зависимости от условий кристаллизации и различных содержаний примесей. Выяснено, что увеличение количества улавливаемых спектральным методом примесей (Al, Na, Mg, Ca, Fe и др.) увеличивает параметры решетки, что может указывать на изоморфное их вхождение в решетку кварца или на структурный характер, а зависимость между содержанием алюминия и увеличением параметров решетки может доказывать, что значительная часть алюминия входит в решетку

кварца, замещая при этом кремний в тетраэдрах. Выявленная определенная связь суммы $Al+Na+Ca+Mg+Fe$ и увеличения параметров решетки выражено менее четко, чем для одного алюминия. Эта особенность объясняется тем, что часть щелочей компенсирует недостающий заряд при замещении кремния алюминием. Учитывая большой разброс точек и отклонение отдельных образцов от общей закономерности, упомянутые выше авторы полагают, что часть примесей не входит в решетку кварца. Дальнейшее развитие начатое исследование получило в работе И. К. Каменцева (1962), который применил корреляционный анализ для обработки полученных данных для более точного математического обоснования зависимости между размерами

Элементы-примеси кварцев из руд

Рудопроизведение	Кол-во проб	Na	Cu	Ag	Mg	Ca	Sr	Ba	Al
Западный Коктау	13	0,05	0,002	0,004	0,131	0,455	0,0023		0,6
		100	100	62	100	92	8	—	100
Восточный Коктау	1	0,05	0,0003	0,007	0,05	0,3	—	—	1
уч. Бешкудук	1	0,05	0,003	0,003	0,05	0,3	—	—	1
Каракутан	1	0,0007	0,0003	0,007	0,05	0,5	—	—	1
Каттаич	26	0,07	0,0005	0,0006	0,043	0,13		0,0035	0,108
		96	88	76	100	55	—	35	100

Примечание. В числителе—среднее содержание, в знаменателе—частота Гуртенберг Е. Д.

элементарной ячейки и содержаниями примесей. В результате рассмотрения полученных коэффициентов корреляции между параметрами решетки и количеством примесей автор пришел к выводу о двух возможных способах влияния примесей на размеры элементарной ячейки. В случае увеличения значений параметра a отмечается связь с присутствием одно-двухвалентных ионов и частично Al в структуре кварца, а при увеличении параметра c устанавливается определенная связь с присутствием алюминия в структуре кварца. Алюминий, замещая кремний в кремнекислородных тетраэдрах, увеличивает параметр c , а одновалентные ионы, компенсирующие алюминий, располагаясь в полых каналах структуры кварца, влияя на увеличение параметра a .

Для установления отношения вмещающей среды к составу жильного кварца А. И. Белковский (1964) провел прецезионные определения параметров решетки жильного кварца из различных комплексов изверженных и метаморфических горных пород Среднего и Южного Урала.

В результате он сделал вывод, что параметры элементарной ячейки изученных образцов жильного кварца упомянутого района не зависят от химического состава вмещающих пород и изменяются в незначительных пределах: a — от 4,9122 до 4,9126 Å, c — от 5,4041 до 5,4047 Å.

Типоморфные особенности кварца на базе изучения параметров элементарной ячейки установить весьма трудно, но приведенные выше результаты работы в этом направлении показывают, что в выявлении изоморфизма некоторых элементов-примесей открываются достаточно определенные возможности. Мы используем эти возможности при изучении типоморфных особенностей метаморфогенного и жильного кварца из древней вмещающей тол-

Таблица 1

проявлений Западного Узбекистана

Zr	Ti	Pb	V	As	Cr	Mo	Mn	Fe	Co
—	0,0193	—	0,0012	—	0,0008	0,00008	0,007	0,19	—
—	$\frac{100}{100}$	—	$\frac{77}{77}$	—	62	8	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	—
—	0,03	—	0,001	—	0,001	—	0,01	0,1	—
—	0,03	—	—	—	0,001	—	0,01	0,1	—
—	0,03	—	—	—	—	—	0,01	0,3	—
0,00004	0,014	0,00055	—	0,0019	0,00035	—	0,003	0,08	0,0004
$\frac{4}{4}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{30}{30}$	—	$\frac{11}{11}$	$\frac{35}{35}$	—	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{4}{4}$

та встречаемости (%). Спектральная лаборатория ИГиГ АН УзССР, аналитик

щи тасказганской свиты района Коктау (Кызылкумы) и жильного кварца золоторудных проявлений Знаэтдинских гор, где вмещающими отложениями являются метаморфогенные комплексы китармайской свиты.

В изученных образцах кварца из района Коктау и рудопоявления Каракутан определены различные элементы-примеси. В тысячных долях процента обнаруживаются V, Mo, Cu, Cr, Mn, в сотых долях — Ag, Ti, Na, Mg, в десятых — Ca, Fe, Sr, Al, в нескольких процентах — алюминий (табл. 1).

Прецизионное определение параметров элементарной ячейки некоторых образцов кварца проведено по методике И. Е. Каменцева и В. А. Франк-Каменецкого (1962). Каждый исследованный образец снят не менее двух раз. Рассчитаны параметры элементарной ячейки кварца по данным трехкратного промера рентгенограмм на ИЗА-2 с точностью до 0,01 мм. Погрешность опре-

деления параметров большей части образцов равна $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ Å (табл. 2).

Значения параметров изученных образцов природного кварца изменяются: a — от 4,91253 до 4,91355 Å, c — от 5,40453 до 5,40582 Å. Эти колебания ($\Delta a = 0,00102$ Å, $\Delta c = 0,00129$ Å) значительно превосходят приведенную выше точность определения параметров $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ Å. При этом выявляется некоторая зависимость в увеличении параметра c от повышения содержания Al и отсут-

Таблица 2

Параметры элементарной ячейки различных генетических групп кварца Западного Узбекистана, Å

Номер пробы	Кварц	a	c	$\frac{c}{a}$	V	Участок
142	Метамор-	4,91304	5,40462	1,10005	112,973	Коктау За- падный
150	фоген-	4,91304	1,40536	1,0020	112,989	
175	ный	4,91406	5,40536	1,09997	113,0376	
112	Гидро-	4,91304	5,40536	1,100206	112,989	
113	терма-	4,91274	5,40471	1,10014	112,961	
1146	льный	4,91355	5,40499	1,100017	113,0019	
1186		4,91253	5,40582	1,100414	112,976	
141		4,91258	5,40499	1,10023	112,958	
149		4,91314	5,40518	1,100014	112,987	
174		4,91274	5,40490	1,10018	112,9662	
223		4,91243	5,40527	1,10032	112,957	Коктау Во- сточный Бешкудук Каракутан
284		4,91263	5,40509	1,100243	112,963	
327		4,91345	5,40453	1,09994	112,991	

ствие влияния этих содержаний на значения параметров a . Эти данные находятся в соответствии с выводами В. А. Франк-Каменецкого (1964).

Наблюдаемые различные тенденции к изменению значений параметров a и c структуры кварца в зависимости от содержания алюминия позволяют считать, что отсутствие прямой корреляции между параметром a и содержанием алюминия больше соответствует пирамиде роста пинакоида. В пирамиде же роста ромбоэдра параметр a увеличивается значительно интенсивнее. Параметр c в своем более четко выраженном изменении соответствует пирамиде роста пинакоида, на что указывает Франк-Каменецкий (1964).

В изученной группе образцов кварца значения параметров a и c элементарной ячейки превышены по сравнению с эталоном и одновременно с увеличением содержания алюминия наиболее четко проявлено последовательное нарастание величины параметра c .

ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ КРИВОЙ ДЕКРЕПИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА
И УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ КВАРЦА

По характеру проявленности интегральной кривой декрепитационного эффекта исследованные образцы кварца можно систематизировать в следующие группы (рис. 4):

1) кварц, в котором не фиксируются или слабо проявляются импульсы при декрепитационном анализе (обр. 150, 1186, 175);

2) кварц с одним выраженным пиком максимумов проявления импульсов в интервале температур 150—280° (обр. 823);

3) кварц с выраженным пиком импульсов при $t=300^\circ$ (обр. 719);

4) кварц с двумя и более выраженными пиками максимумов импульсов в интервалах 250—300 и 300—480° (обр. 284, 174, 2236).

Кварцы первой группы на примере Коктауского района отвечают разновидностям типа А, содержат повышенные количества алюминия и имеют соответственно увеличенные значения параметра с кристаллической решетки (обр. 118, 150, 175), структура их равнозернистая, близкая к роговиковой. Образовались кварцы этой группы в первые стадии перекристаллизации кремнистоуглеродистых пород в процессе метаморфизма. При этом местами полости трещин во вмещающих породах заполнялись перекристаллизованным тонкозернистым кварцем.

К этой же группе относится кварц из альбит-серицитовых метасоматитов Каттаучского рудопроявления, который обычно выделяется в виде небольших прожилков мощностью 3—8 мм и массивных крупнозернистых выделений, образовавшихся в результате замещения полевых шпатов. Макроскопически это крупнозернистый, часто брекчированный кварц светло-серого, се-

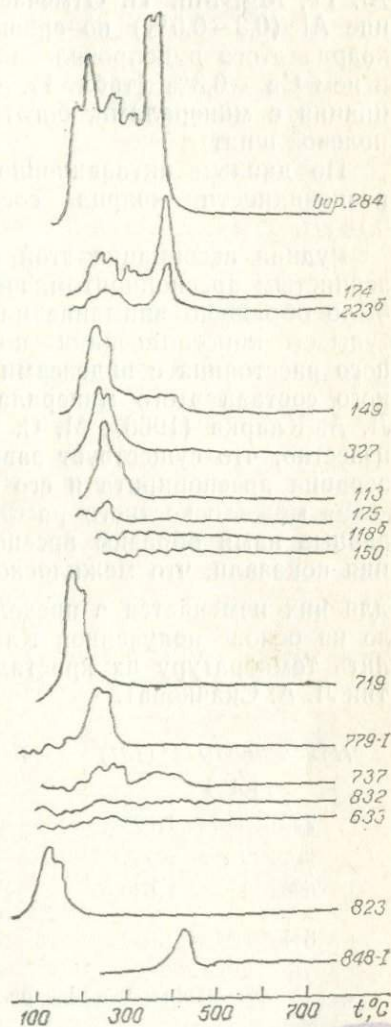


Рис. 4. Декрептограммы кварца

рого цвета, сливной непрозрачный. В шлифах крупно-среднезернистый, деформированный, сильно метаморфизованный кварц со следами замещения полевых шпатов и характерным угасанием. Отмечаются многочисленные прожилки серицита, хлорита, гранулированного карбоната (кальцит), турмалина.

Основные элементы-примеси, обнаруженные в этом кварце, — Al, Fe, Mg, Mn, Ti. Отмечается несколько повышенное содержание Al (0,3—0,6%) по сравнению с другими разновидностями кварца этого рудопоявления, а также постоянное присутствие в нем Ca — 0,3% (табл. 1). Такого типа кварц находится в ассоциации с минералами, богатыми Ca, Mg, Al (кальцит, доломит, полевой шпат).

По данным активационного анализа, содержание Au в этой разновидности кварца составляет 0,0057—0,0126 г/т, Hg—0,18 г/т.

Рудная ассоциация этой группы кварца представлена мелкозернистым арсенопиритом, шеелитом. При изучении арсенопирита было обращено внимание на возможность определения температуры его кристаллизации по изменению значений межплоскостного расстояния с индексами (131), которое зависит от химического состава этого минерала и условий образования. Из работ Л. А. Кларка (1966), М. С. Сахаровой, Н. Н. Кривицкой (1968) известно, что существует зависимость между температурой образования арсенопирита и его составом при соответственном изменении межплоскостного расстояния с индексами (131). Исследованные нами образцы арсенопиритов Каттаичского рудопоявления показали, что межплоскостное расстояние с индексами (131) для них изменяется в пределах $a = 1,6228—1,632$ Å, что позволило на основе полученной Кларком (1966) зависимости определить температуру их кристаллизации (ИГиГ АН УзССР, аналитик Л. А. Скачкова).

Номер пробы	d^x (131) (Å)	Температура кристалл., град С	Минерализация
779	1,628	240—260	Кварц-сульфидные жилы
791	1,624		
680a	1,630	300—400	Кварц-альбит-серицитовые метасоматиты
831	1,632		

d^x —межплоскостное расстояние в ангстремах.

Как видно, температура образования описываемого арсенопирита 240—400°. Поскольку изученная группа кварца из альбит-серицитовых метасоматитов не имеет проявленного декрепитационного эффекта, то по ассоциации с арсенопиритом мы можем отнести ее к высокотемпературной группе кварца.

Второй группе по характеру проявленного одного пика импульсов в температурных интервалах от 150 до 260° соответствуют кварцы жильного типа Д Каттаичского рудопроявления. В отличие от кварцев первой группы типа Г этого же рудопроявления отмечается повышение содержания содержания свинца, золота, и в качестве дополнительных элементов-примесей обнаруживается в кварце мышьяк, кристаллизация которого соответствует 220—260°. Эта разновидность кварца довольно широко распространена на рудопроявлении в виде мощных кварцевых жил, несущих золотую минерализацию и приуроченных к габброндам Темиркобукского интрузива. Протяженность жил 450—700 м, мощность 1,5—2 м. Обычно они сложены среднекрупнозернистыми агрегатами белого, розовато-кремового, серого цвета. Часто встречаются розетчатые разновидности жильного кварца, сложенные шестоватыми кристаллами. В центре «розеток» часто находятся сульфиды — пирит, галенит, а иногда реликты вмещающей породы.

Эти кварцевые жилы, по-видимому, представляют собой единую последовательно и непрерывно развивающуюся в течение определенной стадии минерализации систему кварцевых жил. Кварц сливной, полупрозрачный, местами водяно-прозрачный. Он почти повсеместно в той или иной степени метаморфизован, что проявляется в различных по степени пластических и хрупких деформациях зерен. При изучении шлифов отмечаются различные степени катаклаза зерен с лоскутно-мозаичным, волнистым погасанием и многочисленными трещинками грануляции. На рудопроявлении в этом кварце установлено наличие золота в виде пылевидных частиц и тонких ниточек. Ассоциирует эта группа в кварце с арсенипиритом, пиритом, галенитом, шеелитом.

Как было сказано, температура образования арсенипиритов равна 240—260°, что хорошо согласуется с результатами кристаллизации кварца из этих жил (t 220—260°). По данным акти-вационного анализа, этот кварц содержит Au — 0,0152, 0,0138 г/т, Hg — 0,3, 0,2, 0,24 г/т.

К третьей группе может быть отнесен кварц (обр. 113) Коктау прожилкового типа Б с повторной раскристаллизацией. Содержание алюминия в нем снижается до сотых долей процента с одновременным уменьшением величины параметра с элементарной ячейки кристаллической решетки кварца.

Повторно раскристаллизованные кварцы жильного типа Б Коктау по двум и более пикам максимально проявленных импульсов в температурных интервалах от 300 до 450° отвечают четвертой группе. Структура этих кварцев обычно идиоморфно-крупнозернистая с участками мелко- и тонкозернистого кварца. В упомянутых образцах содержание алюминия также снижается до сотых долей процента и соответственно параметры с элементарной ячейки имеют меньшие величины.

Для района Коктау можно отметить, что усложнение интегральной декрепитационной кривой, особенно жильных кварцев,

относящихся к четвертой группе типа Б с повторной раскristаллизацией, сопровождается некоторым изменением баланса и фона элементов-примесей по сравнению с кварцами метаморфогенных ранних стадий перекристаллизации типа А. В жильных кварцах несколько увеличивается содержание Ag и Си и обнаруживается Mo. Заметно проявляется очищение повторно раскristаллизованного жильного кварца от алюминия с параллельным уменьшением величины параметра c элементарной ячейки структуры

Таблица 3

Типоформы особенностей некоторых генетических разновидностей кварца

Тип	Разновидность кварца	Район	Кол-во проб.	Инт. темп. кристаллизации, град.	Изменение параметров решетки	Содержание ал. мин., %	Элементы, захваченные в процессе кристаллизации
А	Метаморфогенный роговиковой структуры ранней стадии кристаллизации	Коктау	5	280—320	Увеличенные значения параметра c	1	Ag, V
Б	Жильный средне- и крупнозернистый поздних стадий кристаллизации	Коктау	6	300—460	Уменьшенные значения параметра c	0,01—0,05	Ag, V Mo
В	Жильный поздних стадий кристаллизации	Каракутан, Бешкудук	2	300—460	Увеличенные значения параметра c	1	Ag
Г	Метасоматический равнин стадий кристаллизации	Каттаич	—	250—300		0,01	Pb, Au, Ba
Д	Жильный поздних стадий кристаллизации	Каттаич	—	160—250		0,01	Pb, Au, Ba, As

кварца. К четвертой группе также относятся кварцы жильного типа В (табл. 3) Каракутанского золоторудного проявления. Эти кварцы по сравнению с кварцами Коктауского района так же, как кварцы Каттаичского рудопоявления (Сев. Нуратау) не содержат ванадия. Однако кварцы Каракутана по содержанию алюминия и значениям параметра c элементарной ячейки приравниваются к кварцам первой группы типа А Коктауского района. Кварцы же Каттаичского рудопоявления в большинстве случаев содержат алюминий в сотых долях процента и значительно реже в десятых.

Кроме описанных выше разновидностей, мы изучили кварц из пегматитовых жил.

Пегматитовые образования значительно распространены в юго-западной части Каттаучского рудопроявления. Минералогический состав пегматитовых жил представлен розовым до мясочерного калиевым полевым шпатом, светло-серым кварцем, биотитом и эпидотом. В пробах-протолочках обнаруживаются знаки шеелита.

Кварц в пегматитах по окраске подразделяется на серый, светло-серый, молочно-белый. По степени идиоморфизма различается ксеноморфный, графический и в виде индивидуализированных кристаллов.

По структурным и морфологическим признакам выделяется кварц графической, пегматоидной и кварцевой зон.

Кварц графической зоны образует закономерные прорастания с калиевым полевым шпатом. Он светло-серый, полупрозрачный, крупнокристаллический (0,5—1,5 м).

Кварц графической зоны, как отмечает Е. К. Лазаренко (1973), образуется при высокой температуре (700—800°). Вероятно, по этой причине декрепитационная активность в нем не проявлена.

Кварц пегматоидной зоны образует изометричные зерна и блоки различной формы размером от 0,5 до 10 см в поперечнике. Иногда он располагается петельчато вокруг блоков калиевого полевого шпата. Кварцевые обособления равномерно распространены по всей массе породы.

Кварцевое ядро почти мономинерально и состоит из сросшихся крупных индивидов. Обычно же кварц имеет вид мелкозернистой массивной массы. Иногда он брекчирован в плитчатые остроугольные обломки. Кварц из ядра в основной своей массе имеет молочно-белую окраску. Декрепитационная активность кварца из ядра довольно интенсивная и проявляется в интервале 380—500°.

По данным спектрального анализа в кварце из пегматитовых жил установлено постоянное присутствие Al—0,01%, F—0,3—0,1, Mg—0,1—0,7, Ba—0,01, Mn—0,005, Ti—0,03, Cr—0,001, Ag—0,001. По данным нейтронно-активационного анализа содержание Au в нем 0,022, Hg—0,18 г/т (табл. 1).

Интегральные кривые декрепитационного анализа кварца для разных районов имеют некоторые особенности, но в общем случае усложнение и наложение процессов кристаллизации сказывается на усложнении характера кривой, появлении дополнительно проявленных максимумов импульсов декрепитационного эффекта в разных температурных интервалах. Учитывая результаты исследований, проведенных геологами Министерства геологии УзССР при участии Г. М. Чеботарева (Бертман и др., 1975), в которых показано близкое совпадение пиков декрепитационного анализа с температурами гомогенизации газовой-жидких включений в кварце, можно в некотором приближении использовать

различие в проявлении максимумов декрепитационного эффекта в относительном суждении о температурных условиях кристаллизации кварца. Таким образом, проявление одного максимума импульсов декрепитационного эффекта в каттаических кварцах типа Д (табл. 3) указывает на относительно невысокие температуры кристаллизации кварца — от 150 до 280°. Для кварцев Коктауского района повторные стадии перекристаллизации отвечают температурам 300—460°. В этих же интервалах происходила кристаллизация жильных кварцев Каракутанского рудопроявления.

Несмотря на то, что в Каттанче по сравнению с Коктауским районом условия наложенных процессов кристаллизации кварца отвечали более низким температурам, здесь происходил достаточно интенсивный привнос рудных элементов, что показывает увеличение содержания свинца, золота и появление мышьяка в этих кварцах. Для Коктауского района температурные условия кристаллизации жильного кварца во многом совпадают с районом Каракутанского рудного поля и геохимическая активность минералообразующих растворов в Коктау проявилась в некотором изменении баланса химических элементов, входящих в состав кварцев разных групп. Так, в жильных кварцах увеличиваются содержания Ag и Cu и фиксируется появление молибдена.

Опираясь на данные декрепитационного анализа и сопоставляя каттаические кварцы, кристаллизация которых происходила при 150—260°, с Коктаускими (300 и 460°) с содержанием Al в тех и других в количестве сотых долей процента, можно отметить, что в данном случае температурные условия как бы не влияли на концентрацию Al. В другом же случае при температурах кристаллизации 300 и 460°, но при разных содержаниях Al параметр s приобретает разные значения. Для Каракутана кварцы с содержанием Al 1% имеют увеличенные значения параметра s , а для кварцев Коктауского района с содержанием Al в сотых долях процента параметр s уменьшен. Таким образом, на изменение параметра решетки кварца влияют не столько температурные условия, сколько концентрация компонентов-примесей в исходном растворе. В данном случае можно видеть, что параметр s кристаллической решетки кварца заметно увеличивается тогда, когда содержание алюминия в кварце достигает десятых долей процента. В случае примеси меди до 0,001% она влияет незначительно на изменение параметра s , а с увеличением этой примеси до 0,003% и более значения параметра s как бы стабилизируются.

Если учесть, что повышение режима кристаллизации не препятствует вхождению некоторых элементов-примесей в решетку кварца (например, алюминий), то изменение его содержания в жильных кварцах Коктау по сравнению с метаморфогенными этого же района может указывать на некоторые различия источника исходных растворов, участвовавших в образовании жильного кварца. С помощью дериватографа проведены исследования по определению температуры инверсии (перехода α в β) кварца и

потерь на разных уровнях нагрева исходной пробы. Значения температур инверсии получены для кварцев метаморфогенного и жильного типов района Коктау (рис. 5). Для кварца метаморфогенного типа температура инверсии $270,5-271,5^\circ$, т. е. несколько меньше по сравнению с эталонной (273°), а для жильного

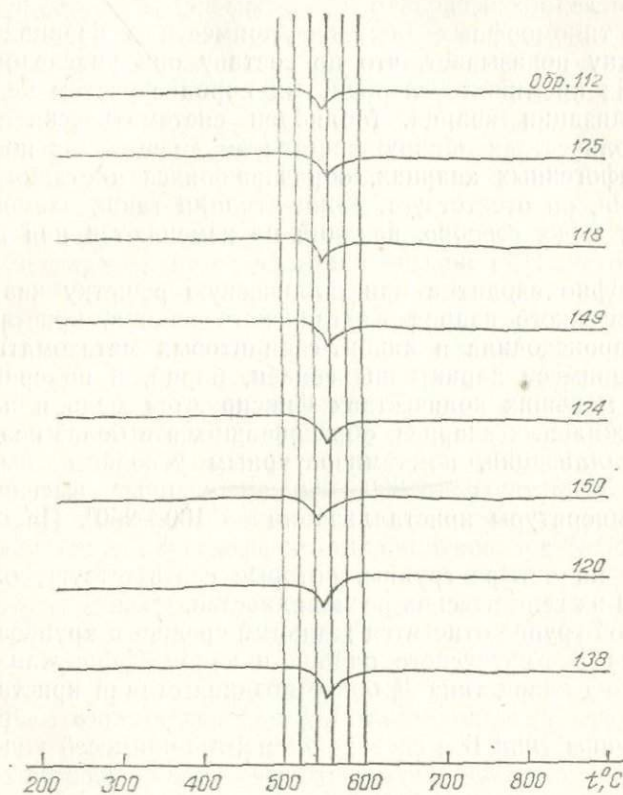


Рис. 5. Значение инверсии для кварца из Коктау (пояснения в тексте).

кварца этого же района температура инверсии варьирует в пределах $273,5-275,5^\circ$, т. е. увеличивается. Эти данные проливают свет на природу исследованных образцов кварца и подтверждают их отличительные особенности (температура кристаллизации, содержание элементов-примесей). Понижение инверсии метаморфогенных кварцев Коктау соответствует повышенным содержаниям алюминия, от которого, как было показано выше, также зависит изменение параметра кристаллической решетки кварца.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦА, ФОРМЫ ФИКСАЦИИ ЗОЛОТА И ДРУГИХ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЕРОДИСТЫХ ПОРОДАХ

К ранним стадиям кристаллизации относятся кварцы роговиковой структуры (метаморфогенные) района Коктау и метасоматические кварцы Каттаичского проявления. Температура кристаллизации последних несколько ниже, чем первых (табл. 3). Сопоставление типоморфных элементов-примесей в кварцах на примере Коктау показывает, что по составу они унаследованы от вмещающих кремнисто-углеродистых пород с учетом условий перекристаллизации кварца. Молибден систематически в повышенных количествах обнаруживается во вмещающих породах, но в метаморфогенных кварцах, образовавшихся в стадии перекристаллизации, он отсутствует. Концентрации таких элементов, как алюминий, медь, серебро, ванадий не изменяются или несколько увеличиваются. При повышенных содержаниях алюминия часть его изоморфно входит в кристаллическую решетку кварца. Для метасоматического кварца Каттаичского района, кристаллизация которого происходила в альбит-серицитовых метасоматитах, как элементы-примеси характерны свинец, барий, и по сравнению с Коктау в меньших количествах фиксируются медь и алюминий.

Среди жильных кварцев, образовавшихся в более поздние стадии кристаллизации, по температурным условиям выделяются кварцы, соответствующие $300-460^{\circ}$, и кварцы, имеющие более низкие температуры кристаллизации — $160-250^{\circ}$. На основании проявленности декрепитационного эффекта (рис. 4) кварцы подразделены на четыре группы, которые соответствуют определенным типам их генетических разновидностей.

К первой группе относится жильный средне- и крупнозернистый кварц типа Б Коктауского района и кварц Каракутана типа В, ко второй — кварц типа Д более поздних стадий кристаллизации Каттаичского рудопроявления. Для Коктауского района кварц первой группы типа Б в составе элементов-примесей унаследованно содержит те же элементы, которые обнаруживаются и в исходной породе, и в метаморфизованном роговиковом кварце. В нем содержатся несколько увеличенные концентрации меди, серебра, ванадия, но резко снижается содержание алюминия и параллельно с этим уменьшаются значения параметра c элементарной ячейки кварца. В отдельных случаях в этих кварцах в отличие от метаморфогенного обнаруживается молибден. Для жильного кварца первой группы типа В Каракутана фиксируется повышение содержания алюминия, обнаруживается медь, серебро в тысячных долях процента. Жильный кварц второй группы типа Д Каттаича с температурой образования $160-250^{\circ}$ в основном повторяет фон элементов, но более повышенный, чем в метасоматической разности кварца. В данном случае в жильном кварце дополнительно фиксируется мышьяк. Как видно, структура кварца для разных районов как в ранних, так и в поздних стадиях кри-

таллизации может быть сходной, но ассоциации типоморфных элементов-примесей, стабилизированных в процессе кристаллизации кварцев, зависят и от вмещающей среды, и от физико-химических условий кристаллизации.

Мы получили уточненные результаты состава кремнисто-углеродистых сланцев с применением фазово-балансового анализа. После сорбции активированным углем рудных элементов из кислотных вытяжек дополнительно обнаружены свинец, цинк и во всех случаях кобальт и никель. Однако если условия кристаллизации метаморфогенного и жильного кварца среди кремнисто-углеродистых сланцев Коктау способствовали вхождению в них меди, серебра, ванадия, молибдена, то для свинца, цинка, мышьяка и других элементов они не были благоприятными. В наших примерах условия кристаллизации как метасоматических при $t = 250^\circ$ так и жильных при $t = 160-250^\circ$ каттаических кварцев явились подходящими для стабилизации свинца, бария, мышьяка.

Кварцы Каракутана по условиям кристаллизации ($t = 300-450^\circ$) могут считаться аналогами жильных кварцев Коктау.

Систематизация и сопоставление типоморфных особенностей и генетических разновидностей кварцев позволяют относить жильные кварцы поздних стадий кристаллизации типа Коктау к системам «корневых жил» проявленного единого процесса с минерализацией, накладывавшейся на ранние образования. По мере продвижения процесса минералообразования от нижних этажей к верхним в связи с изменением физико-химических условий кристаллизации кварца происходила смена в ассоциациях рудных элементов.

Для определения влияния температурного фактора на переход золота в растворимые формы мы провели опыты по выщелачиванию золота из глинисто-углеродистых пород с предварительным прогревом при t более 500° , а максимальное количество выщелачиваемого золота как царской водкой, так и соляной кислотой соответствует прогреву исходных проб при $t 800^\circ$ (табл. 4, рис. 6).

Следовательно, установленные в наших примерах условия кристаллизации метаморфогенного кварца в интервалах $300-320^\circ$ еще не обеспечивают переход золота в растворимые формы. Жильные кварцы типа Каракутана и Коктау с температурой кристаллизации $\sim 500^\circ$ могут указывать на появление благоприятных условий к переходу золота и других рудных элементов в растворимые формы. Это положение в свою очередь подтверждается обогащением концентрации золота в системах кварцевых жил Каракутана. Появление повышенных содержаний золота в связи с сульфидной минерализацией в кварцах более низких температур образования объясняется перемещением (миграцией) золота в верхние этажи. При анализе стабилизированных в различных условиях кристаллизации ассоциаций рудных элементов по сравнению с составом их в исходных вмещающих породах ус-

танавливается геохимическая подвижность рудных элементов, создающая вертикальную зональность (табл. 5).

Полученные данные позволяют относить прожилковые и метасоматические кварцы, находящиеся среди кремнисто-углеродистых сланцев тасказганской свиты района Коктау, к кварцам, образовавшимся в условиях менее высоких температур. В боль-

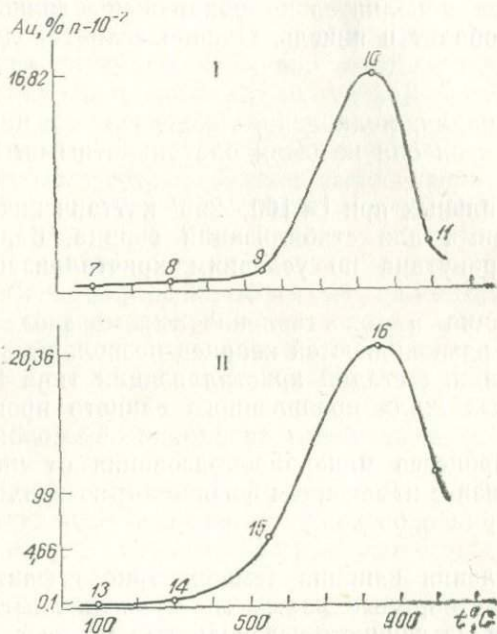


Рис. 6. Зависимости извлекаемости золота (I—10% HCl, II—царской водкой) от t° прогрева проб.

шинстве случаев это же подтверждает характер интегральных декрепитационных кривых.

Кварцы из кварц-молибденитовых, кварц-вольфрамитовых, а также пегматитовых жил по сравнению с изученными нами кварцами имеют несколько меньшие значения параметров элементарной ячейки. По условиям образования эти кварцы относятся к высокотемпературным разностям. Следовательно, изученные нами кварцы могут соответствовать кварцам более пониженных температур образования, что подтверждает и характер декрептограмм.

Для определения растворимости золота в осадочно-метаморфогенных породах мы использовали не только образцы кремнисто-углеродистых сланцев Тасказганской свиты Кызылкумов, но и глинисто-углеродистые сланцы, пронизанные микропрожилками,

песчаники древней толщи Каскыртау и ожелезненные конгломераты и песчаники мелового возраста Кызылкумов.

В кремнисто-углеродистых сланцах (пробы 1/2, П/1, П/3) химическим анализом определяется содержание SiO_2 —92%, окис-

Таблица 4

Содержание Au в вытяжках, полученных при действии разными кислотами на предварительно прогретые пробы глинисто-углеродистых сланцев, по данным активационного анализа

Номер пробы	Растворитель	t прогрева исходн. проб	Содержание Au в вытяжках, $n \cdot 10^{-7}$, %	Номер пробы	Растворитель	t прогрева исходн. проб	Содержание Au в вытяжках, $n \cdot 10^{-7}$, %
5	HNO ₃ 10% ная	105	0,62	13	Царская водка	105	0,1
1		300	0,2	14		300	0,14
2		550	0,26	15		550	4,66
3		850	0,28	16		850	20,36
4		1000	0,22	17		1000	9,9
7	HCl 10% ная	105	0,18	19	H ₂ SO ₄ конц.	105	0,32
8		300	0,14	20		300	0,3
9		550	0,42	21		550	0,76
10		850	16,82	22		850	0,74
11		1000	3,64	23		1000	0,44

Таблица 5

Схема геохимической подвижности и стабилизации рудных элементов в кварце

Генетический тип кварца	Температура кристаллизации, град.	Уровень стабилизации рудных элементов
Жильный (Каттаич)	160—250	● ● ● ●
Метасоматический (Каттаич)	250—300	● ● ● ●
Жильный (Каракутан)	300—460	● ● ● ●
Жильный (Коктау)	300—460	● ● ● ●
Роговиковый ранних стадий перекристаллизации (Коктау)	300—320	● ● ● ●

Примечание. Концентрации рудных элементов в исходных метаморфизованных породах кремнисто-углеродистого состава (Коктау): 1—V $n \cdot 10^{-1}$, 2—Au, 3—Ba $n \cdot 10^{-2}$, 4—Cu, Ag $n \cdot 10^{-3}$ — $n \cdot 10^{-2}$; 5—Mo $n \cdot 10^{-3}$ — $n \cdot 10^{-2}$ 6—Pb, Zn $n \cdot 10^{-4}$, 7—As.

ного железа — 0,22, закисного железа — 2,9, TiO_2 —0,16, Al_2O_3 —0,78, п. п. п.—0,4%. Спектральным анализом в этих сланцах установлено присутствие повышенных количеств молибдена, меди,

ванадия, серебра, кобальта, никеля и других элементов (аналитик М. Я. Камзон). Содержание $C_{орг}$ составляет в среднем 0,4%. Кремнисто-углеродистые сланцы окрашены в черный цвет присутствием графитизированной органики, рассеянной или сконцентрированной в виде слоек в массе скрытокристаллического кварца. В некоторых слоях кремнисто-углеродистых сланцев обнаруживаются мелкие зерна пирита размером в сотые доли миллиметра.

Сравнительные данные по извлечению золота

Номер пробы	Образец	Извлечение золота		
		HNO_3 10%	HCl 10%	царская водка
1/2	Кремнисто-углеродистые тонкослоистые сланцы тасказганской свиты	0,0005	0,0005	0,0002
П—1	Кремнисто-углеродистые грубослоистые сланцы тасказганской свиты	0,0051	0,0008	0,0020
		0,0050	0,0006	0,0037
500	Глинисто-углеродистые сланцы бесапанской свиты	0,0007	0,0002	0,0004
15	Серицитизированные сланцы с рассеянной сульфидной минерализацией (Кокпатас)	0,0006	0,1160	0,0412
501	Песчаник светло-серого цвета (Каскыртау)	0,0010	0,0002	0,0004
502	Песчаник темно-серого цвета (Каскыртау)	0,0032	0,0002	0,0002
503	Песчаник светло-желтого цвета мелового возраста	0,0012	0,0002	0,0004
2548	Ожелезненные конгломераты мелового возраста	0,0004	0,0011	0,0005
		0,0029	0,0096	0,0048
		3,00	2,50	0,90
	Окисленные руды*			
	Кварцевая жила с вкраплением пирита, халькопирита, молибденита и висмутитина*	0,07	11,0	0,5

* Данные В. М. Новикова по Восточному Забайкалью.

Исследовались как грубо-, так и тонкослоистые разности кремнисто-углеродистых сланцев. Глинисто-углеродистые сланцы Даугузского рудопроявления с содержанием $C_{орг}$ 2,7% по разноориентированным трещинам имеют выделения кварцевых прожилков мощностью от 1 до 3 мм. Органическое вещество неравномерно распределено в пелитоморфной массе, образуя сгустковую текстуру. Пирит неравномерно распределен вдоль сцементированных кварцем трещин или приурочен к участкам, обогащенным органическим веществом. Размер зерен пирита достигает 1—2 мм и более. Также исследованы песчаники кварц-серицитового состава.

ва с содержанием $C_{\text{орг}}=0,49\%$, отобранные из древней свиты Каскыртау. В осветленных разностях песчаника $C_{\text{орг}}$ снижается до $0,09\%$.

Растворимость золота мы исследовали методом фазового анализа по схеме В. М. Новикова (1971) с последовательной обработкой породы 10% -ной азотной и соляной кислотой и царской водкой.

Таблица 6

из пород и руд разными кислотами

кислотами, г/т

H_2SO_4 , конц.	нерастворимый остаток	Сумма	HNO_3 10%	HCl 10%	царская водка	H_2SO_4 , конц.
0,0022	Нет	0,0034	14,7	14,7	5,9	64,7
—	—	0,0079	64,5	10,2	25,3	—
—	—	0,0093	53,8	6,4	39,8	—
0,0004	0,3516	0,3533	0,2	0,1	0,1	0,1
—	—	0,1578	0,4	73,5	26,1	—
0,0001	0,0036	0,0053	18,8	3,8	7,5	1,9
0,0003	0,0052	0,0091	35,2	2,2	2,2	3,3
0,0008	0,0004	0,0030	40,0	6,7	13,3	26,7
—	—	0,0020	20,0	55,0	25,0	—
—	—	0,0173	16,8	55,5	27,7	—
—	—	6,40	47,0	39,0	14,0	—
—	—	11,57	0,6	95,2	4,2	—

Для проведения балансового анализа золота в породах после фазового анализа остаток неразложившейся пробы мы обрабатывали 50 мл концентрированной серной кислоты при 6-часовом нагревании на водяной бане. Таким образом, предполагалось перевести в раствор золото, связанное с углеродистым веществом, разлагаемым серной кислотой. Кроме того, в нерастворимых остатках также определялось золото. Его извлекали из кислотных вытяжек активированным углем «карболен», который озоляли в муфельной печи при температуре $500^\circ C$. После обработки серной кислотой нерастворимый остаток исследовали на содержание золота методом радиоактивационного анализа (аналитик Г. С. Ни-

каноров), затем сопоставляли результаты по извлечению золота разными кислотами для пород и руд (табл. 4, 6).

В кремнисто-углеродистых сланцах, более обогащенных органикой (обр. 1/2), золото при обработке азотной и соляной кислотами выщелачивается в малых количествах, как и царской водкой, а серная кислота выщелачивает 64,7% золота; в менее обо-

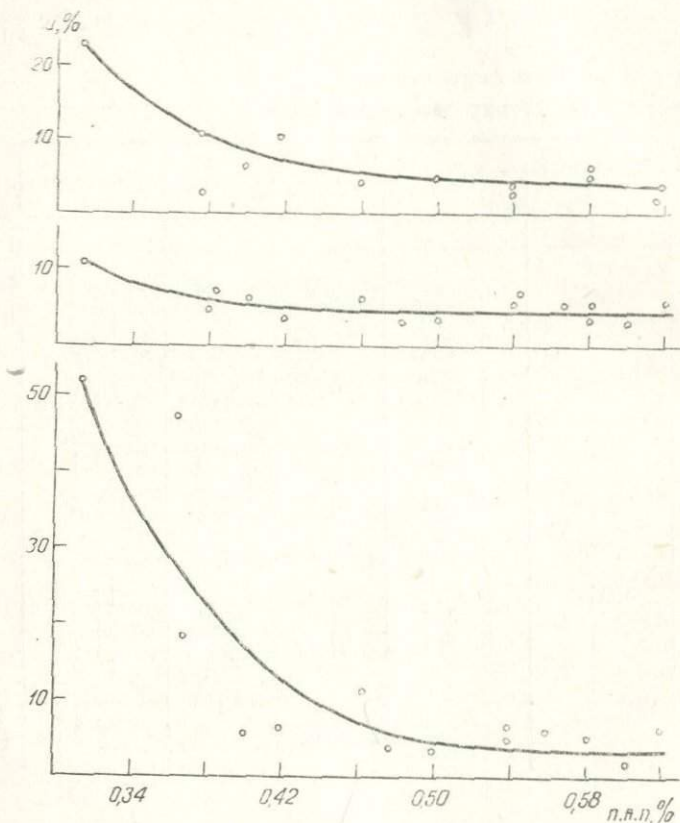


Рис. 7. Зависимости извлеченного золота (I—10% HCl. II—10% H₂SO₄, III—царской водкой) от потерь при прокаливании.

гащенных органикой сланцах (обр. П/1, П/3) свыше 60% выщелачивается азотной кислотой и до 40% — царской водкой.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в образце, обогащенном органическим материалом, золото находится в ассоциации с ним и потому выщелачивается при разрушении органической составляющей. В менее обогащенных органикой сланцах золото экстрагируется в основном азотной кислотой. На основа-

нии этих результатов можно говорить о том, что золото в данном образце находится также в растворимой форме, но стабилизируется в основном неорганическим материалом, а в значительной части тонковкрапленными сульфидами в виде пирита в углеродистых сланцах. При сопоставлении данных потерь при прокаливании по 16 пробам кремнисто-углеродистых сланцев с результатами извлечения золота азотной, соляной кислотами и царской водкой (рис. 7) видно, что с увеличением потерь содержание золота, экстрагированного азотной кислотой и царской водкой, уменьшается. Это говорит о том, что с увеличением орга-

Таблица 7

Количество извлекаемого кислотами золота из пород с различным содержанием $C_{орг}$

Номер пробы	Проба	$C_{орг}$ на породу	Содержание Au, г/т	Извлечение Au кислотами (HNO_3 , HCl , царская водка), %	Извлечение H_2SO_4 , %	Содержание Au в нерастворимом осадке, г/т
500	Глинисто-углеродистые сланцы	2,72	0,3533	0,4	0,1	0,3516
502	Песчаник темно-серый (Каскыртау)	0,49	0,0091	39,6	3,3	0,0652
1/2	Песчаник светло-серый (Каскыртау)	0,09	0,0053	30,4	1,9	0,0036

нической составляющей усиливается связь золота с органическим материалом и уменьшается его извлечение данными растворителями.

Особый интерес представляют результаты исследований глинисто-углеродистых сланцев с содержанием $C_{орг}=2,7\%$. Золота в этих породах 0,35 г/т. Оказалось, что из глинисто-углеродистых сланцев золото слабо выщелачивается кислотами, в том числе и серной. Практически все золото, как показывают анализы (табл. 7), остается в нерастворимом остатке, обогащенном органическим веществом.

Предполагается, что золото в глинисто-углеродистых сланцах в отличие от кремнисто-углеродистых сланцев Коктау находится в виде нерастворимой формы и связано с углеродистым веществом. И эта связь не нарушается даже при действии серной кислоты.

Однако, как показывают исследования, нерастворимое золото переходит в растворимое в определенных интервалах прогресса исходных проб. При нагревании их до $300-350^\circ$ золото практически остается в связанной форме с органическим веществом и заметно выщелачивается царской водкой после 500° с максималь-

ным переходом в растворимую форму при 800°. При этой температуре золото активно растворяется и соляной кислотой.

Количество золота, перешедшего в раствор в зависимости от растворителя и температуры прогрева исходных проб показано на графике (рис. 8).

Из песчаников Каскыртау темно-серого цвета, в которых $C_{орг} = 0,49\%$, 10%-ной азотной кислотой и конц. H_2SO_4 выщелачивается больше золота чем из светло-серых образцов. Эти результаты еще раз указывают на проявление связи с сульфидами и

органическим материалом и в песчаниках древней свиты Каскыртау.

Для изучения структуры органического вещества в породах с целью выявления форм его связей с металлами (Mo, W, Ni, Co, V, Au) с помощью разработанного нами метода фазово-балансового анализа из имеющихся проб отобран образец глинисто-углеродистого сланца с содержанием нерастворимого золота, связанного с органическим веществом ($C_{орг} 2,7\%$ и Au 0,35 г/т). На кафедре химии природных соединений химического факультета ТашГУ под руководством доктора химических наук, профессора О. С. Отрошенко проводилась работа по выявлению связи золота с углеродистым веществом

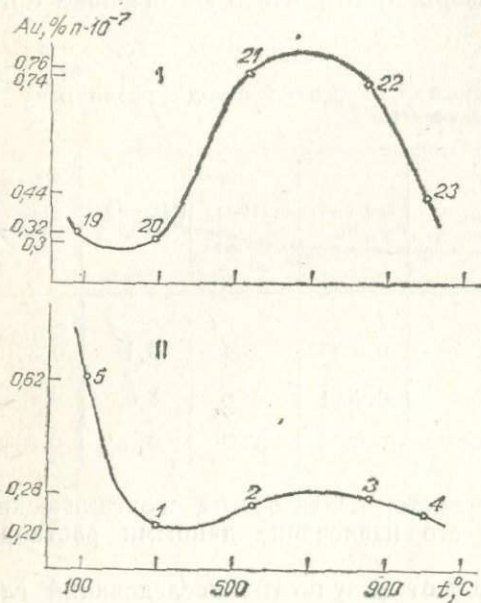


Рис. 8. Зависимость извлеченного золота (I— H_2SO_4 конц., II— H_2SO_4 —10%) от температуры прогрева исходных проб.

(аналитик В. Н. Синицына). Так как наш образец кроме нерастворимого органического вещества содержит золотоорганические комплексы экстрагента при многократной обработке каждым раствором минеральных кислот и не высвобождают золота, извлекалось растворимое органическое вещество с помощью оптимальных неорганических растворителей (эфир, петролейный эфир, хлороформ, бутанол, метанол, диметан-формамид) и воды. Все растворители предварительно очищали и перегоняли для удаления из них углеводородов состава, отличного от состава растворителей.

Экстракцию проводили в специальной колбе, исключаящей комплексы типа хелатов, которые не разрушаются при действии на ригителем при нагревании в течение трех дней. Экстракт отделяли

от породы фильтрованием. Последующей фракционной перегонкой отделяли растворитель и выделенное из породы органическое вещество. Таким образом, удалось из навесок пород в 10 г накопить количество растворимого органического вещества, достаточное для проведения предварительной расшифровки его структуры с помощью метода ЯМР.

В спектре протонного магнитного резонанса хлороформного экстракта диметилформаидной вытяжки наблюдается ряд сиг-

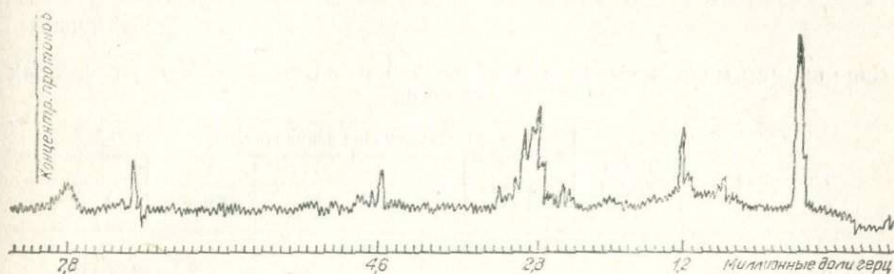


Рис. 9. Спектр экстракта ОВ, растворенного в хлороформе.

налов (рис. 8). На основании литературных данных (Фаррар, Бэккер, 1973) по химическим сдвигам различных функциональных групп можно сделать следующее соотношение сигналов.

Положение сигнала в м. д. гц	Функциональная группа
0,83	—СН ₃ алифатич. цепи
1,2	—СН ₂ алифатич. цепи
2,8	—СН ₂ предельных циклов
4,6	—СН—СН—изолир. двойная связь
7,8	—СН в ароматич. замещ. кольце

При растворении диметилформаидного экстракта в воде в спектре протонного магнитного резонанса наблюдаются те же сигналы за исключением групп СН₃— и СН₂— липидной части, которая, видимо, в качестве примеси входит в хлороформный экстракт и не растворяется в воде (рис. 9). Полученные пики в спектрах оказались необычно расширенными, что можно объяснить нахождением в выделенных нами органических комплексах металлов, в том числе и золота (Д. Эмсли, Д. Финей, Л. Сатклиф, 1968).

Изучался также процесс выщелачивания меди, молибдена, ванадия из кремнисто-углеродистых сланцев Коктау. Образцы сланцев отдельно обрабатывали различными концентрированными и 10%-ной серной и соляной кислотой, а также царской водкой. Навеску породы (10 г) заливали 10 мл растворителя и на во-

дяной бане разлагали до влажных солей. В случае применения серной кислоты пробу разлагали при нагревании на водяной бане в течение 6 часов. Остаток заливали 10 мл горячей воды и отфильтровывали через фильтр «синяя лента». Осадок на фильтре промывали, доводя фильтрат до объема 250 мл. Сорбцию из кислотных вытяжек производили на активированном угле «карбоден» и «кад-иодный». Содержание элементов определяли спектральным анализом (аналитик М. Я. Камцов, табл. 8, 9).

Таблица 8

Содержание меди и молибдена в вытяжках из кремнисто-углеродистых сланцев

Экстрагент	Номер пробы	Содержание элементов, %			
		кол-во проб	Cu	кол-во проб	Mo
10%-ная HCl	I	2	0,001—0,003	8	Нет
	II	8	0,0001	8	Нет
Конц. HCl	I	7	0,003—0,005	8	Нет
	II	4	0,0001	8	Нет
10%-ная H ₂ SO ₄	I	3	0,0001—0,0007	3	0,0003
	II	2	0,0001—0,003	2	0,001
Конц. H ₂ SO ₄	I	2	0,0001—0,001	8	0,0005
	II	1	0,001	8	Нет
Царская водка	I	3	0,0005—0,003	1	0,001
	II	8	0,0001—0,003	1	0,0003

Полученные данные для молибдена, меди, ванадия при раздельном выщелачивании кремнисто-углеродистых сланцев (пробы I, II, 495) дают возможность предварительно обсудить вопрос о формах фиксации этих элементов. Так, в вытяжках серной кислоты и частично в царской водке, причем в тонкослойных разностях, более обогащенных органикой, молибдена выщелачивается в три раза больше, чем в грубослойном образце с меньшим содержанием $S_{орг}$.

Можно предполагать также, что молибден фиксируется в основном органическим материалом. Кроме этого результаты анализов по меди свидетельствуют о преимущественном нахождении меди в кремнисто-углеродистых сланцах в связи с органическим веществом. Медь выщелачивается в большей степени при действии серной кислоты в пробах, более обогащенных органикой, в то время как из проб, содержащих меньше органической составляющей, медь экстрагируется больше соляной кислотой.

Изучение разновидностей кварцев, образовавшихся во вмещающей толще кремнисто-углеродистых сланцев позволило выявить, что содержание алюминия как в исходных кремнистых породах, так и в метаморфогенных ранних стадий раскristаллизации кварца одинаково — около 1% и резко сокращается до сотых долей

процента в жильных кварцах, относящихся к более поздним стадиям раскristализации. Одновременно с уменьшением содержания алюминия уменьшается значение параметра c элементарной ячейки решетки кварца. Такие элементы как серебро и медь захватываются во всех стадиях процесса кристаллизации кварца, их содержания повышаются в метаморфогенных и затем в жильных кварцах по сравнению с содержаниями в исходных вмещающих кремнисто-углеродистых породах. Молибден не обнаруживается в метаморфогенных кварцах, относящихся к ранним стадиям кристаллизации. Он фиксируется лишь в отдельных образцах

Таблица 9

Содержание ванадия в экстрактах и нерастворимых остатках, полученных из кремнисто-углеродистых сланцев (проба 495)

Экстракт	Содержание, %			
	экстракт		нерастворимый остаток	
	до прокаливания	после прокаливания	до прокаливания	после прокаливания
10%-ная HCl	0,005	0,001	0,03	0,01
Конц. HCl	0,005	0,001	0,03	0,01
10%-ная H ₂ SO ₄	0,005	0,003	0,03	0,01
Конц. H ₂ SO ₄	0,005	0,003	0,03	0,01
Царская водка	0,007	0,007	0,03	0,01

жильного кварца, для которого условия кристаллизации определяются интервалами температур 300—460°. Однако для этих кварцев по сравнению с вмещающими породами отмечается или сохранение содержания серебра и меди, или некоторое его увеличение.

При сопоставлении кварцев Коктауского района с кварцами рудопроявления Каттаич достаточно четко выявляются их особенности и по условиям кристаллизации и по содержанию в них элементов-примесей.

В Коктауских кварцах количество серебра и меди на порядок выше, постоянно присутствует ванадий. В кварцах Каттаичского рудопроявления дополнительно обнаруживаются барий, свинец, а в жильных кварцах более поздней кристаллизации — мышьяк. В этих же кварцах отмечается некоторое повышение концентрации свинца и золота. Однако в этом районе во всех разновидностях кварца отсутствует ванадий, молибден. В кварцах Каттаичского района с проявленной сульфидной минерализацией при тщательной очистке кварцевых зерен от пирита и других сульфидов золото обнаруживается в кларковых значениях, тогда как

в сульфидах, ассоциирующих с этим кварцем, фиксируется его повышение.

Кварцы темно-серого цвета, относящиеся к более ранним стадиям кристаллизации и содержащие распыленную микровкрапленность органического вещества, по содержанию золота являются аномальными, в них обнаруживается повышенная его концентрация. Эти данные указывают на то, что и в жильных кварцах присутствие органических веществ обуславливает повышенные содержания золота.

Мы изучали соотношения содержаний органического углерода и золота в углеродистых породах. В опубликованных работах (Савельев, 1968; Radtke и Scheiner, 1970; Баскаков, 1974) высказаны положения о зависимости содержаний золота от органических компонентов в породах и минералах. А. Радтке и Б. Шайнер (1970) систематизировали данные по содержанию органического углерода и золота для карбонатных пород. Полученные результаты показали, что золото заметно увеличивается в породах с содержанием органического углерода от 0,3% и более. При содержании $C_{орг}$ до 0,3% золото с ним не коррелирует. Далее авторы указывают, что в сланцах, содержащих 0,2 вес. % органического углерода, на выделение золота из гидротермальных растворов в основном влияет присутствие «различных типов углеродистых веществ».

С применением методики фазово-балансового анализа мы изучили кремнисто-углеродистые сланцы Тасказганской свиты (Коктау) и глинисто-углеродистые сланцы бесапанской свиты (Даугызтау). Кремнисто-углеродистые сланцы имеют микрослоистую текстуру, обусловленную распределением обуглероженного органического вещества в массе микрозернистого кварца. Параллельно слоистости местами обнаруживается вкрапленность пирита, размер зерен которого определяется до сотых долей миллиметра.

Глинисто-углеродистые сланцы представляют пелитоморфную массу, в которой в виде сгустков содержится органическое вещество. Пирит в виде отдельных зерен до 1—2 мм неравномерно распределен вдоль нитевидных кварцевых прожилков или приурочен к участкам, обогащенным органическим веществом. В общей массе исследованные породы имеют черный цвет.

По содержанию золота и $C_{орг}$ эти два типа сланцев резко различаются: кремнисто-углеродистые содержат от 0,21 до 0,51% $C_{орг}$, а глинисто-углеродистые — до 2,72%. Количество золота, установленное активационным анализом, в кремнисто-углеродистых сланцах находится в пределах кларковых содержаний или несколько превышает кларк, в глинисто-углеродистых сланцах составляет 0,35 г/т.

Процент извлечения золота неорганическими кислотами (HNO_3 , HCl , царской водкой, H_2SO_4) из пробы глинисто-углеродистых сланцев, содержащих 2,72% органического углерода, весьма не-

значителен по сравнению с общим содержанием золота в породе, а также по сравнению с процентом извлечения золота из кремнисто-углеродистых сланцев (табл. 6).

Сколь сильна связь золота с углеродистым веществом, показывает содержание золота в нерастворимом остатке: оно уменьшается настолько незначительно, что остается почти таким же, как до химической обработки (табл. 7).

При термической обработке порошок исходной пробы глинисто-углеродистой породы заметно изменяет окраску: исходный черный цвет переходит в темно-серый при 550°C, резкий переход в светло-желтый и белый цвет фиксируется соответственно при температурах 800 и 1000°C.

Для установления корреляции между содержаниями $C_{орг}$, п. п. п. и золота мы изучили 16 проб кремнисто-углеродистых сланцев с разным содержанием $C_{орг}$ (от 0,21 до 0,51%). Сопоставление результатов анализов п. п. п. и $C_{орг}$ в данных пробах показали, что в отдельных случаях значения п. п. п. и $C_{орг}$ очень близки, в остальных пробах п. п. п. несколько превышают значения содержания $C_{орг}$. Это говорит о том, что величины п. п. п. почти полностью зависят от содержания $C_{орг}$ в породе. Необходимо отметить также, что чувствительность метода по определению п. п. п. значительно выше метода определения $C_{орг}$. Поэтому в интервалах малых содержаний $C_{орг}$ и кларковых содержаний золота для установления корреляции с большой эффективностью могут быть использованы значения п. п. п.

Номер пробы	П. п. п., % на породу	$C_{орг}$, % на породу
1	0,38	0,36
2	0,32	—
3	0,46	0,46
4	0,4	0,29
5	0,38	0,21
6	0,42	0,36
7	0,38	0,27
8	0,56	0,47
9	0,54	0,38
10	0,54	—
11	0,58	0,42
12	0,50	0,43
13	0,62	0,50
14	0,48	0,37
15	0,58	0,51
16	0,64	0,37

Мы провели корреляцию между п. п. п. и содержанием золота в породах, извлеченного разными неорганическими кислотами по принятой нами схеме HNO_3 , 10%-ной HCl , царской водкой и концентрированной H_2SO_4 . Нерастворимый остаток также анализировался на содержание золота.

Из полученных данных видно, что в пробах активную роль по отношению к золоту выполняют сульфиды, причем чем меньше п. п. п. и, соответственно, $S_{орг}$ в образцах, тем больше золота выщелачивается азотной кислотой, т. е. тем сильнее его связь с сульфидами. В меньшей степени это проявляется при обработке проб царской водкой и совсем не проявляется при обработке соляной кислотой, так как HCl не растворяет пирит и халькопирит (рис. 7).

При сравнении характера распределения и концентрации компонентов в изученных углеродистых породах следует отметить, что на кремнисто-углеродистые сланцы с малым содержанием золота не воздействовали термальные растворы, в то время как на глинисто-углеродистые сланцы, пронизанные тончайшей сеткой рудного кварца, интенсивно воздействовали рудные растворы. Поэтому в кремнисто-углеродистых породах малые содержания золота могут соответствовать концентрации, отвечающей первоначальному этапу седиментации осадков, в то время как глинисто-углеродистые сланцы обогащались золотом в стадии наложенных эпигенетических процессов. Это положение подтверждается также и тем, что, если содержание органического углерода увеличивается в глинисто-углеродистых сланцах по отношению к кремнисто-углеродистым в 4 раза, то количество золота увеличивается в 100 раз.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

Для Западного Узбекистана по изученным объектам в зависимости от времени и условий кристаллизации, а также с учетом разнообразных наиболее распространенных форм проявления кварца, выделяется восемь его генетических разновидностей.

1. Кварц скрытокристаллический, породообразующий кремнисто-углеродистых сланцев.

2. Кварц тонко- и мелкокристаллический с полосчатой текстурой, образующийся в процессе перекристаллизации кремнистых сланцев.

3. Кварц крупнокристаллический с реликтовой ячеистой и полосчатой текстурой, обусловленной неоднократной перекристаллизацией кремнистых сланцев.

4. Кварц мелко- и среднекристаллический, образующий секущие прожилки в кремнистой породе с признаками метасоматического замещения в зальбандах.

5. Кварц равномернораскристаллизованный, выполняющий секущие трещины в кремнисто-углеродистых сланцах, имеющий резкий прямолинейный контакт с вмещающей породой.

6. Кварц крупнокристаллический с выраженным волнистым погасанием, находясь в ассоциации с мелкозернистым кварцем, слагает секущие жилы в золоторудной зоне (Каракутан).

7. Кварц с ориентированными в одном направлении удлинеными зернами.

8. Кварц идиоморфнозернистый в ассоциации с мусковитом, плагиоклазом, касситеритом.

Для исследованных метаморфогенных и жильных генетических разновидностей кварцев четко устанавливается зависимость в увеличении параметра с элементарной ячейки кварца от повышения содержания алюминия, что указывает на изоморфное вхождение алюминия в структурную решетку кварца. Менее проявленная зависимость отмечается для меди.

По характеру проявленности интегральной кривой декрепитационного эффекта исследованные кварцы систематизированы в 4 группы. В метаморфогенных кварцах импульсы декрепитации не фиксируются. Кварцы, в которых проявлен декрепитационный эффект с учетом данных гомогенизации относятся к одно- и многократным температурным интервалам условий кристаллизации. Выделяются кварцы, образовавшиеся в один период или однократно в интервалах 150—280° (Каттаич) и при 300° (Коктау) и кварцы с многократным проявлением кристаллизации в интервалах температур 250—300 и 300—480° (Коктау, Каракутан, Каттаич).

Для арсенопиритов, находящихся в кварц-сульфидных жилах, температура образования равна 240—260°, что согласуется с температурой кристаллизации кварца из этих жил — 220—260°. В этих же кварцевых жилах Каттайчского рудопроявления установлен шеелит. Золото в кварце находится в виде пылевидных частиц и тонких ниточек.

На примере Коктау показано, что жильные кварцы с многократно проявленной кристаллизацией характеризуются изменением баланса и фона элементов-примесей по сравнению с кварцами метаморфогенных ранних стадий перекристаллизации. В них увеличивается содержание серебра и меди и обнаруживается молибден. Кварц очищается от алюминия с параллельным уменьшением величины параметра с элементарной ячейки. Температура инверсии метаморфогенных кварцев Коктау по сравнению с жильными несколько ниже. Понижение температуры инверсии соответствует повышенным содержаниям в кварцах алюминия.

Повышение температуры режима кристаллизации не препятствует вхождению алюминия в решетку кварца. Следовательно, изменение содержания алюминия в жильных кварцах Коктау по сравнению с метаморфогенными этого же района может указывать на некоторые различия источника исходных растворов, участвовавших в образовании жильного кварца. В связи с этим жильные кварцы поздних стадий минерализации типа Коктау, находящиеся в ассоциации с метаморфогенными и метасоматическими разновидностями кварцев, являются индикаторами проявления наложенных гидротермальных более поздних процессов.

Выявленные поисковые признаки жильных кварцев в метаморфогенных комплексах необходимо использовать в практике

поисково-разведочных работ на установление рудоносных, в том числе золотоносных зон.

Изложенные положения о проявлении наложенных гидротермальных процессов в метаморфогенных комплексах Коктау подтверждают повышенные концентрации меди и других элементов в брекчированных зонах.

Текстурно-структурные особенности кварца для разных районов как в ранних, так и в поздних стадиях кристаллизации могут быть сходными или аналогичными, но ассоциации типоморфных элементов-примесей, захваченных в процессе кристаллизации

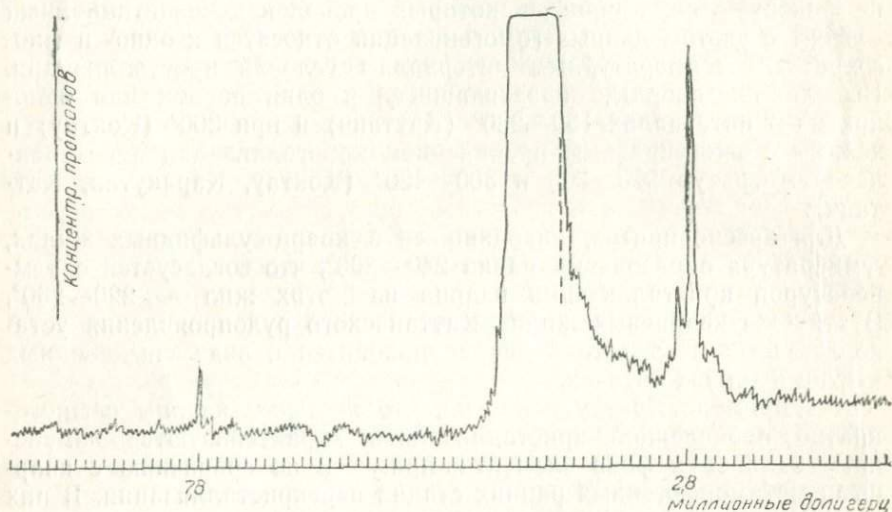


Рис. 10. Спектр экстракта ОВ из глинисто-углеродистых сланцев. Раствор в воде.

кварца, зависят от вмещающей среды и от физико-химических условий кристаллизации. Характерной индикаторной особенностью кварцев, находящихся в ассоциации с золоторудной богатой минерализацией, является их многократно проявленная кристаллизация в гидротермальных процессах в температурных интервалах от 300 до 460°. Этой же характеристике отвечают жильные кварцы района Коктау, в связи с чем необходимо более внимательно подходить к их исследованию при выявлении рудоносности. Также отмечается золотоносность кварца жильного типа, образующегося в ассоциации с полиметаллической минерализацией, пиритом и арсенопиритом в температурных интервалах более низких значений — 240—260°.

Для выявления форм фиксации золота и некоторых рудных элементов применен фазово-балансовый анализ. В глинисто-уг-

леродистых сланцах установлена нерастворимая форма золота. Экспериментально показано, что золото из нерастворимой формы переходит в растворимую в определенных температурных интервалах прогрева исходных проб. При нагревании исходных проб до $300-350^{\circ}$ золото практически остается в связанной форме с органическим веществом и заметно выщелачивается царской водкой после 500° с максимальным переходом в растворимую форму при температуре 800° . После прокаливании при температуре 800° достаточно активно золото растворяется соляной кислотой. С помощью метода ЯМР получены спектры органических комплексов, а также выделенных экстракцией органических комплексов металлов, в том числе и золота (рис. 10).

Для Каттаицкого района в кварцевых зернах, очищенных от примесей рудных минералов, золото обнаруживается в кларковых значениях, а в темно-серых кварцах, содержащих распыленную микровкрапленность органического вещества, отмечается его увеличение. Таким образом, органическое вещество имеет определенное значение в концентрации рудных элементов как во вмещающих породах, так и в кварце жильного типа.

Глава III

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА И ПИРИТА ЗОЛОТОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

Первые сведения о некоторых типоморфных особенностях западноузбекистанского рудного золота и пирита мы находим в работах Н. В. Лиценмайер (1951, 1959), И. Х. Хамрабаева (1958), Р. П. Бадаловой (1962, 1964). К настоящему времени наиболее полно изучена пробыность, морфология золота (Бадалова, 1962, 1964, 1966; Бадалова, Бадалов, 1964, 1967; Палей, 1966; Николаева, 1974, 1976, 1978; Касымов, 1969; Маркова, Хорват, 1969; Нестерова, Чеботарев, 1969; Зарембо, Кореннова, 1970, 1974; Попенко, 1970, 1974; Петровская, 1969, 1973; и др.). Получены данные о его структуре (Бадалова, 1962; Бадалова, Николаева, 1970; Николаева, 1967, 1973, 1974; Зверева, 1975), элементах-примесях (Бадалова и др., 1964; Ланцев, Николаева и др., 1971; Петровская, 1973; Громова, 1976, 1978; Бендик, Нестерова, 1975). Изучены плотность золота (Бадалова, Лебедева и др., 1973), твердость (Бадалова и др., 1968; Петровская, 1973), параметры элементарной ячейки и другие вопросы типоморфизма золота (Чеботарева, 1966; Петровская, 1973; Бадалова, Николаева, 1973; Николаева, Бадалова, 1974; Зарембо и др., 1974; Чеботарев, Волков, Хамрабаев, 1973—1975).

По пириту публикаций меньше, хотя известны многочисленные упоминания и более или менее подробные характеристики этого минерала (Хамрабаев, 1958, 1969; Рахматуллаев, 1964 и др.). Данные по составу, свойствам, золотоносности, парагенезису и типоморфизму пирита освещены в работах Ю. Г. Зарембо (1968), А. М. Гаврилова (1968, 1971), Э. А. Марковой и др. (1969), Р. П. Бадаловой (1969, 1971), Г. М. Чеботарева и др. (1969, 1975, 1977).

Описаны отдельные разновидности пирита: осадочно-метаморфический в сланцах Мурунтау (Юдин, 1971), тонкопрожилковый в граносиенитах Чармитана (Хамрабаев и др. 1971), дана их генетическая характеристика и отмечена роль в рудном процессе. Многие работы посвящены изучению отдельных свойств — микротвердости (Бадалова, Николаева, 1969), значениям ТЭДС (Ро-

зова, Гаврилов, 1970; Зарембо, Розова, 1971; Акрамов, Борщов и др., 1975; Жеребцов и др., 1978), а также вопросам их связи с составом и условиями образования пирита.

Таким образом, к настоящему времени накоплен значительный материал по вопросам типоморфизма пирита и золота, но некоторые из них оставались не решенными, не было достаточно полной систематизации морфогенетических типов и разновидностей этих минералов, сравнительного анализа их свойств и др., что и определило направление наших исследований.

Изучение парагенетических связей и типоморфизма минералов, текстурно-структурных особенностей руд отдельных месторождений, их сравнительный анализ, выполненные с учетом данных наших коллег, позволили нам дать следующую схему последовательности формирования основных (типоморфных) гидротермальных рудообразующих комплексов минеральных ассоциаций: 1) золото-редкометалльно-кварцевый; 2) золото-сульфидный, 3) золото-полиметаллический, 4) серебро-полисульфидно-кварцевый, 5) кварц-карбонатный. Относительные масштабы и формы проявления их в разных месторождениях различны. Гидротермальному рудному процессу предшествовали периоды минералообразования, связанные с накоплением, диагнезом и метаморфизмом вмещающих пород, контактовыми и гидротермально-метасоматическими их изменениями, а также интрузивной деятельностью, отдельные фазы которой сопровождали процесс рудообразования. В дальнейшем происходило гипергенное разрушение и перемещение минералов руд и пород. Все эти процессы в той или иной мере отражались в типоморфизме рудообразующих минералов, что и позволило использовать данную схему при выделении показанных ниже морфогенетических типов пирита и золота.

В основу методики изучения типоморфных особенностей пирита и золота нами положены комплексные исследования их состава, свойств и парагенезиса с применением разнообразных методов анализа в лабораториях ИГиГ АН УзССР, ЦЛ МГ УзССР, ИЯФ АН УзССР, ИГЕМ АН СССР, ВСЕГЕИ и др. Специфика исследуемых минералов обусловила преимущественное использование методов минераграфии — изучения пирита и золота в отраженном свете с замерами микротвердости, отражения, травления кислотами, определением состава рентгеноспектральным микрозондированием и т. д. В процессе исследований отработывались и совершенствовались некоторые аналитические приемы и методы (Волков, Чеботарев, 1975₁₋₂).

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА

Один из основных вопросов типоморфизма золота — выяснение вариаций свойств в зависимости от изменения его состава, характера среды и условий образования. Анализ накопленного материала показывает, что связи состав — свойства золота уже

в значительной мере изучены, но вопросы их зависимости от парагенезиса и условий рудообразования весьма сложны и требуют тонких сравнительных исследований. Н. В. Петровская (1973) говорит, что упрощенный подход к использованию пробности как однозначного типоморфного показателя неприемлем и необходимо тщательное исследование причин конкретных вариаций пробы золота.

Мы изучали коллекцию рудного золота, извлеченного разными методами из протокочек руд, из ненарушенных образцов кварца, сульфидов и золота в аншлифах из руд разного состава, парагенезиса, глубин формирования и т. д. Это позволило исследовать сечения мало деформированных золотинок в естественных сростаниях. Анализировались руды кварцево-сульфидно-золоторудной формации, для сравнения были изучены руды сульфидно-золоторудной формации.

Мы различаем несколько морфогенетических типов золота, установленных в породах и рудах региона: седиментогенное, магматогенное (?), гидротермальное, гипогенное и метаморфогенное.

Седиментогенное или первично-осадочное золото, сингенетичное вмещающим породам (Петровская, Фасталович, 1952; Легедза, 1966), имеет два подтипа — хемогенный и кластогенный. Для первого выделяется несколько разновидностей, в том числе сорбированное или входящее в состав породообразующих минералов, предположительно связанное с органическими компонентами, а также присутствующее в сульфиде, рассеянных в черных сланцах. Эти разновидности обычно фиксируются высокочувствительными методами (Чеботарев, 1969; Юдин, 1971; Лощинин, 1972; Баскаков, Чеботарев, 1972; Баскаков, Силицына, 1974; Отакузиев и др., 1978; 1979; Проценко и др. 1978; Юсупова, Бадалов, 1979 и др.). Н. И. Джантуганову с соавторами (1977) удалось выделить и изучить золото, относимое ими к хемогенному типу, которое оказалось низкопробным (485—535, за исключением золота из пород бесапанской свиты, проба которого 915—930‰) с твердостью 77,9—107,0 кг/мм², губчатой или пористой субмикроструктуры.

Кластогенное или россыпное золото имеет две разновидности — древнее (палеотипное), связанное с палеозойскими и мезо-кайнозойскими образованиями и современное (кайнотипное) в четвертичных отложениях. Это золото более или менее сильно окатано, отличается большими вариациями пробы, и разнообразием внешних признаков (Палей, 1966; Гуреев, Зверева, 1969; Попенко, 1970, 1974; Моисеева и др., 1975; Джантуганов и др., 1977; Николаева, 1978).

Магматогенное (?) золото, предположительно связанное с некоторыми стадиями формирования интрузивных образований, фиксируется в породообразующих минералах, акцессориях и присутствует в виде редких мелких обособленных включений (Хамрабаев, 1969; Азимов и др., 1970, 1974; Кушмурадов,

1970, 1977; Юдалевич и др. 1973). Типоморфные особенности такого золота изучены недостаточно подробно.

Гипогенное гидротермальное золото, образование которого связано с деятельностью рудообразующих гидротермальных растворов глубокой циркуляции, представляет собой основную промышленную ценность исследуемых формаций (рудное золото).

Различается несколько разновидностей или генераций золота данного типа, главным образом по принадлежности его к той или иной устойчивой парагенетической ассоциации (Петровская, 1956) и свойствам. Часто установить разновидности золота трудно из-за отсутствия прямых надежных признаков его отношения к той или иной ассоциации. В таких случаях приходилось использовать совокупность косвенных признаков.

Наиболее ранняя генерация золота I, входящая в состав главной продуктивной золото-редкометальной кварцевой ассоциации, наиболее широко и полно представлена на месторождениях кварц-сульфидно-золоторудной формации. Золото здесь ассоциирует с кварцем, полевым шпатом, хлоритом, шеелитом, молибденитом, небольшими количествами пирита, арсенопирита и некоторыми другими минералами, концентрируясь в зонах кварц-полевошпат-слюдистых метасоматитов и сопряженных с ними жилах молочно-белого кварца в сланцах и граносиенитах. Пространственно-возрастные соотношения между золотом, шеелитом и другими минералами данной ассоциации¹, доказывающие их парагенетическое единство, показаны И. Х. Хамрабаевым, Г. М. Чеботаревым и др., 1973; Х. Н. Баймухамедовым и др. 1975; В. А. Хорватом и др. 1976; В. Ф. Проценко, 1976.

Характерные черты золота I — округло-изометричная (комковато-дробевидная) каплевидная, реже амебовидная форма (рис. 11, а, б). Многие золотины обладают огранкой с более или менее выраженной формой октаэдра, часто в комбинации с гранями куба. Они преимущественно весьма мелкие или мелкие, как правило вполне однородные с простыми или полисинтетическими двойниками. Зональность, выявляемая травлением или микрозондированием, не характерна. В микроассоциациях с золотом I встречаются пирит, арсенопирит, пирротин, бесцветный шеелит, молибденит, кальцит, хедлиит, жозеит (рис. 12, колонки 1—4), а также редко встречающиеся минералы золота — мальдонит и ауростибит (Волков, Чеботарев, 1975; Громова, Завьялова и др., 1978). Принадлежность теллуридов висмута к микропарагенезису золота I спорно и является предметом специальных исследований, так как известны признаки (?) наложенности их на золото (рис. 11, д). Проба золота I обычно высокая — 890—920‰

¹ Точнее, комплекса минеральных ассоциаций (Петровская, 1965). На Мурунтау этот комплекс относится к древнему додайковому этапу минералообразования.

(рис. 11) с небольшой дисперсией значений. Заметим также, что золото из жил в граносиенитах отличается несколько повышенной пробой и более разнообразным микропарагенезисом (Николаева, 1974; Чеботарев и др., 1974, 1975; Громова, Глотов и др., 1976). Включения золота I обычно приурочены к катаклазированным

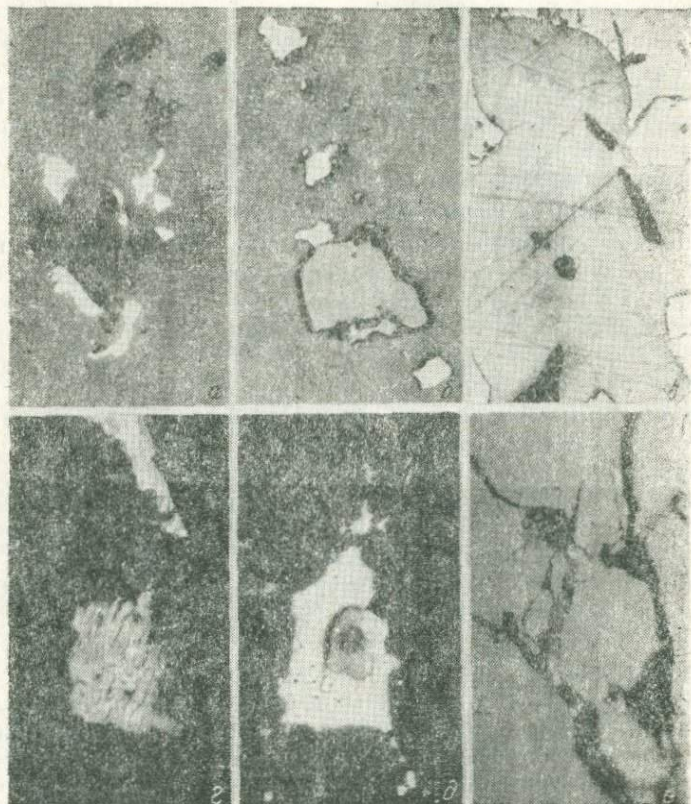


Рис. 11. Формы выделений и сростания золота в аншидфах.

а—высокопробное золото (белое) в сростании с карбонатом (черное) в кварце, *б*—сростание золота с шеелитом (светло-серое) в кварце, *в*—электрум (светло-серое), замещающий пирит и арсенопирит и содержащий включения кварца, *с*—золото (белое округлое включение) в пирротине, *д*—защеление золота (светло-серое) жозентом и арсенопиритом (белое), *е*—низкопробное золото (белое) в прожилках блеклой руды в арсенопирите, ув. около 120^х.

ным и гранулированным участкам кварца и несут более или менее четко выраженные признаки перекристаллизации (Николаева, 1974).

Золото II ассоциируется с арсенопиритом, пиритом IIIб (см. ниже) и другими минералами раннесульфидного комплекса, слагающими зоны субвертикальных прожилков, гнезд, вкрапленности в измененных сланцах и граносиенитах. Возрастное положение дан-

ной генерации золота определяется признаками эпигенетичности его относительно вмещающих арсенопирита и пирита и синхронностью с самородным висмутом, висмутином, халькопиритом, и другими минералами, составляющими его обычные микроассоциации (рис. 12, колонки 5—9). В арсенопирите из турмалиновых прожилков микровключения золота находятся в сростании с железистым карбонатом и герсдорфитом (Чеборатов и др. 1979). Возникновение этого необычного микропарагенезиса обусловлено скорее всего взаимодействием золотоносных растворов с арсено-

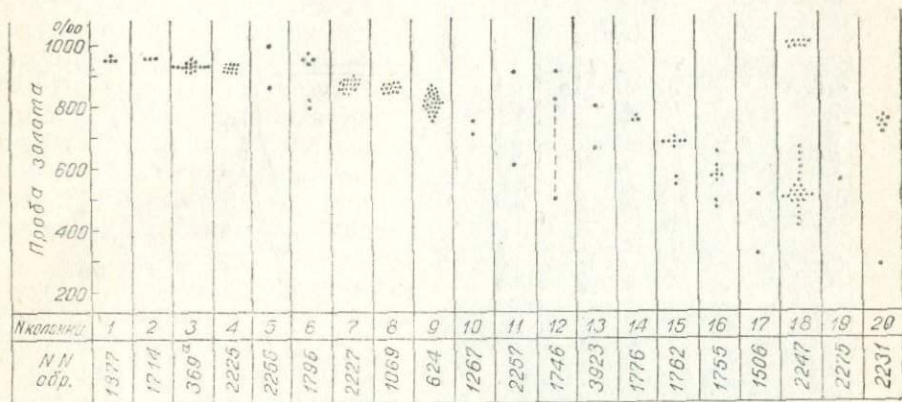


Рис. 12. Диаграмма распределения пробы золота важнейших продуктивных ассоциаций Мурунтау, Чармитана и других месторождений (по данным электронного микроанализа).

Высокопробное золото I (колонки 1—4), изометричные зерна, метакристаллы, реже неправильные ксеноморфные выделения, вполне однородные с простыми, редко полисинтетическими двойниками в стекловатом светло-сером, молочно-белом и сахаровидном кварце с включениями сульфидов и других минералов. В микроассоциации с ним установлены шеллит, молибденит, жозеит тетрадимит, висмутин, кальцит. Золото II средней пробы (колонки 5—9) в форме каплевидных ксеноморфных включений, неправильных прожилковидных образований, не вполне однородные, реже однородные с низкопробными каемками в скоплениях кварца с пиритом, арсенопиритом и карбонатами. Халькопирит, висмут, висмутин, анкерит, кальцит, кварц образуют с ним микроассоциации. Низкопробное золото III (колонки 10—17) — прожилковидные, неправильные, округлые включения в белом, светло-сером кварце с обильной вкрапленностью сульфидов — пирита, сфалерита, галенита и др. Не вполне однородные включения, прожилковидные, дендритовидные формы изредка мозаично-блокового строения. Образует микроассоциации с акацитом, джемсонитом, жозеитом, кобеллитом, буланжеритом, сфалеритом, гесситом, галенитом, пиритином, фрейбергеритом, пираргиритом, пиритом. Гипергенное золото (колонки 18—20) — неправильные по форме, крупные разновеликие золотины в поляном окварцованном сланце, шестоватом кварце, сильно лимонитизированном с включениями кераргирита, медной зелени, церуссита. Золотины весьма неоднородны по пробе, с высокопробными каемками, в микропарагенезисе с малахитом, лимонитом, Водэмболитом и др.

пиритом, содержащим примесь никеля и кобальта. Типоморфным для золота II является преобладание золотины пылевидного и весьма мелкого класса, неправильная угловатая, часто пластинчатая форма, обусловленная преимущественной приуроченностью его к интерстициям между зернами вмещающих минералов, к трещинам и зонкам дробления в них. Проба его заметно ниже

пробы золота I (обычно до 860, см. рис. 12) и значительно колеблется даже в пределах одного шлифа. Золотины обычно не однородные, микронзондированием в них выявлены диффузионные каемки (рис. 13, б).

Наряду с видимым золотом II во вмещающих его сульфидах установлено субмикроскопическое золото, содержание которого достигает 60% от общего количества в пробе (Бендик и др., 1975). Возможно, это золото представляет собой коллоидальные частицы самородного металла (Гаврилов, 1970, 1974) и является

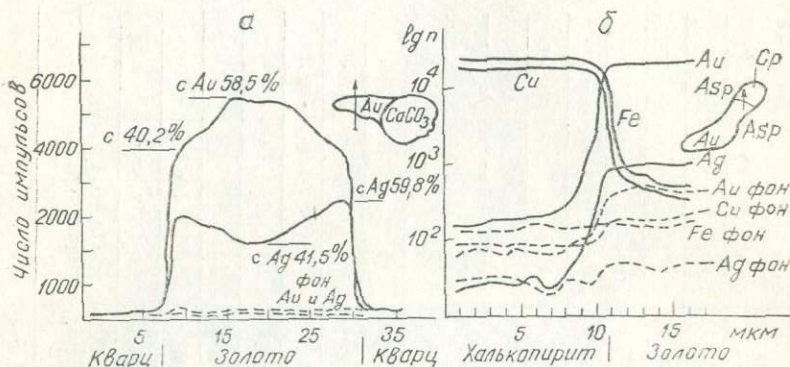


Рис. 13. Кривые распределения золота, серебра, меди и железа в золоте и вмещающих его минералах (по данным микронзондирования).

а — неоднородная золотина в микропарагенезисе с кальцитом и галенитом в кварце, б — распределение элементов на контакте золота с халькопиритом.

дисперсным аналогом или ранней разновидностью золота II. Значительная масса такого золота рассеяна во вкрапленниках арсенопирита и пирита IIIб в рудах сульфидно-золоторудной формации (Маркова и др., 1969; Арифуров, 1976, 1978).

Золото III генерации входит в состав полисульфидной ассоциации, типоморфными минералами которой являются поздние генерации галенита, сфалерита, блеклые руды, антимонит, джемсонит, а также серебро-сурьмяные сульфосоли и др. (рис. 11, в, г, е; рис. 14). По составу, свойствам, парагенезису оно весьма изменчиво, и это весьма важный типоморфный признак золота III, который позволяет рассматривать ряд его разновидностей, различающихся по пробе или по связи с теми или иными минералами. Однако общим для них является низкая проба — 400—650, обычно не более 750 (рис. 12, колонки 10—17), но иногда до 900 (Маркова и др., 1969; Петровская, 1973; Громова и др., 1976), повышенные концентрации элементов-примесей, среди которых преобладает сурьма, свинец, висмут, ртуть (Ланцев и др., 1971; Николаева, 1974). Проба, состав и содержание примесей во многом зависит от микропарагенетических связей золота. Образующее тонкие сростания с галенитом и сфалеритом в прожилках, секу-

щих гнезда арсенопирита в кварце Мурунтау, золото имеет пробу около 700, а ассоциирующееся с микровключениями пираргирита, фрейбергита, миаргирита, прустита или гессита — 390—515‰.

Золото III как правило крупнее чем ранние его генерации, преобладают золотины мелкого и среднего класса. Форма золотин обычно неправильная, часто пластинчатая, дендритовая, дендритовидная, комковидная. Травлением и с помощью микроанализатора выявляется (рис. 13, а) зональное или неяснозональное, реже монокристаллическое внутреннее строение золотин. Для них характерно неоднородное, субмикрозернистое строение (Бадалова, Николаева, 1978).

Такое высокосеребристое золото, как считают некоторые исследователи (Бендик, 1969; Бендик, Нестерова, 1971; Николаева, 1974), связано с образованиями позднего металлогенического цикла. Однако эта точка зрения не дает полного объяснения установленным в последние годы закономерным связям золотой и серебряной минерализации в регионе, которые, по мнению авторов, являются фазами эволюции единого гидротермального рудного процесса.

Метаморфогенное золото наименее изучено. Следует различать первичное и вторичное золото этого типа. К первому относится разновидность золота, образующая повышенные концентрации в сульфидах осадочно-метаморфогенного происхождения (Юдин, 1971; Проценко и др., 1977). Вторая разновидность связана с формированием согласных кварцевых жил и прожилков. По единодушному мнению исследователей, их образо-

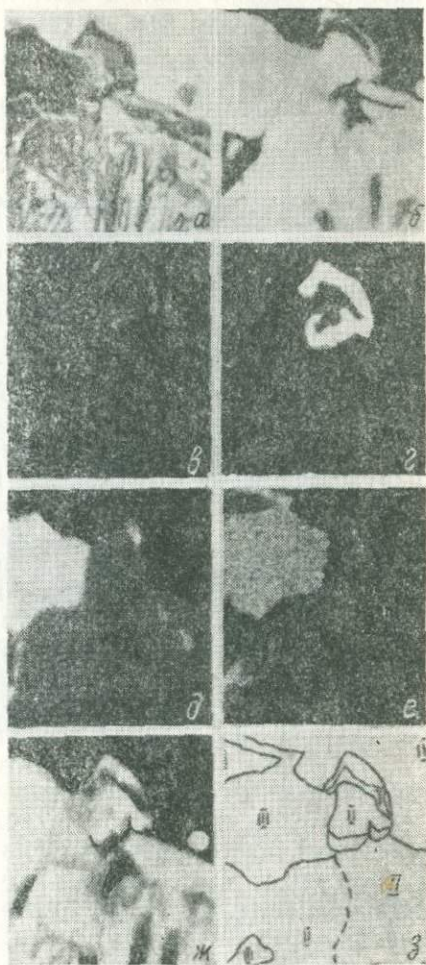


Рис. 14. Сложное срастание золота (I) с антимонитом (II) и джемсонитом (III) в кварце (IV). Снимок в отраженных электронах (а), в лучах сурьмы (б), золота (в), свинца (д), железа (е) и серы (ж). Участок 200×200 мкм.

вание обусловлено явлениями метаморфизма вмещающих песчано-сланцевых пород. К сожалению, ни одна из редких золотин, наблюдавшихся нами в согласных жилах, не может быть достоверно определена как синхронная вмещающему кварцу. Но такое золото, очевидно, есть, так как постоянно фиксируется пробирным анализом (Нестерова, Чеботарев, 1969). Оно не образует рудных концентраций и, очевидно, отличается от рудного золота, так как отношение Au и Ag для согласных жил без видимых наложений равно в среднем по 12 штучным пробам 1,65, что почти в четыре раза ниже такового для секущих рудных жил с высокопробным золотом I. В рудах исследуемых месторождений установлено золото, изменившееся под воздействием различных эндогенных факторов — внутриминерализационной тектоники, явлений телескопирования и др. Это метаморфизованное золото и описание его в данном разделе в известной мере условно. Оно, сохраняя свои первичные черты, приобретает более или менее выраженные признаки изменений (Петровская, 1973; Николаева, 1975, 1978). Золотины из зон дробления характеризуются уплощенной формой, на поверхности наиболее крупных из них иногда обнаруживаются параллельные штрихи скольжения. Вследствие перекристаллизации они приобретают однородное внутреннее строение.

В призальбандовых частях некоторых пологозалегающих кварцеворудных тел наблюдаются цепочковидные скопления золотин, некоторые из них окаймлены наложенными минералами висмута. Поверхность золотин корродируется, они приобретают округлую форму и неоднородное внутреннее строение (рис. 11, д). Этот и другие примеры изменения золота вследствие телескопирования — частое явление в рудах исследуемых месторождений.

Вторичное золото содержится в образованиях коры выветривания и зоны окисления; оно фиксируется также в рудничных водах и растениях. В зоне окисления такое золото, сохранив признаки первичного, может рассматриваться как метаморфизованное, а утратив их — вторично-метаморфогенное. Характерные черты — микропарагенезис с некоторыми вторичными минералами (рис. 12, колонки 18—20; рис. 15), в частности с хлораргидритом, несколько укрупненные размеры золотин, большая дисперсия пробы при наличии золота с пробой 1000 и зональное внутреннее строение (Бадалова, 1964; Касымов, 1969; Петровская, 1973; Попенко, 1970, 1974; Чеботарев и др., 1974, 1975).

Изложенные типоморфные признаки в той или иной мере характеризуют особенности каждого из выделенных морфогенетических типов и разновидностей золота исследуемых месторождений региона, что дает возможность использовать их для решения различных геологических задач. В частности, типоморфизм золота представляет значительный интерес для оценки глубин, флангов известных и поисков новых золоторудных проявлений в районе. Примером может служить работа Ю. Г. Зарембо и Н. Г. Ко-

ренной (1970), которые проследили закономерное изменение состава, морфологии золота разных участков и горизонтов Мурунтау до глубины 100 м. Мы получили (1968—1969 гг.) данные об изменении состава золота с глубиной по пяти колонковым скважинам, вскрывающим стержневую кварцевую жилу и прилегающую к ней штокверковую рудную зону на глубину 400 м от поверхности. Изучены пробность и морфологические особенности золота по 16 групповым пробам, степень сульфидности руд и др. Установлено, что проба золота колеблется в пределах 749—

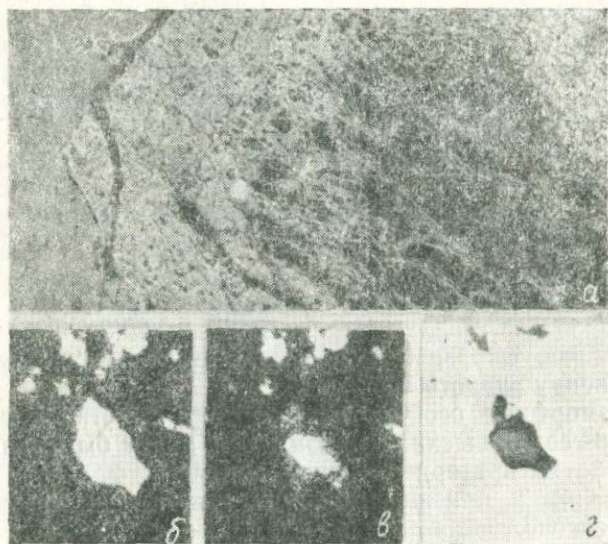


Рис. 15. Гипергенное золото (белое) в лимоните по арсенизириту (серое).

Анализ, отраженный свет, ув 150* (а) и растровые картины распределения золота (б) и серебра (в) в золотине, показаны (с) в отраженных электронах.

933 при средней 867‰, близкой к средней для месторождения в целом. Пробы золота с глубиной по горизонтам имеют следующие средние значения: для интервала от поверхности до 100 м — 862, от 100 до 200 м — 907, от 200 до 300 м — 819, от 300 до 400 м — 891‰. По частным пробам, соответственно: 905 и 853; 897 и 915; 749, 918 и 850‰. Таким образом, проба золота с глубиной существенно не изменяется, что позволяет сделать вывод о стабильности характера руд в разрезе месторождения. Этот вывод вполне согласуется с заключением В. А. Воронича, Ю. Ф. Баскакова и др. (1974) об инвариантности на глубину содержаний золота и серебра на месторождении, основанном на результатах статистической обработки тысяч керновых проб.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Золото исследуемых месторождений различается по составу

ву, размерности и морфологии выделений, особенностям внутреннего строения, парагенетических связей, метаморфизма и другим признакам, определенная совокупность которых является типоморфной для каждой из выделенных разновидностей золота. Такими для золота I — основного продуктивного в рудах золото-кварцевой формации является высокая пробность, малый размер включений, изометричная форма золотин, значительная часть которых представляют собой метакристаллы, однородное внутреннее строение, простые двойники, парагенетическая ассоциация с кварцем, шеелитом, слюдами, кальцитом, молибденитом. Для золота II типоморфно пониженное значение пробы, преобладание тонкодисперсных выделений или ксеноморфных пластинчатых золотин, наличие в них диффузионных каемок, ассоциация с пиритом и арсенопиритом, микропарагенезис с самородным висмутом, халькопиритом, кальцитом.

Типоморфные признаки золота III — относительно крупные размеры золотин, низкая проба, неоднородное зональное строение, связь с минералами полисульфидной ассоциации, разнообразный микропарагенезис — галенит, блеклые руды, антимонит, гессит и другие.

2. Изменение важнейших типоморфных признаков золота во времени отражает общую тенденцию в эволюции рудообразующих растворов, выразившуюся в закономерном увеличении роли серебра к концу рудного процесса.

3. Типоморфные особенности золота в сочетании с другими минералого-геохимическими признаками могут быть использованы при разработке критериев оценки глубин и флангов известных месторождений и признаков нахождения новых рудопроявлений золота в регионе.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИРИТА

Пириты кварцево-золоторудных и сульфидно-золоторудных формаций региона в общем сходны, отдельные их типы легко сопоставляются и диагностируются (Бадалова, 1969, 1971; Нестерова, Чеботарев, 1969; Юдин, 1971; Арифупов, 1976, 1978). Первые, однако, имеют много разновидностей, различаются их соотношения, что обусловлено разной интенсивностью рудного процесса, степенью метаморфизма пород, руд и т. д. Наиболее полно типы и разновидности пирита представлены в рудах Мурунтау, отличающихся многостадийностью («Рудные формации», 1969). В продуктах каждого этапа и стадии установлены пириты, заметно различающиеся по совокупности типоморфных признаков.

Пирит I, образовавшийся в процессе осадконакопления и диагенеза рудовмещающей толщи, представлен несколькими разновидностями: пирит Ia — кластогенный или обломочный, сингенетичный осадкам, пирит Ib — раннедиагенетический фрамбоидальный и микроконкреционный, а также связанный

(?) с ними пирит I в форме идиоморфных микрокристаллов и, наконец, пирит Ig как продукт позднедиагенетических или раннеметаморфических преобразований аутигенных форм пирита.

Пирит II магматогенный (?), аксессуарный, представлен двумя разновидностями, связанными со становлением интрузивных и дайковых образований.

Пирит III гидротермально-метасоматический; наиболее ранний пирит IIIa входит в состав золото-редкометаль-

Таблица 10

Средние содержания золота, серебра (усл. ед.) и мышьяка (%) в пиритах кварцево-золоторудных формаций Западного Узбекистана

Разновидность пирита, ассоциация	Au	Ag	As	Кол-во определенных
Пирит Ia кластогенный	Нет опр.	Не уст.	Не уст.	2
Пирит Ib фрамбоидальный	Нет опр.	Нет опр.	Не уст.	3
Пирит IIIa из интрузивных образований	0,3	Нет опр.	Сл.	3
Пирит IIIa шеелит-золоторудной ассоциации	12,6	2,7	0,92	4
Пирит IIIб пирит-арсенопиритовой ассоциации	8,2	15,1	0,86	8
Пирит IIIв пирит-турмалиновой ассоциации	4,7	2,4	0,37	5
Пирит IIIг полиметаллической ассоциации	7,5	28,8	0,45	3
Пирит IIIд кварц-кальцитовой ассоциации	0,07	Нет опр.	0,11	3
Пирит IVa псевдоморфозы по пирротину I	0,74	Не уст.	0,06	4
Пирит IV — пленочный	0,3	Нет опр.	Сл.	3

Примечание. Золото и серебро определялось активационным методом Г. Н. Никаноровым и А. С. Коцюбей (лаборатория № 2, МГ УзССР), мышьяк — микрорентгенспектральным методом Ю. А. Волковым ИГиГ АН УзССР, а также лазерным микроспектральным анализом Т. И. Величко (МЛ МГ УзССР).

но-кварцевой, IIIб — золото-пирит-арсенопиритовой, IIIв — пирит-турмалиновой, IIIг — золото-полиметаллической, IIIд — кварц-карбонатной ассоциаций.

Пирит IV метаморфогенный представлен тремя основными разновидностями: пирит IVa, образующий псевдоморфозы по пирротину, пирит IVб — пленочный, пирит IVв — гипергенный.

Ниже рассмотрены важнейшие черты указанных типов и разновидностей пиритов.

Пирит Ia кластогенный, встречается в осадочных породах разного состава, возраста и степени метаморфизма; скоплений не образует, форма зерен угловатая обломочная, более или менее четко выражена окатанность. Нередко такие зерна, особен-

но в пределах рудных зон, обрастают новообразованиями пирита. Состав пирита Ia близок к теоретическому, примесь мышьяка, золота и серебра в нем не установлена (табл. 10). Срастание с золотом пирита Ia, рассеянного в древних породах, не наблюдается. Отсутствием мышьяка обусловлены, по-видимому, повышенная микротвердость и отрицательные значения ТЭДС (табл. 11). Зерца пирита Ia или псевдоморфозы лимонита по нему из молодых

Значения микротвердости, отражения,

Пирит, ассоциация, тип	Микротвердость,
	от—до
Ia—кластогенный	1410—1490
Ia—из интрузивных образований	1160—1560
IIa—шеелит-золоторудная	885—1390
IIIб—пирит-арсенопиритовая	1100—1350
IIIв—турмалиновая	930—1410
IIIг—полиметаллическая	790—1400
IIIд—кварц-кальцитовая	710—1515
IVa—псевдоморфозы	570—1310
IVб—пленочный	875—1050

Примечание. Микротвердость определил Г. М. Чеботарев на приборе светофильтры с максимумом пропускания 663 и 468 нм, эталон—пирит Берена несерийной установки, отдельные определения провели Ю. Д. Жеребцов и количество определений.

и современных россыпей иногда наблюдаются в срастаниях с золотом (Гуреев, Зверева, 1969).

Осадочно-диагенетический пирит Ib отличается разнообразием микросфероидальных и веретенообразных форм, среди которых преобладают глобулиты, фрамбонды, микроконкрекции, «руденелые бактерии» и т. п. Распространены широко, но скоплений не образуют. Состоят из мельчайших (1—5 мкм), часто огранных зерен, располагающихся нередко концентрически-зонально. Отдельные глобулы или их сростки (рис. 16, а) концентрируются в пропластках пород, обогащенных дисперсным углеродистым веществом с примесью гидротролита (?). Для них характерен парагенезис с породообразующими минералами — тонкозернистым кварцем, серицитом, хлоритом и карбонатом — минералами стадии диагенеза и раннего эпигенеза осадков.

Фрамбонды ассоциируются с простыми идиоморфными мельчайшими кристалликами пирита Iv, нередко обрастают ими, образуя сложные агрегаты радиальнолучистого строения и кубической внешней огранки (рис. 16, в). Распространение и ассоциация дают основание считать эти формы пирита аутигенными, образовавшимися в результате сульфидизации коллоидных железистых осадков, возможно, при бактериальном восстановлении серы

или при преобразовании гидротроилита. Такая точка зрения вполне согласуется с наиболее распространенными представлениями об образовании этих форм, генетические и возрастные критерии которых, к сожалению, еще недостаточно определены.

Во фрамбоидах, как и в ассоциирующих с ними микрокристаллах пирита мышьяк, золото и серебро не установлены (табл. 10, рис. 17, а, б), но в метакристаллах, образующих микровключения

Таблица 11

термо ЭДС исследуемых пиритов

кгс/мм ²	Отражение, R_{002}/R_{100} от - до	Значение ТЭДС, мВ	
		от - до	сред.
1450 (3)	1,25—1,26 (2)	-140—-10	-90 (2)
1210 (5)	1,24—1,26 (3)	Нет определений	
1115 (3)	1,23—1,25 (2)	+50—+420	+280 (4)
1160 (4)	1,23—1,26 (7)	-180—+325	+165 (12)
1295 (8)	1,24—1,26 (5)	-15—+300	+155 (8)
1305 (8)	1,24—1,26 (3)	-170—+250	-75 (3)
1310 (6)	1,24—1,27 (2)	+225—+330	+305 (3)
910 (12)	1,20—1,27 (6)	-70—+70	-10 (18)
990 (4)	1 23 (1)	-20—+25	+5 (6)

ПМТ-3 при нагрузке 100 и 150 г., отражение—на ФМЭ-1, объектив 21* и зовского месторождения. Величина и знак ТЭДС определялась Е. В. Фоминой Г. М. Чеботарев на аппарате ТЭИ-76 (Жеребцов и др., 1978). В скобках—

в псевдоморфозах (?) кварца по микрофауне, обнаружена изоморфная примесь мышьяка, концентрирующаяся по периферии зерен (рис. 17, в, д). Содержание золота и серебра в них оказалось ниже чувствительности использованных методов (табл. 10). Высокочувствительный активационный анализ единичных проб, представляющих собой смесь описанных форм пирита, показал сотые или первые десятые доли грамма на тонну золота.

Фрамбоиды и микрокристаллы пирита иногда наблюдаются в виде протогенетических включений в кварце, карбонатах, поздних сульфидах и корродируются ими (рис. 16, б). Очевидно поэтому указанные формы встречаются преимущественно за пределами рудных зон, так как в них вследствие окварцевания и других процессов они почти полностью исчезают.

Пириты II магматогенные (?) распространены широко, но скоплений не образуют. В породах Кошрабатского интрузива по данным отдельных проб, отобранных в удалении от кварцево-рудных тел содержание пирита IIa и псевдоморфоз лимонита по нему составило около 0,2%. Это мелкие (до 0,5 мм) округло-угловатые зерна с редкими гранями октаэдра, пентагондодекаэдра (?) и куба. В ассоциации с пиритом отмечены рутил, циркон, сфен, апатит, магнетит. Предполагается позднемагматичес-

кое происхождение данной разновидности пирита. Пирит IIб установлен в некоторых разновидностях даек Мурунтау и др., где образует тонкую вкрапленность. Для него характерна амебовидная форма (рис. 18, б), высокая микротвердость, слабая затравливаемость HNO_3 . Широко распространенные в дайках отчетливо наложенные формы в отличие от пирита IIб представлены кубическими метакристаллами и цепочечными прожилками их уплощенных разновидностей.

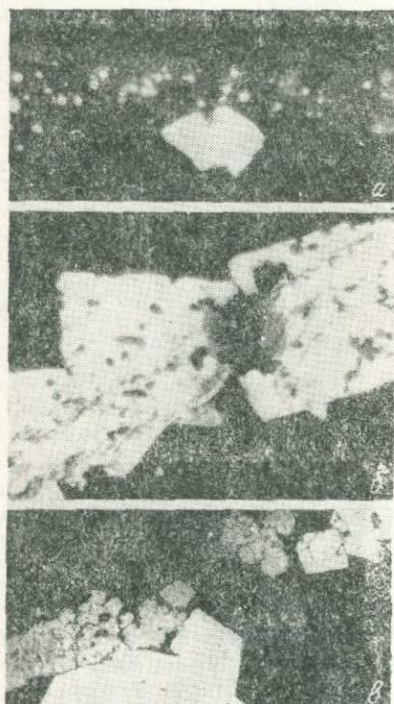


Рис. 16. Фрамбонды и метакристаллы пирита в сланце.

а — послойное скопление фрамбондов, б — фрамбонды, захваченные метакристаллами и частично замещенные сфалеритом (серое), в — скопления фрамбондов обрастают радиальнолучистым пиритом, приобретая кристаллографические очертания (протравлена азотной кислотой), аншлифы, отраженный свет, ув. 240*.

Гидротермально-метасоматические пириты IIIа в составе кварцевых жил и околожилльных метасоматитов ассоциируют с золотом, шеелитом, арсениопиритом, пирротинном, полевыми шпатами, слюдами и др. В месторождениях золото-кварцевой формации данная ассоциация является основной продуктивной, для которой, однако, не характерны скопления сульфидов, наиболее часто среди них встречается пирротин, обычно дисульфидизированный, пирит IIIа отмечается редко в виде мелких (до 3 мм), метакристаллов в форме комбинации куба и пентагондodeкаэдра (рис. 18, а). Они обычно корродированы и содержат вроски кварца, слюд, с трудом протравливаются, выявляя иногда тонкую зональность в сечениях параллельных граням куба. Приуроченность пирита IIIа к системам наиболее ранних цепочечных просечек в рудном кварце свидетельствует об образовании его в заключительные моменты формирования последних генераций кварца рудовмещающих жил.

Пириты ассоциации ранних сульфидов значительно распространены в рудных зонах — пирит IIIб₁ — в песчано-сланцевых толщах и пирит IIIб₂ — в граносиенитах. Тонкие (1—3, реже до 10 мм и более) крутопадающие субпараллельные прожилки, образуют мощные (5—10 м) и протяженные (до сотен метров) зоны в месторождениях кварцево-золоторудной формации (Бендик и др., 1969; Нестерова, Чеботарев, 1969; Хамрабаев, Чеботарев и др., 1971) или зоны прожилково-вкрапленной минерализации

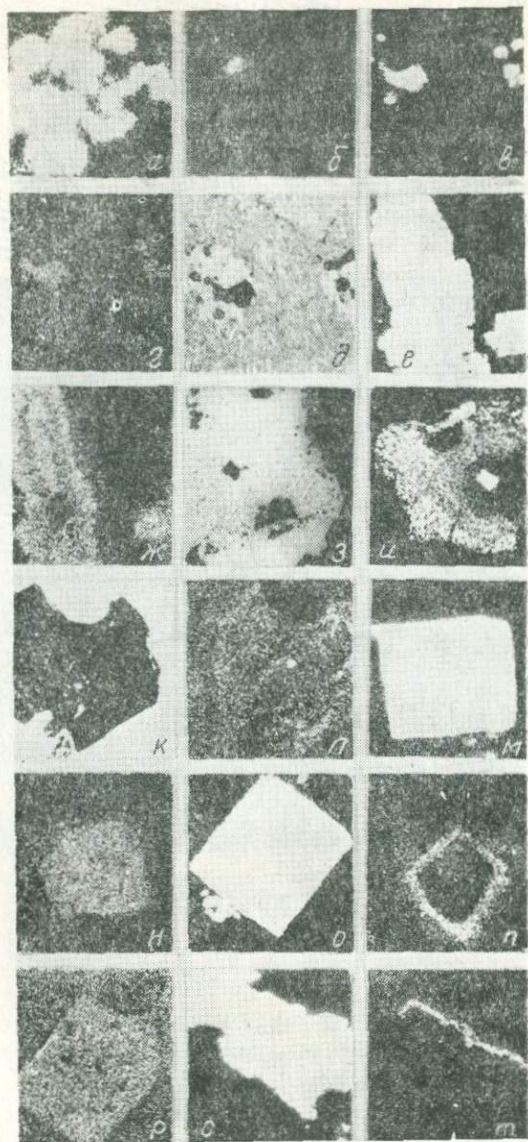


Рис. 17. Растровые картины распределения мышьяка и некоторых других элементов в пиритах. В лучах мышьяка сделаны снимки б, г, ж; и, л, н, п, в лучах серы—а, в, е, з, м, о, с; кремния—д, золота—р, к—снимок в отраженных электронах.

сульфидно-золоторудных формаций (Гаврилов, 1968; Розова, Гаврилов, 1970; Арифуров, 1976, 1978).

Пирит IIIб ассоциирует с арсенопиритом, хлоритом, которым иногда уступает количественно. Прожилки часто зональны — обычно центральная часть их сложена пиритом, а зальбанды — арсенопиритом. Иногда мономинеральные прожилки пирита проявляют зональность, образуемую неравномерным распределением примеси мышьяка (рис. 17, е, ж), повышенные концентрации которой часто приурочены к призальбандовым зонам прожилков. Пирит IIIб иногда образует тонкие просечки в арсенопирите, ко-

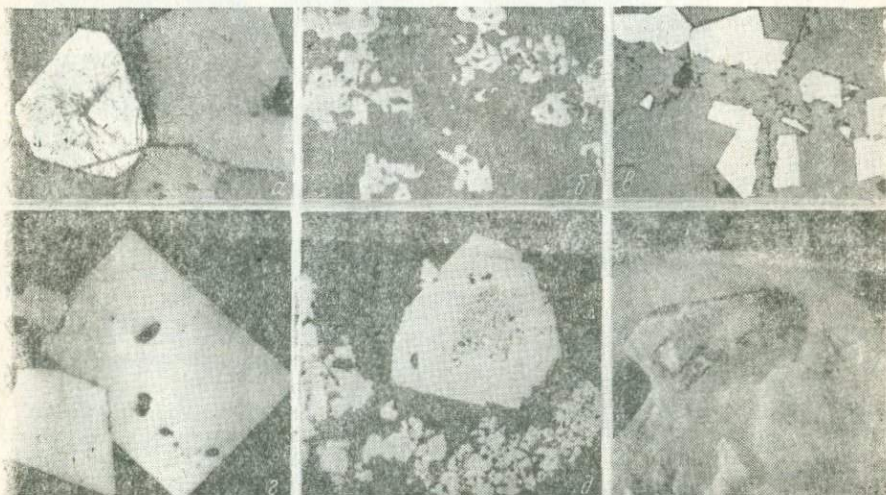


Рис. 18. Формы выделений и сростаний пирита в шлифах.

а—метакристаллы пирита с шеелитом (светло-серое) в кварце, ув. 80*; *б*—амебовидные метакристаллы пирита в дайке, ув. 120*; *в*—прожилок турмалина (светло-серое), отороченный корродированными кристаллами пирита кубической формы; *г*—сростание арсенопирита с пиритом, содержащим включения арсенопирита и нерудных минералов в кварце; *д*—метакристаллы пирита со ступенчатыми границами в халцедоновидном кварце, ув. 120*; *е*—включение пирита (черные точки) по зонам роста кристалла гиппергенного кальцита (скол в косом свете, ув. 120*).

торые часто сопровождаются включениями и просечками золота. Часть из них, возможно, является продуктом переотложения золота I, что подтверждается относительно слабой золотоносностью пирит-арсенопиритовых прожилков, развитых за пределами зон распространения ранней продуктивной ассоциации. В ассоциации с золотом здесь обычен самородный висмут, висмутин, халькопирит, кварц, кальцит (Нестерова, Чеботарев, 1969; Чеботарев и др., 1973, 1979).

Пирит IIIб сравнительно легко протравливается кислотами, выявляя гипидиоморфнометазернистую структуру агрегатов. Претерпевшие динамометаморфизм разности пирита обнаруживают

кластическую или порфирокластическую структуру, а также признаки спайности.

Пирит IIIв представлен крупными или средних размеров (0,5—3, до 15 мм) метакристаллами, образующими вкрапленность, цепочечные прожилки, зернистые массы в местах скопления дравита. Их морфология в значительной мере зависит от вмещающей среды. В черных сланцах преобладают правильные кубы с блестящими гранями, иногда с тонкой штриховкой в кварц-полевошпатовых метасоматитах — пентагондодекаэдры в комбинации с

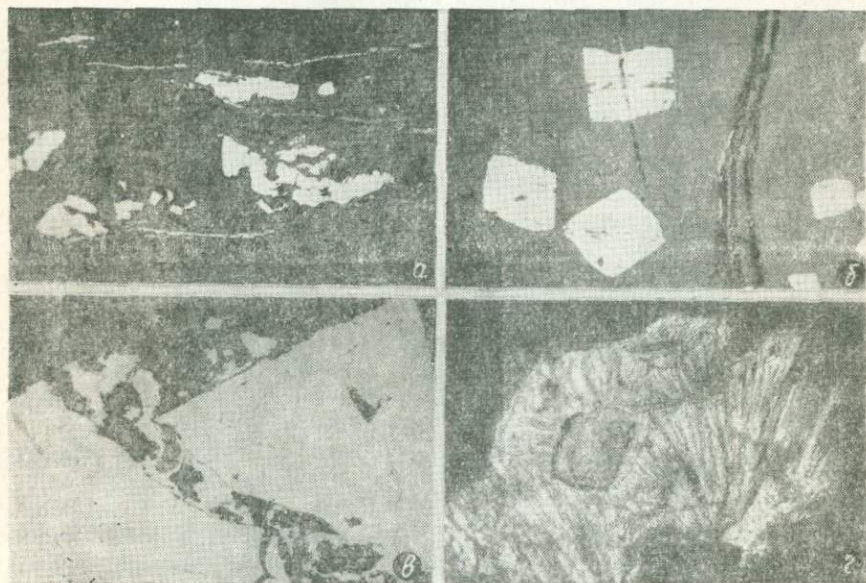


Рис. 19. Пленочные формы пирита.

а—послойные пленки среди скоплений пирита в сланце, ув. 120*; *б*—метакристаллы пирита с послойными протогенетическими включениями турмалина, рассеянные пленочным пиритом (белые вертикальные просечки); *в*—скопления „пленочного“ пирита по трещинам в арсенопирите, ув. 140*; *г*—лучистая и зональная скульптура поверхности корочки пирита на стенке трещины в метаалевролите, косой свет, ув. 5*.

кубом (рис. 18, *в*). Метакристаллы содержат обильные протогенетические и редкие сингенетические включения породообразующих минералов (рис. 19, *б*), в том числе турмалина (Чеботарев и др., 1979). Травление обнаруживает неоднородное пятнистое, грубозональное внутреннее строение зерен, соответствующее распределению примеси мышьяка, содержания которого невелики (табл. 10). Характерна небольшая примесь золота, но включения его не установлены. Соотношение пирита IIIв с дравитом и альбитом свидетельствует о близко одновременном образовании этих минералов (Зарембо, 1968; Чеботарев, Чеботарева, 1971; Шер,

Юдин, 1971). В состав данной ассоциации, возможно, входит и арсенопирит, содержащий редкие включения низкопробного золота (рис. 12).

Пирит IIIг ассоциирует с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, блеклой рудой, тонкозернистым прозрачным кварцем и другими минералами, наложенными на турмалиновые прожилки и брекчии. Для них типична кубическая со слабо развитыми гранями октаэдра пентагондодекаэдра форма зерен (рис. 18, з), величина которых от 0,5—1,0 до 3,0 мм, зональное распределение изоморфной примеси мышьяка, конфигурация зон, не соответствующая их внешним очертаниям (рис. 17, о—р); часто в кристаллах пирит IIIг корродируется галенитом, сфалеритом, низкопробным золотом, халькопиритом и др. или содержит эпигенетические включения этих минералов.

Аналогом описанного является пирит IIIг, образующий редкие, мелкие кубо-октаэдры в халцедоновидном и розетчатом кварце (рис. 18, д) в ассоциации с антимонитом, серебряными сульфосолями, акантитом.

Пирит IIIд образует тонкие кристаллические корочки в зальбандах пологих кварц-кальцитовых жил, подстилающие крупные кристаллы кальцита в занорышах, «присыпки» на их гранях или включения по зонам роста. Среди кристаллов преобладают октаэдры, иногда в комбинации со слабо развитыми гранями куба. Они нередко образуют кристаллические щетки, кубические грани отдельных индивидов которых иногда заметно искривлены и несут признаки расщепления. Его глубинным (?) аналогом является пирит IIIд₁, образующий небольшие скопления зернистых масс, тонких просечек по плоскостям спайности гигантокристаллического кальцита серого, темно-серого за счет дисперсной органики (?). Кристаллы пирита в форме куба в комбинации с октаэдром, реже пентагондодекаэдром различны по величине: от 0,5 мм до 1,0 см и более, нередко соседствуют в пределах одного штуфа.

Метаморфогенные пириты IV. В этой группе, название которой условно, объединены разновидности пирита, обязанные своим происхождением процессам изменения пород и руд под воздействием различных факторов. Однако все они так или иначе связаны с многократно и многообразно проявляющимися процессами изменения пиротинов и некоторых других минералов.

Наиболее широко распространен пирит IVa₁ в виде псевдоморфоз по послойно-линзовидным включениям пирротина (рис. 19, а), рассеянным во вмещающих породах (Нестерова, Чеботарев, 1969; Хамрабаев и др., 1971; Юдин, 1971). Такие включения образуют зоны пирротинизации, выходящие за пределы рудных тел. Установленное недавно региональное распределение зон пирротинизации, приуроченность их к глубинным структурам делает вероятным метаморфогенно-гидротермальное их происхождение (Поздняков, 1979).

Пирит IVa_2 образуется по включениям и просечкам существенно гексагонального пирротина слюдисто-полевошпат-кварцевых метасоматитов в сланцах и граносиенитах, а пирит IVa_3 — по бес-

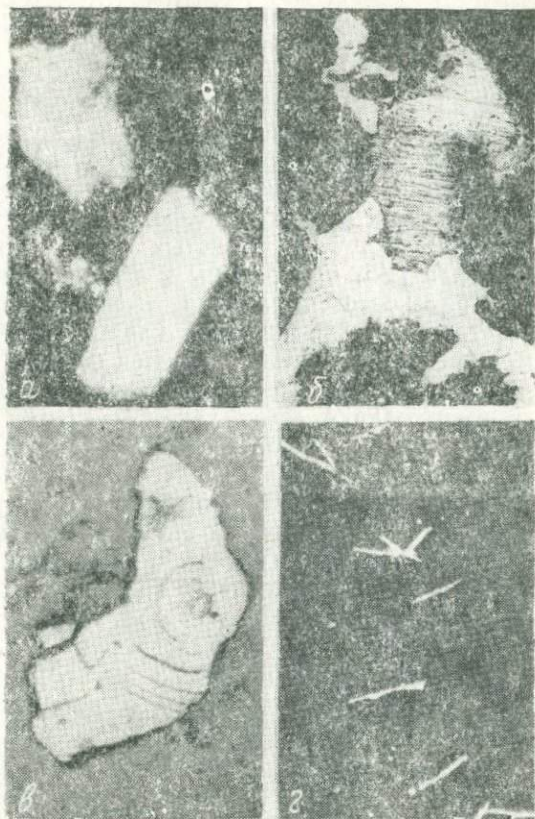


Рис. 20. Псевдоморфозы пирита по пирротину.

a — толстые таблички „промежуточного продукта“ с вростками золота (указаны стрелками); *б* — замещение пиритом и марказитом (белое) пирротина (срастание тонких пластинок гексагональной и моноклинной фаз — лакировано магнитной суспензией) ув. 120 \times ; *в* — новообразованная концентрическая структура псевдоморфозы, ув. 90 \times ; *г* — тонкопластинчатые псевдоморфозы в кальците, ув. 120 \times .

форменным зернам существенно моноклинного пирротина в секущих кварцевых жилах и прожилках.

Пирит IVa_4 развивается по пластинчатым включениям пирротина в поздних кварц-карбонатных жилах и прожилках. Таким образом, разновидности пирита IVa представляют собой псевдоморфозы по пирротинам, образовавшиеся вследствие их дисульфидизации (Белов, 1956), благодаря чему приобретают характерные черты (рис. 29, *a—г*): пластинчатые формы, наличие пор

и реликтов пирротина, мельчайшие включения окислов железа, образование ритмических «колломорфных» структур типа «птичий глаз», а также тонкой смеси с марказитом и «промежуточным продуктом» (Рамдор, 1962). Нередко в обособлениях пирита IVa наблюдаются остаточные включения «свежего» халькопирита — постоянного спутника пирротина. Сингенетические микровключения галенита, сфалерита, теннантита и др. обычно содержатся в гнездах пирита IVa, что свидетельствует о возможном участии в их формировании гидротерм поздних стадий рудного процесса.

Образование псевдоморфоз обычно сопровождается появлением пленочных форм пирита IVb, широко распространенных на глубине и в приповерхностных частях месторождений. Установлено несколько его разновидностей. В слонистых породах пленки и лапчатые формы пирита IVb₁ приурочены к плоскостям сланцеватости и кливажа, к плоскостям отслоения, «теням» давления и т. д., в массивных метасоматитах, жильном кварце, дайках — к тонким ветвящимся трещинам. Толщина пленок обычно не превышает десятых долей миллиметра, стенки их гладкие, блестящие, без признаков взаимодействия с вмещающей породой. Пленки пересекают прожилки или облекают включения других сульфидов (рис. 19, а—в), в том числе и наиболее поздних генераций галенита и сфалерита. В ассоциации с пиритом IVb встречаются глинистые минералы типа селадонита: галлуазит, каолинит, а также ферригаллуазит и карбонаты (иногда с включением гидроокислов железа). Эти минералы образуют присыпки, корочки, «переслаиваются» с пленками пирита, некоторые из них являются, по видимому, образованиями близко одновременными.

В сростании с пиритом IVb нередко наблюдается марказит, который иногда преобладает, особенно в пленках, распространенных в приповерхностных частях месторождений. Здесь они нередко проявляют признаки двумерного дендритового роста (рис. 19, г); уплощеннолучистый характер агрегатов, концентрически-зональное их расположение — пирит IVb₃. В отдельных поверхностных участках по периферии пиритовых бляшек можно наблюдать мельчайшие кристаллики марказита и пирита IVb₄ кубо-октаэдрической, иногда сферондальной формы. Они нередко располагаются и по зонам роста кристаллов гипергенного кальцита (рис. 18, е), где ассоциируют с включениями гетита, гидроматита, свидетельствуя о весьма неустойчивой окислительно-восстановительной обстановке их роста. Не исключено, что они образовывались при участии микроорганизмов (Прохоров, 1970). Пленочные формы пирита, судя по формам выделений, составу, парагенезису, характеру распространения и связи с дисульфидизированными выделениями пирротинов также не связаны с глубинными процессами и могут быть причислены к явлениям перемещенного типа (Уклонский, 1959), которые скорее всего связаны с деятельностью нисходящих бескислородных вод в завершающие этапы формирования месторождений. Источниками вещества

для них могли служить разрушающиеся минералы вмещающих руд и пород. Характерно, что этот процесс охватил большие территории и массы пород, но не привел к скоплению вторичных сульфидов.

Особенности состава и свойств исследуемых пиритов. Пересчет анализов пиритов обычно показывает отсутствие стехиометрии в соотношениях основных элементов, что в значительной мере обусловлено обилием в них разнообразных элементов-примесей. Ведущие: Au, Ag, As, Sb, Ni, Co, Se, Te, Bi, Pb, Zn, Mn, Ti, Hg, значительный интерес представляют также Tl, In, Ga, Mo, Pt, Pd и др. (Нестерова, Чеботарев, 1969; Маркова, Клемперт, Гаврилов, 1969; Розова, Гаврилов, 1970; Юдин, 1971; Зарембо, Розова, 1971; Бадалова, 1972; Арифуров, 1978). Первые три представляются наиболее информативными с позиций типоморфизма пиритов. Они присутствуют в повышенных количествах, относительно легко определены, отличаются разнообразием форм вхождения и соотношений с пиритами разных типов и разновидностей. Наибольшие концентрации золота установлены в пиритах «эталонных» наиболее типичных образцов шеелит-золоторудной и пирит-арсенопиритовой ассоциаций (табл. 10). Здесь наряду с микроскопическими вростками самородного металла установлены тонкодисперсные и «связанные» формы золота (Гаврилов, 1970, 1974; Коробушкин, 1971; Бендик, Нестерова, Сибиряков, 1975). Намечаются признаки прямой связи золота с серебром. Оно присутствует в качестве примеси в золоте в форме тонкодисперсных включений самостоятельных минералов и изоморфной (?) примеси. Повышенное содержание серебра в пиритах полиметаллической ассоциации отражает особенности эволюции состава рудообразующих растворов.

Представляют интерес новые данные о распределении примеси мышьяка в пиритах. С помощью микроанализатора мы в 1973—1974 гг. установили присутствие мышьяка в пиритах не только в форме минеральных микровключений (Бадалова, и др., 1971), но и в форме дисперсной примеси, локальные содержания которой часто обратно пропорциональны содержаниям серы при неизменных концентрациях железа. Обращало на себя внимание наличие повышенных концентраций примеси мышьяка в пиритах продуктивных ассоциаций и распределение по зонам роста пиритовых кристаллов (Чеботарев и др., 1975, 1977). Примесь мышьяка такого типа, как показали А. В. Зотов и др., 1972; Ю. С. Бородаев и др., 1974; Шадлун и др., 1975, является изоморфной. Это не противоречит условиям изоморфии (Франк-Каменецкий, 1964) и согласуется с современными представлениями о характере вхождения мышьяка в структуру пирита (Белов, 1976; Мозгова, 1975). Установлено также, что участки с изоморфной примесью нередко сменялись мышьяковистыми зонами, в которых указанное соотношение элементов нарушено, хотя и при больших увеличениях они вполне однородны. Это дает основание предполагать

наличие в исследуемых пиритах мышьяка в различных формах — изоморфной, в виде механических включений и промежуточной типа аномально смешанных кристаллов (Франк-Каменецкий, 1964). Не исключается и наличие тонкодисперсных включений самородного мышьяка, подобного установленному в пирите из Нижнего Рейна (Петровская, 1977). Их сочетание, зависящее от условий образования в значительной мере обуславливают различия в свойствах пиритов, основные тенденции к изменению и типоморфное значение.

Установленная зависимость между мышьяковистостью и золотоносностью пиритов очевидно отражает общую тенденцию связи золота с мышьяком (Хамрабаев, 1958). Сравнительный анализ результатов микрозондовых исследований типичных образцов пирита разных морфогенетических типов показал, что они различаются не только средними, но и локальными содержаниями изоморфной примеси мышьяка, а также, что очень важно, характером ее распределения в плоскости среза зерна пирита. Выявлена тенденция к увеличению локальных концентраций мышьяка от ранних генераций пирита к поздним. Так, в обломках пирита Ia и фрамбоидах пирита Ib мышьяк не обнаружен (табл. 10, рис. 17 *а,б,е,ж*). Также пирит IIa из мигматитов и пирит IIб из даек оказались бедными мышьяком. Но все разновидности гидротермально-метасоматического пирита III в той или иной мере обогащены им (рис. 17, *в—т*). Для метакристаллов пирита IIIa типично сравнительно равномерное неяснозональное и блоково-пятнистое распределение мышьяка (рис. 17, *к,л*) с максимальными локальными концентрациями до 1%, а для пирита IIIб — до 3%. Он, как и пирит IIIв, характеризуется пятнистополосовидным (рис. 17, *е,ж*), а пирит IIIг и IIIд весьма неоднородным концентрически-зональным и полосчатым распределением мышьяка с большим (до 5,8%) перепадом локальных концентраций его в отдельных зонах (рис. 17, *о—т*). Пирит IVa, как правило, мышьяка не содержит, но в отдельных зернах он отмечается в виде тонких выклинивающихся полосок. В пленочном пирите мышьяк отсутствует и лишь в местах соприкосновения пленок с метакристаллами арсениопирита микрозондом улавливаются его повышенные концентрации. Спектральным анализом в пленке дисульфидов, где преобладал марказит, установлено до 1% мышьяка.

Итак, повышение локальных концентраций мышьяка от ранних генераций пирита к поздним на фоне постепенного падения его средних содержаний вполне согласуется с повышенной мышьяковистостью низкотемпературных пиритов (Зотов, и др., 1972; Моисеева и др.; 1975 и др.) и может рассматриваться как свидетельство (Шадлун, и др., 1975) падения температуры по мере развития процесса рудообразования исследуемых месторождений. Ю. С. Бородаев и Н. Н. Мозгова (1974) отмечают необычность изоморфизма мышьяка в пирите, которая заключается в повыше-

нии его растворимости с понижением температуры, а также в зональном распределении, и предполагают, что он прерывист и тесно связан с упорядоченностью, усиливающейся с понижением температуры. Наши данные подтверждают эти представления и расширяют их, позволяя предполагать, что на распределение мышьяка в пиритах влияют также локальные факторы, такие как наличие микровключений мышьяковистых минералов в пирите, их возрастное соотношение с минералом-хозяином, степень метаморфизма руд и др., позволяющие использовать их в качестве критериев условий минералообразования. Установлено, в частности, что вблизи бесформенных корродированных протогенетических включений арсенипирита в пирите наблюдаются ореолы повышенных концентраций мышьяка, являющиеся результатом взаимодействия этих минералов. Обратная картина наблюдается вблизи эпигенетических включений в пирите метакристаллов арсенипирита — вокруг них образуются безмышьяковистые зоны (рис. 17, з, и); очевидно, рассеянный в массе пирита мышьяк использовался при их образовании. Сингенетические включения арсенипирита в пирите, располагающиеся концентрически-зонально, приурочены к зонам пониженных концентраций изоморфной примеси мышьяка, которые чередуются с «чистыми» зонами мышьяковистого пирита. В данном случае, вероятно, неоднократно резко изменялась концентрация мышьяка в процессе роста пиритового метакристалла, что отразилось на его структуре. Включения золота, однако, не влияют на характер распределения мышьяка в пирите, что удалось проследить на нескольких примерах с эпигенетическими включениями самородного металла.

Итак, особенности распределения примеси мышьяка в пиритах — весьма чувствительный индикатор условий их образования. К тому же содержание мышьяка и связанных с ним других элементов-примесей, как известно, влияет на свойства пиритов. С увеличением концентрации мышьяка увеличивается элементарная ячейка, уменьшается отражение, микротвердость, хрупкость, пирит приобретает кремово-розовый оттенок, проводимость меняется на положительную, значения ее увеличиваются (Розова, 1969; Прохоров, 1970; Бородаев, Мозгова, 1974). Мы установили, что в пиритах разных типов конфигурация мышьяковых зон различна, поэтому и она может служить их типоморфным признаком. Часто конфигурация зон не соответствует внешним очертаниям зерен или метакристаллов пирита (рис. 17, н, п), что может свидетельствовать о нестабильности условий роста кристаллов, влиянии примеси мышьяка на их морфологию.

Отмеченные выше черты различия морфологии кристаллов пирита разных стадий и этапов процесса минералообразования связаны с изменением состава и распределения в них примесей, в частности, мышьяка. Замечено, что в рудах, где преобладают пириты IIIa, IIIб, реже IIIг, чаще встречаются пентагондодекаэдрические и кубо-додекаэдрические формы. Для проверки про-

ведены морфометрические анализы зерен пирита из тяжелых фракций протолок 16 групповых и 22 штучных проб, отобранных по керну пяти скважин, вскрывающих по разрезу центральную часть рудной зоны Мурунтау на глубину свыше 400 м от поверхности. По каждой пробе, включающей 120—230 случайно отобранных кристаллов пирита размером 0,25—0,5 мм, определялось количество зерен определенной формы и по результатам подсчетов строились гистограммы, где по абсциссе откладывались индексы, соответствующие простым формам или их комбинациям, а по ординате — частота встречаемости форм в процентах. Гистограммы были вынесены на разрез к точкам отбора проб и уже их визуальное сопоставление позволило проследить отчетливо выраженную тенденцию увеличения количества зерен в форме пентагондодекаэдра и октаэдра с подчиненным развитием граней куба по мере приближения к рудной зоне с системой стержневых кварцевых жил как со стороны висячего, так и лежащего бока с максимумом в самой зоне. Существенные изменения в соотношениях форм кристаллов с глубиной в данном сечении не установлены, что в известной мере соответствует показанной выше инвариантности пробы золота, отобранного из той же зоны. В пирите относительно малоизмененных вмещающих пород преобладают кубические формы кристаллов. Установленные связи представляют интерес при выяснении элементов зональности месторождения, оценки золотоносности отдельных его зон и участков. Проведение морфометрических исследований на других объектах региона и сравнительный анализ их результатов позволит уточнить и детализировать известные критерии оценки и поиски золотого оруденения, основанные на типоморфизме кристаллических форм пирита (Чеботарев, 1975).

Микротвердость исследуемых пиритов колеблется в пределах 900—1510 кгс/мм², причем намечается тенденция к уменьшению ее значений от ранних морфогенетических типов к поздним (табл. 11). Для гидротермально-метасоматических пиритов III намечается рост средних значений микротвердости от ранних генераций к поздним при отчетливо выраженном увеличении разброса частных ее значений. Это вполне соответствует выявленной специфике распределения в них примеси мышьяка (табл. 10).

Микротвердость пирита, измеренная в зоне равномерного распределения примеси мышьяка (0,91%) оказалась на 15% ниже, чем за ее пределами (1145 против 1550 кгс/мм²). Бородаев, Мозгова (1974) получили более чем полуторакратное уменьшение микротвердости пирита при содержании мышьяка 7,9 и сурьмы 1,8%. При таком количестве примесей, как отмечают авторы, пирит приобретает розовую окраску и коэффициент отражения его снижается на 6—8%. Исследуемые нами пириты, как правило, не имеют розовой окраски и лишь в отдельных случаях зоны с повышенным содержанием в них мышьяка отличаются серо-кремовым оттенком. Проведение замеров отражения и

сравнение их отношений (R_{663}/R_{468}), характеризующих крутизну кривой отражения и независящих от качества полировки (Бернштейн, 1970), показало заметное различие исследуемых пиритов (табл. II).

Наиболее высоким отражением характеризуются плотные однородные зерна, не содержащие минеральных микровключений, но обладающие повышенной концентрацией примеси никеля и особенно кобальта. Это отдельные зерна пирита Ia, IIIб и IIIг, а также пирита IV. Последние отличаются наибольшим разбросом значений R_{663}/R_{468} , так как псевдоморфозы пирита по пирротину обычно неоднородны, насыщены мельчайшими включениями окислов железа и других минералов, что существенно снижает отражение минерала. Для разновидностей пирита III намечены признаки прямой корреляции между отражением и микротвердостью, что, однако, необходимо подтвердить большим числом замеров с применением прибора с большей, чем у ФМЭ-1 локальностью измерений и более высокой чувствительностью, чтобы проследить изменение отражения по отдельным зонам минерала. Следует отметить, что зоны пониженного отражения, совпадающие с растровыми картинками распределения примеси мышьяка, легко затравливаются даже слабыми кислотами. Они оказались менее стойкими и по отношению к культуре бактерий *Tiobacillus ferrooxidans* (Малахова, Чеботарев и др., в печати). Это открывает возможность изучать мышьяковистость пирита и связанные с нею изменения свойств по визуальным признакам в сочетании с простыми и доступными методами травления, измерения микротвердости и отражения.

От содержания мышьяка зависят и электрофизические свойства пиритов. Анализ наших данных, а также обширные материалы других исследователей показывают, что пириты разных типов и разновидностей обладают определенными значениями проводимости. Величина и знак ее зависят не только от средних содержаний мышьяка, играющего роль акцепторной, или никеля и кобальта — донорной примеси, но и от величины локальных концентраций и характера их распределения. Пириты III характеризуются в основном дырочным типом проводимости и сравнительно небольшим разбросом ее значений. Исключение составляют метакристаллы пирита IIIг с весьма неравномерным зональным распределением примеси мышьяка. Псевдоморфозы пирита IVа имеют низкие значения проводимости преимущественно электронного типа. ТЭДС, близкой к нулю, отличаются безмышьяковистые пленочные пириты, что, по-видимому, характерно для минералов перемещенного типа, подвергшихся процессам самоочистки.

Электрофизические показатели, зависящие от содержания и распределения мышьяка и других примесей, представляют значительный интерес с позиций типоморфизма исследуемых пиритов. Впервые предположение о том, что дырочный тип проводи-

мости пиритов обусловлен примесью мышьяка высказано Е. В. Розовой (1970), Е. В. Розовой и А. М. Гавриловым (1970) и Е. В. Розовой, Ю. Г. Зарембо (1971). Авторы пришли также к важным выводам о возможности использования электрических свойств сульфидов при изучении генетических особенностей оруденения при выяснении участков повышенной золотоносности месторождений и т. д. В итоге сравнительного анализа и обобщения минералого-геохимических материалов обоснована возможность использования повышенных концентраций мышьяка, других элементов и связанных с ними значений ТЭДС сульфидов в качестве поисковых признаков и критериев оценки золотого оруденения в районе, подчеркнуто значение *p*-пиритов (Акрамов, Борщов и др., 1975; Чеботарев, 1975). Эти представления и рекомендации подтверждены исследованиями последних лет (Жеребцов, Политиков и др., 1978). Указанные авторы изучением электрофизических свойств пиритов Мурунтау подтвердили также существование гипогенной зональности, показанной ранее Г. П. Чеботаревой на материалах минералогического профилирования. Таким образом, изучение типоморфных особенностей пиритов помогает решению практических задач.

В заключение отметим следующее.

1. В результате анализа полученных данных по свойствам и составу пиритов золоторудных месторождений Западного Узбекистана, сопоставлению их с материалами других исследователей намечен ряд типоморфных признаков. Важнейшие из них — особенности парагенетических связей, морфология выделений и кристаллов, характер минеральных микровключений, микротвердость, отражение, электрофизические свойства, элементы-примеси пиритов. Они характеризуют изменение условий рудообразования и подтверждают многообразие морфогенетических типов пиритов, их разновидностей и генераций.

2. Дана систематика и наиболее полная характеристика пиритов следующих типов: седиментационного с его разновидностями, возникающими в процессе осадконакопления, диагенеза и раннего метаморфизма осадков; магматогенного, акцессорного в интрузивных и дайковых образованиях; гидротермально-метасоматического с разновидностями и генерациями в составе разных, в том числе золотопродуктивных парагенетических ассоциаций; метаморфогенного, разновидности которого образуют псевдоморфозы по пирротинам или своеобразные пленочные формы, возникающие вследствие позднего перемещения вещества.

3. Прослежены известные ранее и установлены новые признаки связи и тенденции в изменении свойств пиритов в зависимости от их состава. Они выражаются в уменьшении микротвердости, отражения, увеличении параметра элементарной ячейки и значения ТЭДС, изменении ее знака с увеличением содержания примеси мышьяка — важнейшей типоморфной примеси пиритов.

4. Установлено, что мышьяк в пиритах присутствует в виде микровключений арсенопирита, скородита и др., субмикроскопических минеральных (?) вростков, а также в качестве изоморфной примеси.

Изученные разновидности пиритов различаются по содержанию и характеру распределения дисперсной, часто изоморфной примеси мышьяка. Для разновидностей гидротермально-метасоматического пирита установлена тенденция к увеличению локальных концентраций мышьяка от ранних генераций к поздним. Установлено изменение характера распределения его от сравнительно равномерного, неясно пятнистого, пятнисто-блокового до концентрически-зонального и полосовидного с большим перепадом концентраций в зонах, что значительно определяет изменение свойств и внутреннее строение их зерен.

5. Мышьяковистость — важный типоморфный признак пиритов. И, очевидно, не только пиритов золото-сульфидных (Сахарова, 1968), но и наиболее интересных в исследуемом регионе кварцево-золоторудных месторождений. Знание выявленных в процессе исследований форм фиксации мышьяка, характера его распределения, закономерностей изменения и связи с другими свойствами позволит полнее и глубже использовать этот признак при разработке поисково-оценочных критериев золоторудной минерализации. Представляется актуальным проведение детальных сравнительных исследований мышьяковистости пиритов месторождений других металлов и генетических типов, результаты которых несомненно будут иметь большой научный и практический интерес.

Знание типоморфных особенностей пиритов, некоторые из которых рассмотрены выше, приобретают все большее практическое значение, особенно для оценки известных и поисков новых месторождений золота. Этому в значительной мере способствует появление новых высокоточных и экспрессных полевых методов изучения их свойств.

Глава IV

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ И ТИПОМОРФНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ В ЗОЛОТЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЯХ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

Золотые рудопроявления Восточного Узбекистана — Пирмираб, Кызылалмасай, Каульдысай и Катранга относятся к формации малых глубин (Петровская, 1973). По классификации А. А. Малахова (1969), они представлены двумя рудными формациями, образовавшимися в приповерхностных условиях: адуляр-карбонатно-кварц-золоторудной (электрум) — Пирмираб, кварц-пирит-золоторудной (электрум) — Кызылалмасай, Каульдысай. Рудопроявление Катранга Р. И. Конеев относит к золото-содержащей медно-висмутовой формации.

Эти объекты имеют много общих черт, свойственных месторождениям близповерхностных субвулканических золоторудных формаций. Примерами подобных месторождений могут служить Балейское рудное поле, месторождения Приамурья, Восточных и Западных Карпат, Северной Америки и др. (Линдгрэн, 1935; Петровская, 1973; Шер, 1974). Описываемые нами рудопроявления размещаются в областях развития вулканоплутонической деятельности карбонового и пермо-триасового возраста. Для них весьма характерна связь с вулканическими постройками (жерла, некки и субвулканические тела) и связанными с ними системами тектонических нарушений. Однако существует мнение о том, что в данном регионе вулканы, притом не моложе среднего карбона, представляют лишь благоприятную среду для локализации оруденения, так же как раннегерцинские гранитоиды, нижне-среднепалеозойские осадочно-вулканогенные породы, в которых известна подобная минерализация (Мусин, 1970).

Золоторудная минерализация приурочена к жилам (часто ветвящимся), прожилковым зонам, межформационным телам. Жилы кварцевого, кварц-карбонатного, иногда с адуляром, реже карбонатного состава локализуются в вулканиках трахиандезитовой формации ($C_{1-2}-C_3$), которые подвергались интенсивной пропилитизации. В пределах изучаемых рудопроявлений широко распространены дайки диабазовых порфиритов и кислых гранитоидов.

Исследуемые объекты имеют много общего и в минералогическом составе жил, хотя каждому из них присущи свои, характерные для него минералогические особенности, например, коллоидное золото (Жирнов, 1972). По данным Н. В. Петровской и др. (Петровская, Константинов и др., 1971), во всех золоторудных месторождениях мира кроме золота наиболее распространены всего 6 минералов: кварц, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит и арсенопирит. Остальные развиты менее широко, либо специфичны лишь для немногих проявлений. Для характеристики типоморфных особенностей минералов мы выбрали кварц и пирит, которые не только присутствуют на всех рудопроявлениях, но к тому же являются «сквозными» минералами, т. е. участвуют во всех стадиях гидротермального процесса и, следовательно, несут информацию об условиях образования разновозрастных минеральных ассоциаций.

Одновременно изучались типоморфные особенности золота: крупность выделений, формы золотинок, морфология кристаллов, пробность и т. д.

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ТИПОМОРФНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИНЕРАЛОВ

Методика изучения типоморфных особенностей минералов заключалась в следующем: в поле при отборе каменного материала выделялись минеральные ассоциации, отмечались их взаимоотношения, учитывалась доля той или иной ассоциации в рудном теле в количественном отношении и визуально определялось содержание минералов в каждой ассоциации. Затем помимо отбора больших протолочных проб по жиле (20—25 кг) для изучения ее золотоносности и типоморфизма золота отбирались пробы, обогащенные тем или иным минералом из каждой ассоциации. К необходимости применения такой методики отбора проб мы пришли исходя из опыта наших предыдущих работ. Отбор минералов из протолочных проб не всегда позволяет достоверно выделить минерал из определенной минеральной ассоциации, так как трудно отличить раздробленные до 0,25—0,5 мм зерна, например, кварца одной из трех-четырех минеральных ассоциаций, одновременно присутствующих в пробе. В то же время в обнажении это сделать легко, руководствуясь типоморфными минералами той или иной ассоциации и взаимоотношениями этих ассоциаций.

Собранный полевой материал анализировался при помощи современных методов исследования, применявшихся и при изучении рудопроявления Западного Узбекистана, что позволило сопоставить данные, полученные для разных регионов.

При изучении типоморфных особенностей минералов мы исходили из предпосылки, что любые изменения физико-химических условий среды и минералообразования (температура, давление, химизм растворов) должны закономерно сказаться на изменении определенных черт минералов, например, облика кристаллов. Та-

кая зависимость открывает большие возможности для оценки уровня эрозионного среза жил и суждения о перспективах рудопроявлений. Метод определения уровня среза жил по особенностям кристалломорфологии пирита предлагают в настоящей работе С. К. Смирнова и М. М. Мансуров.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦА

Роль кварца очень велика в формировании золоторудных месторождений. Он участвует во всех стадиях гидротермального процесса, начиная с пропилитизации и околожильного метасоматоза, формирует разновозрастные гидротермальные жилы и рудные тела, образует в конце процесса маломощные прожилки гребенчатого кварца. Изучение типоморфных особенностей кварца из различных минеральных ассоциаций позволяет выделить кварц, сопровождающий золото из продуктивной минеральной ассоциации.

В качестве типоморфных признаков изучались следующие особенности кварца:

- 1) физические свойства — облик (цвет, блеск), структура, декрепитационная активность, интенсивность термовысвечивания;
- 2) морфологические особенности — особенности микроструктуры и микро рельефа на естественных сколах кварцев;
- 3) особенности химического состава — состав и количественные соотношения золота, серебра, ртути, щелочей и других элементов;
- 4) типоморфные минералы, сопутствующие кварцу в различных минеральных ассоциациях (ортоклаз, серицит — в околожильных метасоматитах; адуляр, карбонаты или пирит — в продуктивных сообществах; гематит и хлорит — в не продуктивных ассоциациях).

Ниже рассматриваются типоморфные особенности кварца из различных минеральных ассоциаций.

Кварц из околорудных метасоматитов. Эту ассоциацию мы наблюдали на всех изучаемых объектах. Кварц серовато-белого, зеленоватого цвета, тонкозернистый (0,005—0,1 мм), в шлифах под микроскопом видны его нечеткие, расплывчатые ограничения, содержит чешуйки и скопления гидрослюда, карбоната, хлорита, зерна циркона, апатита, рутила и магматического кварца исходной породы. В нем присутствует рассеянная вкрапленность пирита или тонкие его просечки.

Образование метасоматического кварца связано с серицитизацией вмещающих пород. При замещении серицитом полевых шпатов избыток кремнезема выделяется в виде кварца этого типа. Он остается на месте или переносится на некоторое расстояние, слагая значительную часть жил из разных рудных тел. Этот кварц практически незолотоносен,

Масштабы проявления метасоматического кварца весьма значительны. Он составляет на 50—70% тела жил. Зоны околожильного окварцевания имеют мощность 5—6, иногда 15 м, в надрудной части зоны метасоматического окварцевания достигают мощности 25—60 м, их протяженность несколько сот метров.

Некоторые исследователи (Мещанинов, 1970; Мансуров и Смирнова, 1976), полагают, что линейные зоны метасоматического кварца маркируют с поверхности гидротермальные жилы, не имеющие выхода на поверхность, поэтому изучению метасоматического кварца следует уделить пристальное внимание. Зоны метасоматического кварца широко развиты в рудопроявлениях Восточного Узбекистана.

Разновидность метасоматического кварца — кварц из зон прожилкового окварцевания. Он не образует больших скоплений, но часто встречается в виде маломощных (1—3 см) коротких прожилок кварц-хлоритового, кварц-ортоклазового и кварц-ортоклаз-эпидотового состава, иногда с вкрапленностью пирита, реже халькопирита. Зоны прожилкового окварцевания распространяются на 3—15 м от жилы, постепенно затухая. Кварц в прожилках белый, молочно-белый, зеленоватый за счет вростков хлорита или эпидота, зернистый (0,5—1 мм), с маслянистым блеском.

Метасоматический кварц отличается низкой декрепитационной активностью в интервале температур 100—300°C. В кварце из зон прожилкового окварцевания выявлено значительно больше газово-жидких включений. Количество импульсов колеблется в широких пределах и проявляется в большом диапазоне температур (рис. 21, а). Кривые термолюминесценции метасоматического кварца и из зон прожилкового окварцевания идентичны (рис. 22, а, б).

В метасоматическом кварце золото отсутствует, а содержания серебра и ртути низкие (табл. 12, 13).

Таким образом, к типоморфным особенностям метасоматического кварца можно отнести следующие его свойства:

1) физические — имеет плотный, халцедоновидный облик с реликтовыми очертаниями замещенных минералов (слюда, полевые шпаты) серый, грязно-белый, зеленоватый цвет, низкую декрепитационную активность;

2) химические — отсутствие золота, низкие содержания серебра и ртути;

3) постоянная ассоциация с гидрослюдами и равномерно рассеянной вкрапленностью мелкокристаллического пирита.

Характерные черты кварца из зон прожилкового окварцевания:

1) формы выделения в виде маломощных прожилок;

2) физические свойства — характерные декрептограммы и кривые термовысвечивания;

3) постоянная ассоциация с ортоклазом, эпидотом, хлоритом, кристаллами пирита в виде мелких кубов (2—3 мм).

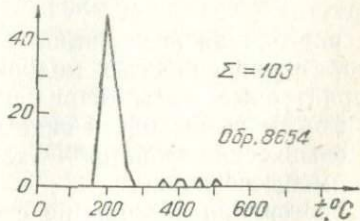
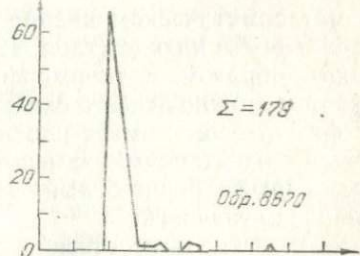
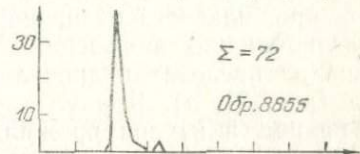
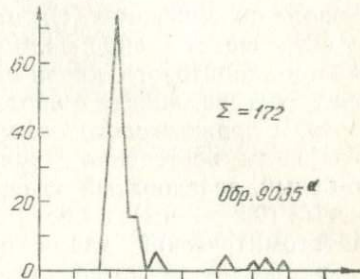
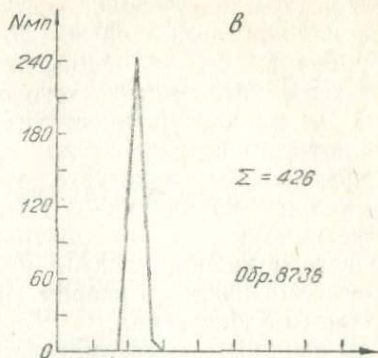
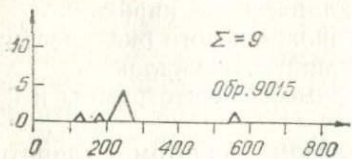
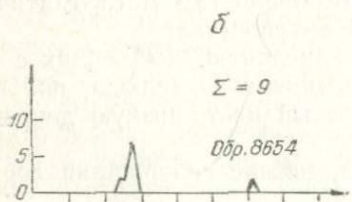
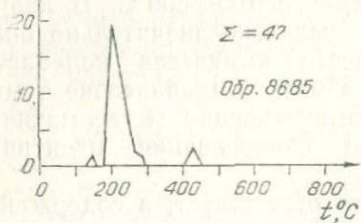
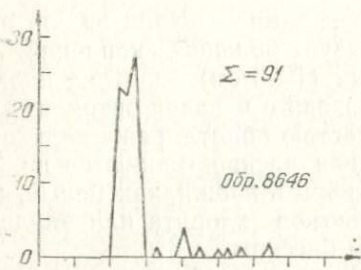
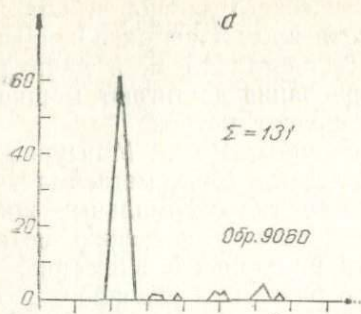


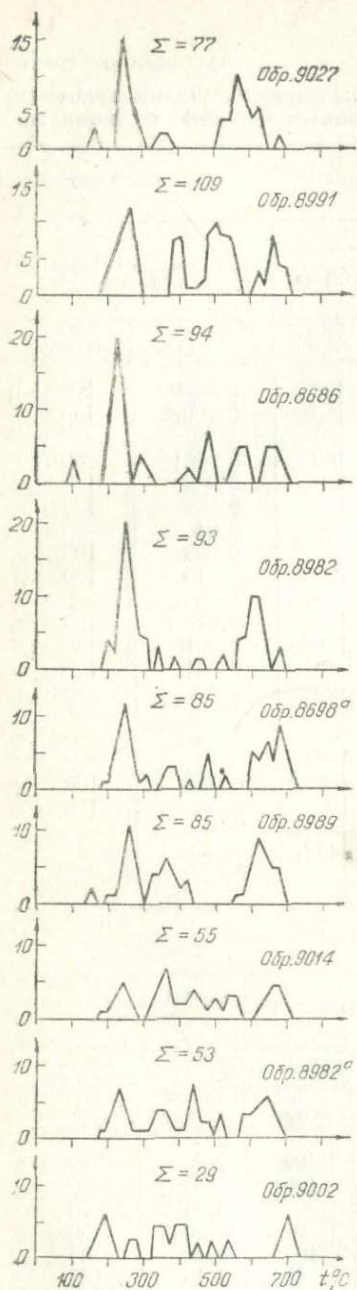
Рис. 21. Декрептограммы кварцев из различных минеральных ассоциаций Восточного Узбекистана.

Кварц из кварц-гематитовой ассоциации. Эта ассоциация проявилась на рудопоявлениях Пирмираб и Катранга.

Кварц из кварц-гематитовой ассоциации широко распространен на Пирмирабе и в меньших масштабах — в Катранге. На всех объектах в этом кварце наблюдаются обломки вмещающих пород (серцитизированные и окварцованные метасоматиты. В свою очередь на Западном участке Пирмираба встречаются брекчии, где обломки кварца с крупночешуйчатым гематитом сцементированы кварцем в ассоциации с адуляром (из продуктивной ассоциации). Наблюдаемые взаимоотношения позволяют отнести этот кварц к прерудной стадии.

Облик кварца из кварц-гематитовой ассоциации Пирмираба весьма характерен: он сливной, белый или зеленоватый от вrostков хлорита, постоянно сопровождающего эту ассоциацию, иногда вишнево-красный от гематитовой пыли; блеск жирный. В шлифах под микроскопом зернистый, постоянно содержит вrostки хлорита и пластинки гематита. Кварц из Катранги тонкозернистый, плотный, светло-серого цвета, похож на метасоматический. Постоянно ассоциирует с гематитом, реже с пиритом и халькопиритом.

Угольные реплики с естественных сколов кварца, снятые под электронным микроскопом (Т. И. Ясколко, ИГиГ АН УзССР), показали следующие особенности, присущие этому типу кварца: изломанные очертания ступенчатых сколов; широкое развитие вискеров; декорирование сколов другими минералами; широко распространенные мелкие шаровые выделения гематита в кварце, фигуры роста кварца (рис. 23, б, в, г).



ций золотых рудопоявлений
Пояснения в тексте.

Содержание элеме
в кварцах различных минеральных ассоциаций из золотых
(по данным полуколичественного

Элемент	Кварц из околорудных					
	Пирмираб				рудопроявление Кызылалмасай	
	метасоматиты		прожилковое окварцеван- ные			
	ср. сод. (5 пр.)	% встреч.	ср. сод. (5 пр.)	% встреч.	ср. сод. (2 пр.)	% встреч.
Cu	0,002	100	0,001	100	0,0008	100
Ag	0,002	100	0,004	100	0,00025	100
Au	—	—	—	—	—	—
Be	0,0001	100	0,002	100	0,0001	50
Mg	0,2	100	0,1	100	0,4	100
Ca	0,7	100	0,8	100	0,22	100
Sr	0,006	60	0,004	40	0,01	—
Ba	0,02	60	0,002	20	0,009	100
Al	0,8	100	0,6	100	1%	100
Ga	0,0003	60	—	—	—	—
Ti	0,004	100	0,02	100	0,07	100
Zr	0,003	60	0,002	100	0,0015	100
Pb	0,002	60	0,001	40	0,001	100
V	0,0004	40	—	20	—	—
As	0,001	20	—	—	—	—
Sb	?	—	—	—	—	—
Mo	0,001	100	0,001	100	—	—
Mn	0,01	100	0,04	100	0,02	100
Fe	0,5	100	0,8	100	0,5	100
Co	—	—	—	—	—	—
Ni	0,001	60	0,001	40	—	—

Элемент	Кварц из продуктивных ассоциаций						
	кварц-кар- бонат-аду- лярная	кварц-пиритовая		кварц-полисульфидная		черный кварц из зон брекчирования	
		рудопроявление Кызылалмасай					
	Пирмираб % встреч.	ср. сод. (20 пр.)	% встреч.	ср. сод. (7 пр.)	% встреч.	ср. сод. (7 пр.)	% встреч.
Cu	100	0,002	100	0,0015	100	0,035	100
Ag	100	0,001	100	0,0012	100	0,038	100
Au	100	—	—	—	—	0,0077	70
Be	90	0,0001	45	0,00004	20	0,0002	55
Mg	100	0,5	100	0,25	100	0,4	100
Ca	100	0,15	90	0,02	45	0,15	100
Sr	80	—	—	—	—	—	—

нтов-примесей

рудопроявлений Восточного Узбекистана на
спектрального анализа), %

метасоматитов		Из кварц-гематитовых жил				Из кварц-пиритовых жил	Кварц из продуктивных ассоциаций
рудопроявление Каульдысай		рудопроявление Пирмираб		рудопроявление Катранга			кварц-карбонат-адюляровай
ср. сод. (9 пр.)	% встреч.	ср. сод. (15 пр.)	% встреч.	ср. сод. (5 пр.)	% встреч.	ср. сод. (1 пр.)	Пирмираб
0,0013	100	0,001	100	0,001	100	0,003	0,002
0,0022	100	0,001	100	0,0007	100	0,005	0,02
0,00016	22	—	—	—	—	—	0,001
0,001	30	0,001	50	—	—	—	0,003
0,142	90	0,3	100	0,3	100	0,5	0,3
0,168	90	0,8	100	0,06	100	0,1	0,6
0,002	22	0,01	55	—	—	—	0,01
0,017	55	0,01	25	0,01	100	0,01	0,02
1%	100	0,7	100	1%	100	1%	0,6
0,0005	100	0,001	10	0,0005	100	0,0005	0,0005
0,026	100	0,006	100	0,04	100	0,05	0,06
0,001	22	0,002	100	—	—	0,001	0,002
0,001	33	0,001	45	—	—	—	0,006
0,0003	55	—	—	—	—	0,01	0,005
0,001	10	0,01	10	—	—	—	0,01
0,001	10	—	—	0,005	50	0,01	—
		0,001	100				0,001
0,019	100	0,06	100	0,01	100	0,01	0,06
0,3	100	1	100	0,1	100	0,5	0,5
—	—	0,001	20	—	—	—	0,001
—	—	0,001	30	—	—	—	0,001

				Из кварц-кальцит-волластонитовых жил		Послерудная ассоциация	
кварц-пиритовая		кварц-карбонат-пиритовая		рудопроявление Пирмираб		рудопроявление Каульдысай	
рудопроявление Каульдысай		рудопроявление Катранга					
ср. сод. (7 пр.)	% встреч.	ср. сод. (7 пр.)	% встреч.	ср. сод. (9 проб)	% встреч.	ср. сод. (22 пробы)	% встреч.
0,0011	100	0,001	100		100		
0,0025	100	0,003	100	0,002	100	0,007	100
0,0004	13	—	—	0,004	—	0,0025	50
0,0002	55	—	—	—	100	—	—
0,4	100	0,5	100	0,001	100	0,051	100
0,18	85	0,14	100	0,3	100	0,08	100
0,0015	17	—	—	1%	60	0,08	100
				0,01	25	—	—

Элемент	Кварц из продуктивных ассоциаций						
	кварц-карбонат-алюминат-железистая	кварц-пиритовая		кварц-полисульфидная		черный кварц из зон брекчирования	
		рудопоявление Кызылалмасай					
	Пирмираб	% встреч.	ср. сод. (20 пр.)	% встреч.	ср. сод. (7 пр.)	% встреч.	ср. сод. (7 пр.)
Ba	70	0 01	90	0,002	35	—	—
Al	100	0,5	100	0,05	100	1%	100
Ga	60	0,0005	90	0,0002	35	0,0003	100
Ti	100	0,055	100	0,005	90	0,05	100
Zr	80	0,0015	40	—	—	0,0001	45
Pb	100	0,0003	35	0,0001	85	0,002	100
V	10	0,0008	25	—	—	0,0016	55
As	75	0,02	20	—	—	—	—
Sb	—	0,025	100	0,12	100	0,03	100
Mo	85	0,01	40	0,0001	20	0,002	30
Mn	100	0,01	100	0,01	100	0,016	100
Fe	100	0,5	100	0,2	100	0,3	100
Co	10	—	—	—	—	—	—
Ni	30	—	—	—	—	—	—

Примечание. Лаборатория ИГиГ АН УзССР, ЦЛ МГ УзССР, САИГИМС

Кварц из кварц-гематитовой минеральной ассоциации претерпел значительный катаклаз, о чем свидетельствует мозаичное и блоковое угасание зерен кварца под микроскопом, отмеченное ранее М. И. Моисеевой (1969). Явлением катаклаза, по-видимому, можно объяснить то, что кварцы этой ассоциации имеют небольшое число импульсов при декрепитации (рис. 21, б). Вероятно, при катаклазе происходила естественная декрепитация. Кривые термолюминесценции этих кварцев имеют разный характер: одни отличаются большей интенсивностью и температурном интервале 223—235°C и характерны для восточного участка рудопоявления Пирмираб, другие — меньшей интенсивностью термо-высвечивания, максимум которого проявляется при более низких температурах — 214—227°C (западный участок, рис. 22).

Анализы (табл. 12, 13) показали присутствие множества элементов-примесей в кварцах этого типа.

Основные типоморфные признаки кварца из кварц-гематитовой ассоциации:

1) облик и физические свойства — сливная или зернистая текстура; молочно-белый, зеленоватый, серый, вишневый цвет; жирный блеск; низкая декрепитационная активность, обусловленная естественной декрепитацией; характер кривых термолюминесценции;

кварц-пиритовая		кварц-карбонат-пиритовая		Из кварц-кальцит-волластонитовых жил		Послерудная ассоциация	
рудопроявление Каульдысай		рудопроявление Катранга		рудопроявление Пирмираб		рудопроявление Каульдысай	
ср. сод. (7 пр.)	% встреч.	ср. сод. (7 пр.)	% встреч.	ср. сод. (9 проб)	% встреч.	ср. сод. (22 пробы)	% встреч.
0,0013	82	0,01	100	0,008	25	0,008	100
1%	100	1%	100	0,5	100	1%	100
0,0005	100	0,0005	100	0,001	55	0,0005	100
0,04	100	0,05	100	0,003	100	0,036	100
0,003	35	0,001	100	0,001	100	—	—
0,0005	60			0,02	100	0,005	50
0,006	60						
0,02		0,01	100			0,0015	50
	62			0,001	100	—	—
0,01	7	0,03	100	0,1	100	0,008	100
0,4		0,5	100	0,6	100	0,3	100
Сл.	100						
	100			0,001	10		

Аналитики Е. Д. Гуртенберг, Б. Г. Лубянская, И. В. Скорнякова.

2) морфологические особенности — особенности микроскульптуры на естественных сколах кварцев;

3) особенности химического состава — отсутствие золота, низкие содержания серебра и ртути;

4) постоянная ассоциация с темно-зеленым хлоритом, пластинчатым гематитом и крупными кристаллами пирита изометрической формы (Пирмираб).

Кварцы из продуктивных ассоциаций. Резко преобладают по количеству над остальными минералами этих ассоциаций. Они основные носители, а в ряде случаев и концентраторы золота. Облик продуктивных кварцев очень разнообразен, но в то же время настолько характерен, что обычно рассматривается как типоморфная особенность этого кварца и применяется в качестве поискового признака.

На изученных рудопроявлениях выделено 7 продуктивных в отношении золота ассоциаций: адуляр-карбонат-кварцевая с золотом, кварц-пиритовая, кварц-карбонат-полисульфидная, кварц-полиметаллическая с теллуридами, кварц (халцедон)-пиритовая с золотом, кварц-карбонат-полиметаллическая с теллуридами, кварц-карбонат-халькопиритовая с висмутом.

Кварц из адуляр-карбонат-кварцевой с золотом (электрум) ассоциации. Широко развит на рудопроявлении Пирмираб. Наряду

Содержание золота, серебра, ртути и щелочей в кварцах различных минеральных ассоциаций
из золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана

Элемент	Анализ	Единица измерений	Околорудных метасоматитов						Кварц-гематитовая		Продуктивные минеральные ассоциации	
			Пирмираб		Кызылалмасай		Каульдусай		Пирмираб		Пирмираб	
			ср. сол. (3 пр.)	% встреч.	ср. сол. (3 пр.)	% встреч.	ср. сол. (3 пр.)	% встреч.	ср. сол. (6 пр.)	% встреч.	ср. сол. (38 пр.)	% встреч.
Au	Пробирный- спектрохим- атомно-аб- сорб.	г/т	15	75	0,028	66	Не определялось		12	84	8	100
Ag											86	100
K Na Li Rb Cs щело- чей	Пламенной фотометрии	%	0,63	100	0,131	100	0,213	100	0,9	100	0,19	100
		%	0,06	100	0,03	100	0,063	100	0,04	100	0,06	100
		%	0,003	100	0,0042	100	0,0046	100	0,0032	100	0,0043	100
		%	0,0005	33	Не опр.		Не опр.		0,0	—	0,0025	60
		%	0,0002	33	Не опр.		Не опр.		0,0	—	0,0008	18
		%	0,6937		0,1652		0,2806		0,9432		0,2576	
Hg	Колич. спектр.	%	$6 \cdot 10^{-8}$	66	Не опр.		Не опр.		$7 \cdot 10^{-8}$	67	$8 \cdot 10^{-6}$	80
Автор			М. И. Моисеева, С. К. Смирнова М. М. Мансуров		Р. И. Конеев		М. И. Моисеева, Р. И. Конеев		М. И. Моисеева, С. К. Смирнова М. М. Мансуров			

Элемент	Продуктивные минеральные ассоциации												Кварц-кальцит-воластононитовая	
	Кызылалмасай						Каульдасай				Катранга		Пирмираб	
	кварц-пиритовая		кварц-полисульфидная		из зон брекчирования		кварц-пиритовая		кварц-полимет.		кварц-халькопиритовая			
	ср. сол. (20 пр.)	% встреч.	ср. сол. % встреч.	% встреч.	ср. сол. (7 пр.)	% встреч.	ср. сол. (11 пр.)	% встреч.	ср. сол. (3 пр.)	% встреч.	ср. сол. % встреч.	% встреч.	ср. сол. (8 пр.)	% встреч.
Au	0,367	100	0,65	100	3,514	100	19,391		3,585		0,076	100	1,2	37
Ag			Не определялось										14	75
K	0,152	100	0,123	100	0,274	100	0,238	100	0,290	100	0,090	100	0,16	100
Na	0,043	100	0,05	100	0,042	100	0,067	100	0,16	100	0,07	100	0,20	100
Li	0,056	100	0,0034	100	0,0070	100	0,0025	100	0,0046	100	0,0052	100	0,0028	100
Rb	Не опр.		Не опр.		Не опр.		Не опр.		Не опр.		Не опр.		0,0015	50
Cs	Не опр.		Не опр.		Не опр.		Не опр.		Не опр.		Не опр.		0,0	
Σ щелочей	0,251		0,1764		0,3230		0,307		0,4546		0,1652		0,3643	
Hg							$9 \cdot 10^{-5}$	60	Не опр.		Не опр.		$5 \cdot 10^{-7}$	87
Автор	Р. И. Конеев						М. И. Моисеева, Р. И. Конеев				Р. И. Конеев			

Примечание. Анализы выполнены в лабораториях ИГ иГ АН УзССР, ЦЛ МГУ УзССР, САИГИМСа, Бронницкой ГГЭ, ИМГРЭ, Москва. Аналитики: пробирный анализ—Л. Ф. Толкачева, спектрохимический—Б. Г. Лубянская и И. В. Скорнякова, пламенная фотометрия—А. Д. Косолапов, Цыганкова В.

с кварцем значительные скопления здесь образует анкерит, в меньших количествах встречается адуляр. Как правило, продуктивная ассоциация на этих объектах совмещается в одних и тех же структурах с более ранними и более поздними ассоциациями—

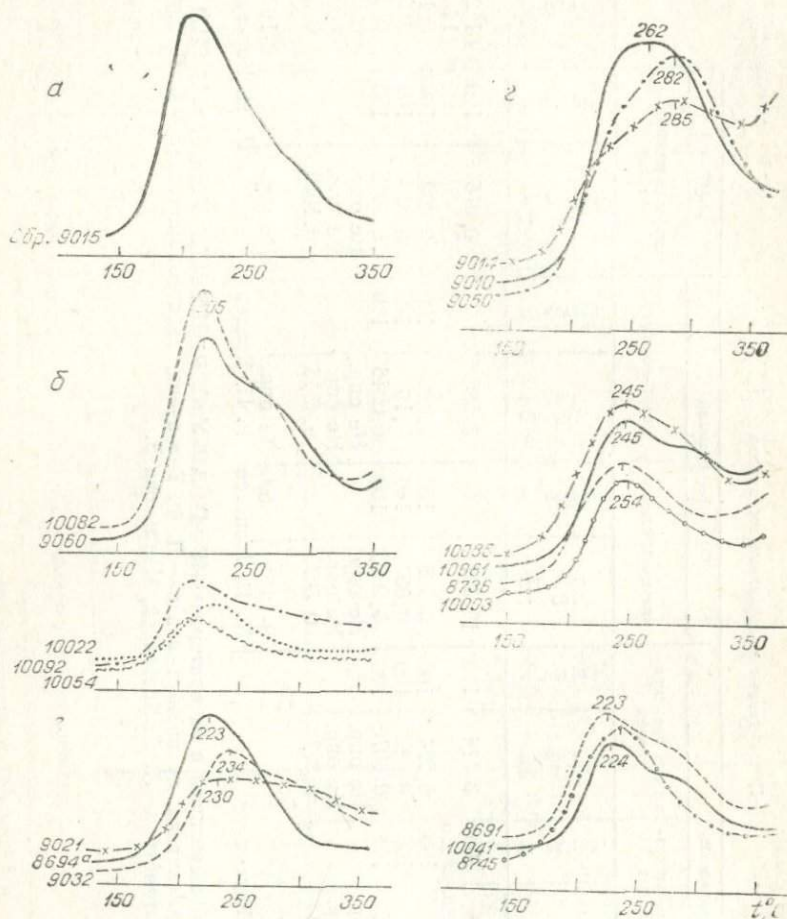


Рис. 22. Кривые термолюминесценции кварцев из золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана. Пояснения в тексте.

кварц-гематитовой и кварц-кальцит-воластонитовой. Выявить продуктивный кварц в полевых условиях возможно лишь с помощью его типоморфных особенностей.

Облик кварца разнообразен: халцедоновидный, сахаровидный, фарфоровидный, пластинчатый и друзовый. Цвет белый, серый, темно-серый или нежно-розовый за счет вrostков адуляра.

В шлифах под микроскопом продуктивный кварц отличается резкими переходами от мелкозернистых рисовидных зерен к среднезернистому. В проходящем свете в зернах кварца наблюдаются бурые зоны, обусловленные скоплениями мельчайших газовой-жид-

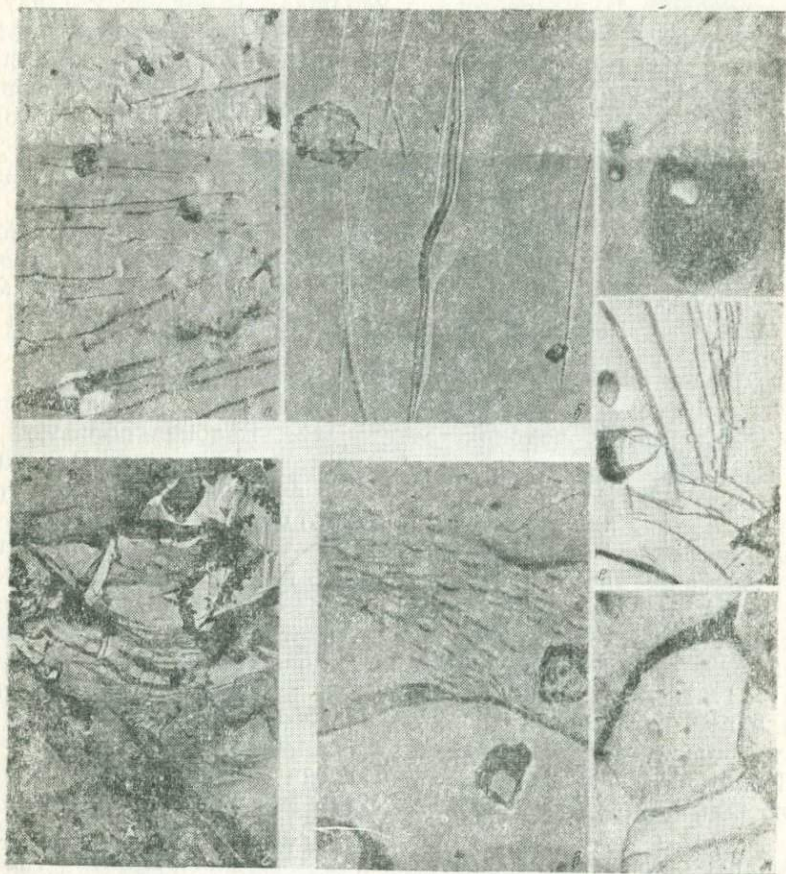


Рис. 23. Электронномикроскопические снимки угольных реплик с естественных сколов кварцев из различных минеральных ассоциаций в рудопроявлении Пирмираб. Пояснения в тексте.

ких включений. Часто встречаются сфериды кварца. Для западных флангов площади очень характерен пластинчатый габитус продуктивного кварца. Впрочем, пластинчатый облик свойствен здесь также и анкериту из продуктивной ассоциации. На восточном участке рудопроявления Пирмираб пластинчатый кварц встречается реже и в меньших количествах. Пластинчатый габитус кварца вообще характерен для близповерхностных месторожде-

ний золота, связанных с вулканитами. Он известен в месторождениях Северной Америки (Линдгрэн, 1935), Балейском рудном поле (Петровская, 1973). В Узбекистане впервые выявлен и описан М. И. Моисеевой (1966, 1969).

Характерны также постоянно наблюдающиеся вросстки адуляра в кварце. Продуктивный кварц ассоциирует с карбонатом (часто с пластинчатым анкеритом) и мелкокристаллическим пиритом, образующим сплюснутые кубы, сростки кубов, изометричные пентагондодокаэдры, реже октаэдры и комбинации этих форм.

С продуктивным кварцем кроме адуляра и карбонатов ассоциирует очень малое количество сульфидов — пирит, галенит, сфалерит. У них определенные формы выделения (галенит, например, образует сплюснутые мельчайшие кубики). Встречены также в очень малых количествах арсенопирит, пирротин, стефанит, фрейбергит, гессит. М. М. Мансуров и С. К. Смирнова (1977) полагают, что минералы серебра и теллура связаны со второй продуктивной ассоциацией, существенно серебряной.

Особенность рудного кварца — постоянное наличие в нем реликтов халцедона, обнаруживаемых в скрещенных николях в виде участков, имеющих волокнистое строение. Волокна образуют перистые, радиальнолучистые и сферолитовые агрегаты. Волокнистую структуру халцедона иногда четко повторяют скопления тончайших газовой-жидких включений бурого цвета.

Эти реликтовые колломорфные структуры кварца представляют большой интерес для понимания генезиса кварцевых жил. Они указывают на то, что при формировании кварцевых жил значительную роль играли коллоидные растворы, из которых кремнезем отлагался в виде халцедона (Моисеева, 1966).

Продуктивный кварц образовался за счет выполнения трещин и пустот. Метасоматические процессы не участвовали в его формировании.

Некоторые особенности морфологии продуктивного кварца удалось выявить под электронным микроскопом с помощью угольных реплик с естественных сколов кварца. Обнаружились газовой-жидкие включения с растущими в них минералами; газовой-жидкие пузырьки на вершинах скульптурных образований, для которых они, по-видимому, служили питающей средой. Реплики обнаружили зернистое строение кварца, причем одни зерна гладкие, другие покрыты скульптурами роста различных размеров (рис. 23, *д, е, ж*).

Продуктивный кварц Кызылалмасайского рудопроявления еще более разнообразен. Выделяются три продуктивные ассоциации.

Кварц-пиритовая, сложенная следующими разновидностями.

1. Серый тонкозернистый кварц, иногда полосчатый за счет чередования прозрачных и менее прозрачных зон. Размер зерен 0,01—0,05 мм. Непрозрачность зон обусловлена многочисленны-

ми включениями, которые не удалось определить. Реплики сколов тонкозернистого кварца выявляют его структуру с обособ-

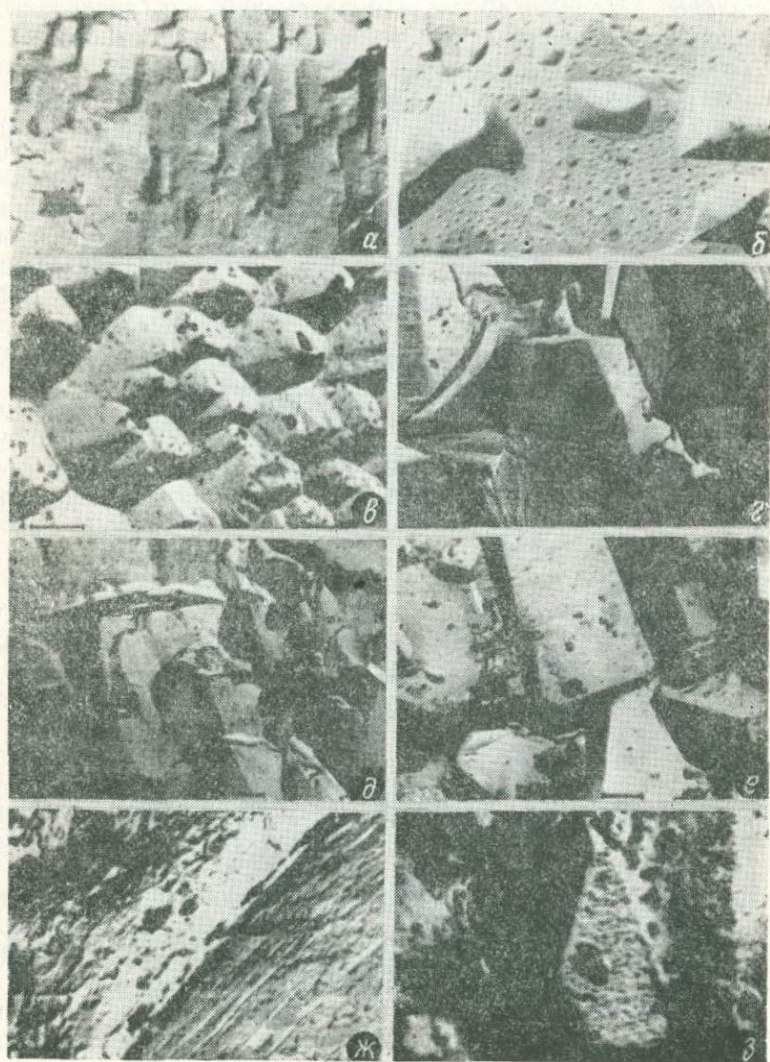


Рис. 24. Угольные реплики с граней и сколов кварца.

а, б—грань призм, *в*, *г*—тонкозернистый, *д, е*—мелкозернистый, *ж, з*—коллоидно-полосчатый.

ленными индивидами, имеющими кристаллографические очертания (рис. 24).

2. Белый крупнозернистый кварц наиболее широко распространен в золотоносных жилах. Текстура массивная, часто-брекчие-

вая. Зерна изометричной и шестоватой формы (0,1—1 мм). Шестоватые разности, чаще встречаемые в отдельных прожилках, имеют зональное строение, обусловленное сменой зон, прозрачных и переполненных газовой-жидкими включениями, и аметистовую окраску. В шлифах можно проследить все стадии катаклаза кварца — от развития пластических деформаций изгиба, появления облачного угасания и перистых структур до хрупких деформаций, выражающихся во внутризерновом растрескивании, и появлении микротрещин по границам зерен с перекристаллизацией по зонам роста или секущих зерна. При максимальном развитии хрупких деформаций развиваются катакlastические брекчиевые текстуры, в цементе которых находится перекристаллизованный тонкозернистый кварц и обильные скопления сульфидов (пирит и арсенипирит).

Реплики со сколов этого кварца выявляют мелкобугорчатую, мелкоямчатую, ступенчатую структуру скола (рис. 25).

Кварц-карбонат-полисульфидная ассоциация слагает живообразные тела с золотом, серебром, серебро-сурьмяными минералами, пиритом, халькопиритом, в меньшей степени галенитом, сфалеритом. Характерная особенность кварца этой ассоциации — развитие колломорфных, метаколлоидных текстур и структур перекристаллизации.

Здесь выделены следующие разновидности.

1. Черный колломорфно-полосчатый кварц (рис. 26), характерный для верхних горизонтов месторождения. Полосчатость обусловлена чередующимися слоями халцедона, тонко-, мелко- и крупнозернистого кварца. Г. Ш. Рашидова, изучавшая подобные образования в рудопроявлении Кызылалмасай, считает, что рудоотложение происходило из коллоидных растворов (Рашидова, 1974). Реплики со сколов этой разновидности кварца показывают типично коллоидные бугристые структуры, среди которых иногда выкристаллизовываются отдельные индивиды кварца (рис. 24).

2. Крупнозернистый шестоватый кварц с зональными кристаллами слагает отдельные прожилки, вдоль зальбандов которых отлагаются каемки сульфидов (рис. 27), наиболее распространен.

3. Черный тонкозернистый кварц встречается в участках с повышенной золотоносностью, где совмещаются две продуктивные ассоциации и широко развиты брекчиевые, кокардовые, колломорфные текстуры (рис. 27). Здесь наблюдаются сфероиды с зонально располагающимися в них скоплениями рудных минералов. В ядрах сфероидов находятся обломки более раннего кварца, окаймленного халцедоном. Черный цвет тонкозернистого кварца обусловлен тонкораспыленной вкрапленностью сульфидов. Подобные образования характерны для близповерхностных золото-серебряных месторождений (Петровская, 1973).

4. Пластинчатые разновидности кварца также встречаются в Кызылалмасай, но распространены меньше, чем в Пирмирабе.

Кварц-полиметаллическая с теллуридами ассоциация
слагает межформационную залежь, представленную зоной квар-
цевых брекчий с колломорфным выделением минералов: галенит,

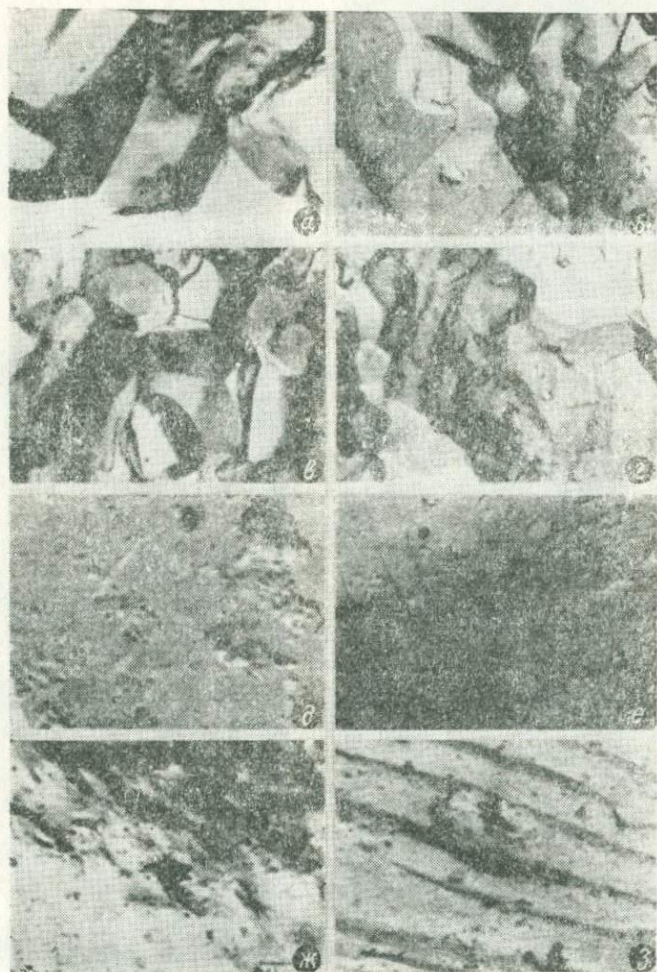


Рис. 25. Угольные реплики со сколов кварцев.

а, б, в—халцедоновидный, *д, е, ж, з*—крупнозернистый, трещиноватый.

сфалерит, халькопирит, тетраэдрит, теннантит, теллуриды Au—Ag
(рис. 27). Выделяются следующие разновидности кварца.

1. Халцедоновидный, серый и белый, скрытокристаллический,
микрозернистый, содержит мельчайшие включения пирита. Тексту-
ра массивная, брекчиевая.

2. Мелко-, среднезернистый, чаще распространен в цементе брекчий, в ассоциации с ним анкерит, гидрослюды, галенит, сфалерит, тетраэдрит, теллуриды Au—Ag.

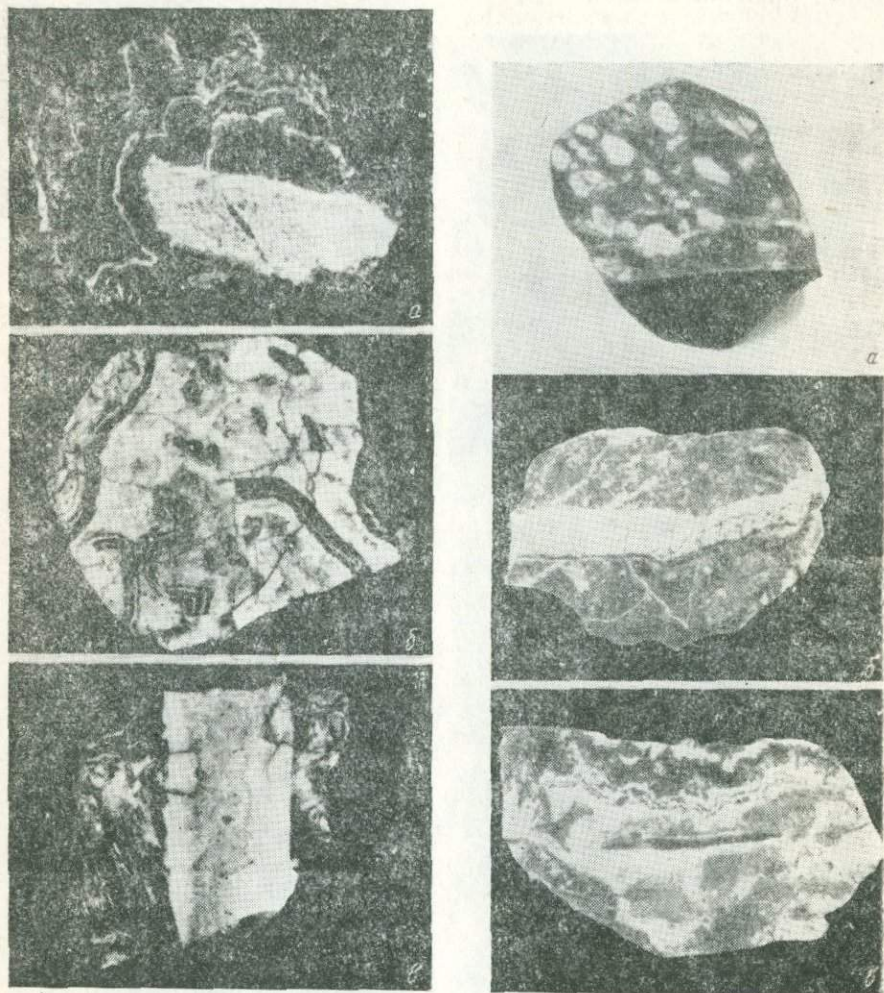


Рис. 26. Колломорфно-полосчатые кварцы из кварц-карбонат-полисульфидной ассоциации. Полированные штуфы. 1/2 натур. величины.

Рис. 27. Кварцевая брекчия из кварц-пиритовой ассоциации (А), кварц-карбонат-полисульфидный прожилок в брекчии (Б); колломорфные выделенные сульфиды из кварц-полиметаллической ассоциации (В). Полированные штуфы. 3/4 натуральной величины.

На рудопроявлении Каульдысай выделено две продуктивные ассоциации.

Кварц (халцедон)-пиритовая с золотом слагает главную массу жил. Халцедоновидный кварц этой ассоциации белый, светло-кремовый, иногда слегка зеленоватый. Он скрытокристаллический, микрозернистый (0,002—0,008 мм), иногда настолько, что слабо реагирует на поляризованный свет, обнаруживая лишь эффект агрегативной поляризации. Реплики со сколов выявляют неясно оформленные индивиды (рис. 25). Он содержит мельчайшие неопределимые включения, тонкую вкрапленность пирита и золота. Текстуры этого кварца массивные и брекчиевые.

Кварц-карбонат-полиметаллическая с теллуридами встречается в виде линз и гнезд в жильных телах, сложенных халцедоновидным кварцем первой продуктивной ассоциации. Облик этого кварца очень разнообразен: зернистый, петельчато-колломорфный, реликтивно-колломорфный, полосчатый, друзовый, гребенчатый, кокардовый, брекчиевый. Тесно ассоциируют с ним кальцит, анкерит, доломит, а также рудные минералы: пирит, галенит, сфалерит, блеклая руда, золото и теллуриды, наблюдаемые при микроминералогических исследованиях (Чеботарев и др., 1979).

Характерной чертой рудопроявления является повсеместное распространение своеобразных брекчиевых текстур. В сущности вся рудная минерализация этого типа представлена брекчией, в которой обломки более раннего халцедоновидного кварца сцементированы вторым продуктивным кварцем с сульфидами и теллуридами, причем обломки первого как правило сохранили первоначальную ориентировку.

Кварц-карбонат-халькопиритовая с висмутом ассоциация проявилась в Катранге. Кварц обычно средний и крупнозернистый или в виде удлиненнопризматических кристаллов, образующих гребенчатые и друзовые разности. Размеры отдельных кристаллов достигают 2—3 см. Совместно с кварцем этой ассоциации выделяются халькопирит, пирит, виттихенит, висмутин, редко галенит, сфалерит и золото.

В кварце наблюдаются тончайшие газовой-жидкие включения в виде точек бурого цвета. Они представлены чаще всего лучистыми, волнистыми или беспорядочными скоплениями, иногда размещаются по зонам роста кристаллов кварца.

Кварцы из продуктивных ассоциаций резко отличаются от иных типов по значительно большему количеству газовой-жидких включений (рис. 21, в). Следует отметить, что, хотя количество импульсов для отдельных образцов иногда значительно изменяется, общий характер декрептограмм кварца из продуктивных ассоциаций остается идентичным — это кривые с одним резким пиком в интервале температур 200—350°C. Наблюдается прямая зависимость декрепитационной активности кварцев от их структурных особенностей: количество импульсов возрастает от тонкозернистого, халцедоновидного кварца к шестоватому или друзовому, что, по-видимому, обусловлено размерами газовой-жидких

включений. Это подтверждается определениями потерь при прокаливании для кварцев различных структурных типов. Выяснилось, что наибольшие потери при прокаливании имеют халцедоновидные и колломорфные разновидности кварцев, которые на декрептограммах имеют меньшие количества импульсов. Вероятно, газово-жидкие включения настолько малы, что при нагревании они не взрываются (Вертушков, и др., 1969; Шарапов и др., 1973). При переходе от более ранних генераций продуктивного кварца к последующим наблюдается снижение температур, при которых он растрескивается. Необходимо отметить, что декрепитационные характеристики во многом зависят от методики и приборов, на которых выполняются исследования. Поэтому следует сопоставлять лишь данные, полученные в одной лаборатории, либо принимать во внимание только характер кривых.

Измерения параметров элементарной ячейки кварцев из продуктивных ассоциаций, проведенные Р. И. Коневым (табл. 14) показали, что халцедоновидные кварцы имеют увеличенные, иногда значительно, параметры по сравнению с эталоном. Размытые дифракционные отражения имеют деформированные кварцы. Наиболее близки к эталону параметры ячейки хорошо окристаллизованного кварца из друз.

Оказалось, что все продуктивные кварцы из различных золоторудных объектов сходны по набору элементов-примесей. Почти все элементы присутствуют и в кварце других генераций, хотя и в меньших количествах. Самый надежный критерий отличия продуктивного кварца от других типов — наличие в нем повышенных количеств золота и серебра. Весьма показательно также возрастание содержания ртути в продуктивных кварцах на 2—3 порядка по сравнению с другими ассоциациями. Обращает на себя внимание появление и повышение содержания в продуктивном кварце таких элементов как сурьма, свинец, мышьяк, молибден, рубидий, цезий. Распределение других щелочей (K, Na, Li) не позволяет выявить какие-либо закономерности. Особенно высокие количества Cu, Sb, Ag, Pb, As, Fe, Mo отмечаются в черных кварцах, окраска которых обусловлена присутствием тонкораспыленных сульфидов. На Кызылалмасайском рудопроявлении одна из разновидностей колломорфного черного кварца содержит до 0,3% Sb, но сульфиды в нем не обнаружены. При нагревании до 400—500°C кварц обесцвечивается. Р. И. Конев предполагает изоморфизм между Sb и Si (Макаров, 1969).

Таким образом, в качестве типоморфных признаков продуктивного кварца предлагаются следующие его особенности:

- 1) физические свойства: характерный облик — наличие колломорфных тонкополосчатых, петельчатых, кокардовых, пластинчатых, брекчиевых, друзовых текстур; окраска полосчатая, зональная, цвет черный (из-за тонкораспыленных сульфидов), коричневатый (из-за коллоидного золота), розоватый (из-за вростков адуляра), белый, серый, бесцветный, водянопрозрачный, фио-

летовый (аметист); большое количество газовой-жидких включений — высокая декрепитационная активность, характерная конфигурация декрептограмм и кривых термовысвечивания;

Таблица 14

Параметры элементарной ячейки кварца

Номер обр.	Образец	Co	a_0	c/a	V
2КА	Монокристаллы из друзы	5,4040	4,9128	1,1000	112,953
7243	Крупнозернистый белый	5,4041	4,9134	1,1000	112,979
8345	Крупнокристаллический аметистовый	5,4042	4,9130	1,1000	112,966
8323	Крупнокристаллический аметистовый	5,4043	4,927	1,1001	112,953
8493в	Крупнокристаллический дымчатый	5,4043	4,9121	1,1002	112,923
6 в	Крупнозернистый коричневый Крупнокристаллический аметистовый	5,4044	4,9123	1,1002	112,934
8321	Тонкозернистый серый	5,4045	4,9119	1,1002	112,920
8271	Тонкозернистый серый	5,4045	4,9123	1,1002	112,938
8355	Крупнозернистый коричневый	5,4046	4,9122	1,1002	112,936
1КА	Мелкозернистый белый	5,4046	4,9124	1,1002	112,946
8374	Колломорфно-полосчатый черный	5,4046	4,9124	1,1002	112,946
а	То же	5,4046	4,9125	1,1002	112,951
7187	"	5,4047	4,9128	1,1001	112,965
8282	"	5,4047	4,9134	1,1000	112,993
8282	Халцедоновидный серый	5,4052	4,9126	1,1003	112,967
8501	То же	5,4053	4,9128	1,1002	112,978
8315	Халцедоновидный белый	5,4654	4,9134	1,1001	113,008
84935	Халцедоновидный серый	5,4056	4,9136	1,1001	113,021
7188	То же	5,4058	4,9138	1,1001	113,035
7191	Халцедоновидный белый	5,5058	4,9133	1,1002	113,008
54	Белый крупнозернистый трещиноватый	5,4062	4,9136	1,1003	113,035
86	То же	Расширение отражения То же			
89	"				
8080	"	" "			
8290	"				
8320	"				
8350	"				
8350	"				

Примечание. Аналитик Н. Троненко, рентгеновский кабинет ИГиГ АН УзССР. Параметры определялись по методике В. А. Франк-Каменецкого и И. Е. Каменцева (1961) в камере РКЭ. Ошибка определения $\pm 2 \cdot 10^{-40}$ А.

2) особенности химического состава: постоянная золотонность, повышенные (на 2—3 порядка) содержания серебра и ртути, а также сурьмы, висмута, свинца, меди, мышьяка, молибдена, рубидия, цезия;

3) постоянная ассоциация с характерными для определенных объектов минералами (адуляром, пластинчатым анкеритом в Пирмирабе, пиритом и серебряными минералами в Кызылалмасе, карбонатами и тонкорассеянными сульфидами и теллуридами в Каульды, пиритом, халькопиритом и висмутовыми минералами в Катранге).

Часть перечисленных типоморфных особенностей продуктивного кварца (облик, окраска, парагенезис с другими минералами) могут служить надежными поисковыми признаками и использоваться в повседневной практике геологов.

К непродуктивному относится кварц из кварц-кальцит-волластонитовой и пострудной ассоциаций.

Кварц из кальцит-волластонитовой ассоциации макроскопически белый или молочно-белый, иногда желтоватый за счет вкрапленности медово-желтого граната. В нем постоянно встречаются вроски игольчатых кристаллов волластонита. Декрептограммы кварца из этой ассоциации имеют весьма характерные очертания — наблюдается большое число импульсов, проявленных в широком диапазоне температур — от 700 до 100°C, что указывает на более высокие температуры образования этого кварца по сравнению с продуктивным (рис. 21, г).

Набор элементов-примесей в кварце из данной ассоциации тот же, что и в продуктивном (табл. 12, 13). Однако в этом типе кварца содержания серебра обычно на один — два порядка ниже, чем в продуктивном, золото тоже присутствует в небольших количествах; содержания ртути на порядок ниже, чем в продуктивном, но выше, чем в кварце из кварц-гематитовой ассоциации.

К типоморфным особенностям кварца из кальцит-волластонитовой ассоциации можно отнести:

физические свойства — большое количество газовой включений, характерные декрептограммы и кривые термовысвечивания;

особенности химического состава — низкие содержания золота, серебра и ртути;

постоянная ассоциация с волластонитом, гранатом, галенитом, сфалеритом, шеелитом.

Кварц пострудный как правило представлен более крупнокристаллической разностью (1—2 см). Часто образует гребенчатые текстуры, располагаясь в залбандах баритовых, кальцитовых прожилков и маломощных жил. Распространен в надрудной части рудопоявлений. Беден примесями.

Таким образом, в результате изучения особенностей кварцев из разных минеральных ассоциаций на золоторудных объектах Восточного Узбекистана выявлен ряд признаков, характерных для кварца из определенных ассоциаций. Эти признаки отнесены к типоморфным как поисковый критерий.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИРИТА

Пирит, как и кварц, принимает участие в минералообразовании на всех стадиях гидротермального процесса. В продуктивных минеральных ассоциациях, с пиритом всегда связано золото, что объясняется его осаждающей способностью, обусловленной электрохимическими явлениями (Сахарова, Лобачева, 1967). Таким образом, выявление типоморфных особенностей пирита из продуктивных ассоциаций является в то же время разработкой поисковых критериев на золотое оруденение.

Исследовались следующие типоморфные особенности пирита:

морфологические — форма и размер кристаллов, характер их искажений;

химический состав, главным образом золотоносность;

типоморфные минералы, сопутствующие пириту в различных минеральных ассоциациях.

Пирит из пропицитов отличается широкой площадной распространенностью и представляет собой рассеянную вкрапленность мелких кристаллов кубического габитуса. Золото иногда присутствует в нем, но в очень малых количествах. Этот пирит образовался на месте, за счет разложения железосодержащих минералов сольфатарными гидротермами. Кристаллы пиритов из пропицитов как правило имеют форму куба, грани искривлены за счет грубой вертикальной штриховки. Кристаллы часто сплющены или вытянуты из-за неравномерного развития граней (рис. 28, 1—5, 29), размеры 0,01—0,1 мм.

Пирит из околожильных метасоматитов представлен пентагондодокаэдрами, кубами и их комбинациями. Размеры кристаллов 0,1—0,5—1 мм (рис. 28, 6—9).

На рудопроявлениях Пирмираба кристаллы сильно искажены, они скошены, грани развиты крайне неравномерно, на гранях ступенчатая штриховка. Искажения и штриховка настолько характерны для пиритов из метасоматитов, что облегчают его диагностику.

На Кызылалмасайском рудопроявлении большая часть пирита из кварц-серицитовых метасоматитов (80—90%) представлена хорошо ограненными кубическими кристаллами. Искажение зависит от состава вмещающих пород: в измененных гранитах развиты мелкие кубики почти идеальной формы, а в сланцах кристаллы имеют таблитчатую или параллелепipedальную форму. Для сиенито-диоритов характерны кубические кристаллы. Часто встречаются комбинации куба с пентагондодокаэдром (рис. 29).

Пирит из этой ассоциации иногда содержит золото (единицы г/т) и серебро (до 17—20 г/т). Золото позднее и приурочено к трещинкам в пирите. Мышьяк присутствует постоянно (300 г/т), селен и теллур тоже, но в небольших количествах (табл. 15).

Пириту из околожильных метасоматитов постоянно сопутствуют ортоклаз, хлорит, эпидот; метасоматический кварц и сери-

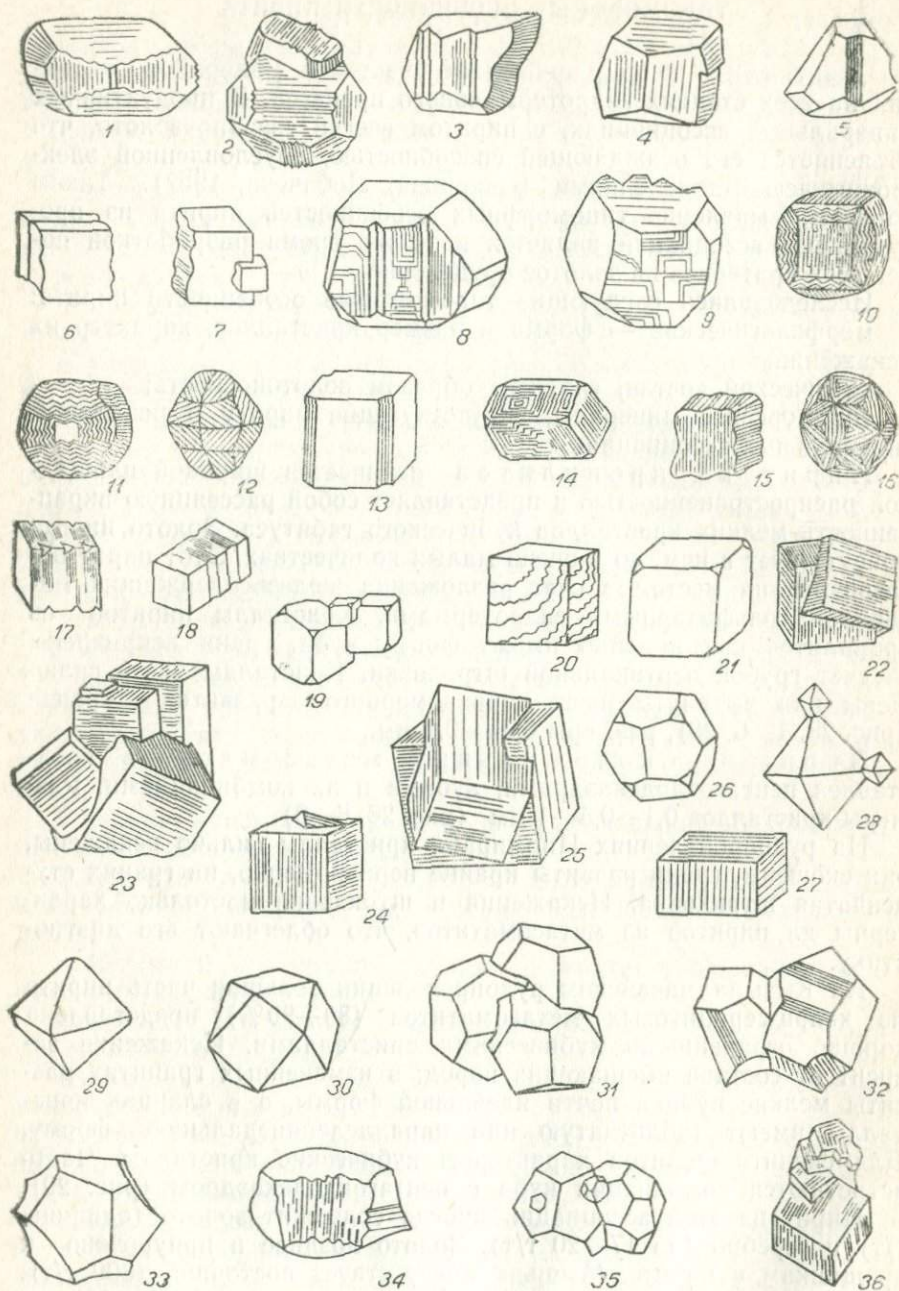


Рис. 28. Формы кристаллов пирита из различных минеральных ассоциаций Чадакского рудного поля. Пояснения в тексте.

цит — типоморфные минералы околорудных метасоматитов. Пирит образует густую вкрапленность в хлоритизированных, серицитизированных и эпидотизированных зонах, а также короткие прожилки и просечки.

Пирит из кварц-гематитовой ассоциации изучался на рудопрооявлениях Пирмираб и Катранга. Он имеет весь-

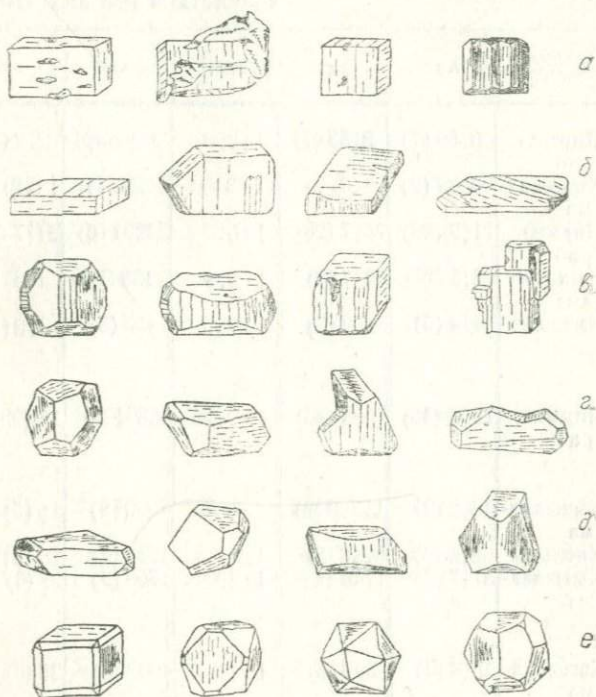


Рис. 29. Формы кристаллов пирита из различных минеральных ассоциаций в рудопрооявлениях Чаткальского хребта и Алмалыкского рудного поля.

а—из прожилков, *б*—из сланцев, *в*—из кварц-серицитовых метасоматитов, *г*, *д*—из кварц-пиритовых и кварц-анкерит-полисульфидных жил, *е*—из кварц-сидерит-пирит-халькопиритовых жил.

ма характерный для него габитус — пентагондодекаэдры, комбинации куба с пентагондодекаэдром, тригонтриоктаэдры, кубы, октаэдры, размеры кристаллов 3—5 мм. Иногда кристаллы пирита покрыты красноватой блестящей пленкой гидроокислов железа, которые при большом увеличении имеют форму округлых чешуй (рис. 30). Отличительный признак пирита этого типа — грубая ступенчатая и треугольная вициальная штриховка, которая придает кристаллам округлый изометричный облик, сглаживая ребра (рис. 28, 10—18). Часто грани кристаллов бывают

ямчатыми за счет естественного травления. Цвет пирита латунно-желтый с блеском.

Содержание благородных и редких элементов в пиритах различных мин Узбекистана (по данным пробирного)

Минеральная ассоциация	Рудопроявление	Au	Ag	Au:Ag	As	Se	Te
Пропилиты	Пирми- раб	0,89 (7)	2,58 (7)	1:2,9	He опр.	2,2 (15)	4,5 (15)
	Кызылал- ма	0 33 (2)	1,0 (2)	1:3	125 (4)	18 (2)	2 (2)
околоруд- ные метасо- матиты	Пирми- раб	11,2 (28)	75,7 (28)	1:6,7	3300 (16)	21,7 (23)	43,8 (23)
	Кызылал- ма	2,36 (7)	13,7 (7)	1:5,8	128 (5)	1 (1)	6 (1)
	Каульды	4,4 (5)	9,0 (5)	1:2,5	450 (5)	4,2 (5)	4,0 (5)
Продуктив- ные ассо- циации:							
	кварц-кар- бонат-аду- лярная с золотом	Пирми- раб	1354 (46)	3066 (46)	1:2,26	4680 (22)	35 (22)
кварц-пирит- овая	Кызылал- ма	18,2 (9)	117,0 (9)	1:6,4	8200 (9)	15 (5)	22 (5)
	Каульды	62,4 (5)	32,8 (5)	1,9:1	1262 (4)	16 (8)	16 (8)
кварц-анкерит- поли- сульфид- ная	Кызылал- ма	37,7 (7)	1740 (4)	1:49	1760 (9)	21 (6)	71 (6)
	Каульды	27,4 (3)	300 (3)	1:11	4000 (3)	35 (3)	380 (3)
кварц-поли- металлич- еская с те- ллуридами	Каульды	41,0 (2)	He опр.	—	3525 (4)	34 (5)	379 (5)
	Кызылал- ма	2,3 (2)	4,6 (2)	1:2	120 (2)	20 (2)	42 (2)
кварц-сидерит- халько- копиритовая (с висму- том)	Катранга	13 (3)	1,0 (3)	13:1	460 (3)	6 (3)	5 (3)

Примечание. В скобках—число проб. Анализы выполнены в ЦЛ МГ А. В. Котова).

Золото в пирите этой ассоциации отсутствует или не превышает нескольких граммов на тонну, серебро в небольших количествах (10—100 г/т) присутствует постоянно (табл. 15).

Пирит из кварц-гематитовой ассоциации сопровождается крупночешуйчатым гематитом, в котором часто образует вроски, тем-

но-зеленым хлоритом и зеленоватым, сливным кварцем с жирным блеском. Пирит образует вкрапленность в кварце и гематите или

Т а б л и ц а 15

еральных ассоциаций из золотых рудопоявлений Восточного
и химического анализов, г/т)

Se:Te	Co	Ni	Ni:Co	Sb	Bi	Cu	Tl
1:2	Не опр.	Не опр.	—	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
1:9	221 (4)	140 (4)	1,6:1	10 (2)	20 (2)	.	1 (2)
1:2,0	482,5 (8)	160 (8)	1:3,0	37,5 (8)	5 (8)	4036 (8)	Не опр.
1:6	205 (5)	322 (5)	1:1,6	10 (1)	40 (4)	Не опр.	0,0 (1)
1:1	126 (5)	51 (5)	1:2,4	80 (5)	Не опр.	Не опр.	2,0 (5)
1:3,4	600 (12)	200 (12)	1:3	100 (6)	30 (6)	10100 (22)	Не опр.
1:1,5	118 (8)	214 (8)	1,8:1	228 (9)	40 (6)	Не опр.	2,0 (2)
1:1	87 (6)	77 (6)	1:1,1	40 (2)	35 (4)	Не опр.	9,0 (3)
1:3,4	200 (10)	374 (10)	1,9:1	1470 (4)	80 (2)	Не опр.	2,5 (2)
1:10,9	192 (5)	236 (5)	1,2:1	350 (3)	60 (2)	Не опр.	1,0 (2)
1:11,1	94 (6)	54 (6)	1:2	190 (2)	60 (2)	Не опр.	6,0 (2)
1:2	660 (2)	275 (2)	1:2,2	30 (2)	150 (2)	Не опр.	Не опр.
1,2:1	1360 (3)	170 (3)	1:8	10 (3)	260 (2)	Не опр.	1,0 (3)

УзССР (Л. Ф. Толкачева), в ИГиГ АН УзССР (А. Н. Хан, Г. Базарбаева,

скопления в участках, обогащенных хлоритом. Описанные типоморфные признаки пирита из кварц-гематитовой ассоциации (морфология кристаллов, сопутствующие минералы, низкая золотоносность) в этом случае играют роль минералогических критериев для оценки золотоносности жилы.

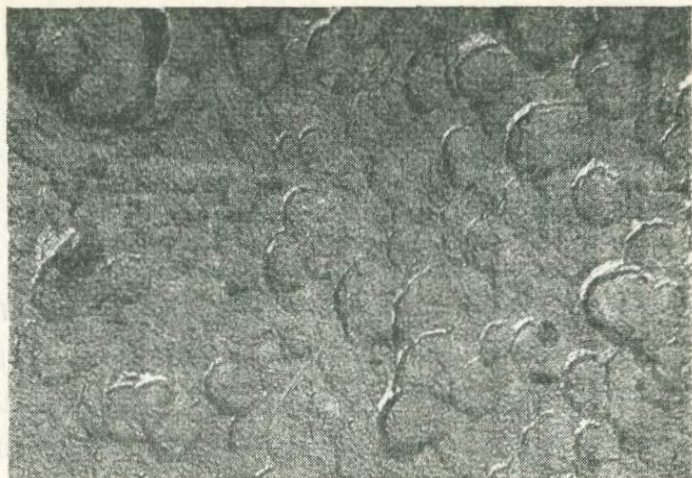


Рис. 30. Поверхность октаэдрического кристалла пирита из кварц-гематитовой ассоциации. Электронномикроскопический снимок угольной реплики. Увелич. 11000.

ПИРИТЫ ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ АССОЦИАЦИЙ

Адуляр-кварц-карбонатная с золотом (электрум) ассоциация проявлена на рудопроявлениях Пирмираба. Пирит в этом парагенезисе обычно встречается в исчезающе малых количествах — 0,01—0,05% от веса пробы. Он образует мельчайшие кристаллы размером 0,01—0,07 мм, тусклые, иногда с побежалостью. Габитус кристаллов — кубы, пентагондодекаэдры, их комбинации, октаэдры и комбинации кубов с октаэдрами (рис. 28, 19—30). Кубы часто сплющены, остальные формы не искажены. Характерны сростки кубов, тонкая штриховка на гранях, нарастание субиндивидов.

Продуктивный пирит содержит резко повышенные количества золота и серебра (табл. 15) по сравнению с пиритами из других ассоциаций (до 0,01%). Мышьяк присутствует постоянно в десятых долях процента. Для селена и теллура не отмечается заметного увеличения по сравнению с пиритами из других ассоциаций. Иногда повышаются количества меди, часто присутствуют сурьма и висмут (до сотых долей процента).

Отношение серебра к золоту в пирите составляет 1 и менее. В таком случае наблюдаются включения электрума в пирите, но чаще количество серебра превышает содержание золота в 2—6 и более раз. Такое соотношение свидетельствует о выделении самостоятельных минералов серебра в пирите (Моисеева, 1969).

Замеры пробности золота, включенного в пирите, показали, что все выделения золота относятся к электруму.

Пириту из этой ассоциации сопутствуют: золото, которое часто образует сростки с кристаллами пирита и вроски в них, блеклая руда, арсенопирит, галенит ранней ассоциации, сульфиды серебра, теллуриды золота, свинца и серебра; из жильных минералов — продуктивный кварц, пластинчатые карбонаты, адуляр.

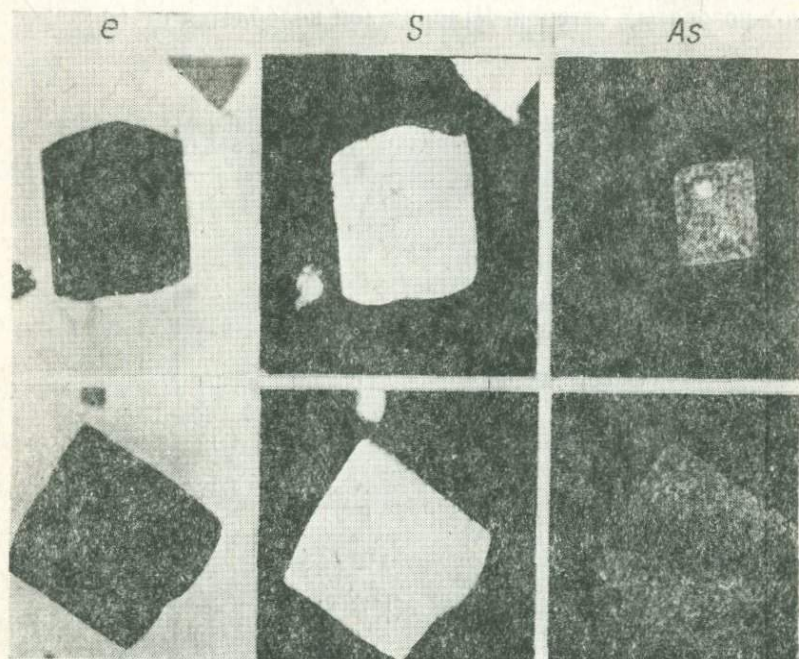


Рис. 31. Распределение серы и мышьяка в пирите из кварц-пиритовой ассоциации.

e — снимок в поглощенных электродах (100×100 мкм).

Типоморфные признаки продуктивного пирита: облик (габитус) кристаллов, характер искажений, тип сростков, высокая золотоносность и сереброносность, примеси Se, Te, As, Bi, Cu, Sb; сонахождение с типоморфными ему минералами.

На рудопроявлении Кызылалмасай выделено три продуктивные ассоциации.

Пирит из кварц-пиритовой продуктивной ассоциации — основной сульфид. Он выделяется в центральных частях прожилок и в виде вкрапленности вокруг головок кристаллов кварца. Основными габитусными формами пирита этого типа являются искаженный пентагондодекаэдр и комбинация его с кубом (рис. 29).

Пирит этой ассоциации содержит повышенную концентрацию мышьяка, который изоморфно входит в структуру минерала, за-

мещая серу (Бородаев, Мозгова, 1974; Чеботарев, Волков, 1975; Конеев, Волков, 1977). Мышьяк распределяется в кристаллах в виде широких зон, где его содержания достигают 4,8% (рис. 31).

Зональная структура пирита иногда подчеркивается распределением включений других минералов, а также тем, что зоны несколько отличаются по твердости, отражательной способности — имеют розоватый оттенок. Ширина зон колеблется от 10 до 50 мк.

Таблица 16

Параметры элементарной ячейки пирита различных ассоциаций из некоторых рудопоявлений Восточного Узбекистана

Номер образца	Место взятия, характеристика	a_0 , Å	As, %	Co, %
8051	Кызылдамасай. Метакристаллы {100} из пропилитизированных сиенито-диоритов	5,4073	0010	0030
8056	Кызылдамасай. Метакристаллы {100} из пропилитизированных сиенито-диоритов	5,4094	0020	0020
8191	Катранга. Кристаллы {100} + {111} из кварц-пиритовых жил	5,4112	0220	0056
8392	Чумаук. Кристаллы {210} + {111} из кварц-сидерит-халькопиритовых жил	5,4118	0020	0062
2605	Самарчук. Кристаллы {100} + {210} из кварц-пиритовых жил	5,4151	0100	0026
8267	Самарчук. Искаженные кристаллы {210} из кварц-полиметаллической жилы	5,4188	0640	0007
8202	Катранга. Кристаллы {210} + {111} из кварц-сидерит-халькопиритовой жилы	5,4193	0040	0150
8206	То же	5,4205	0060	0120
8208	"	5,4215	0060	0140
8350	Кызылдамасай. Искаженные кристаллы 210 из кварц-пиритовой жилы	5,4230	1020	0005
8493	То же	5,4232	0890	—
8320	"	5,4242	1040	0007
8080	"	5,4258	0850	0020

Примечание. Параметры определялись по методике Б. Чеснокова (1973). Ошибка определения $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ Å. Аналитик Н. А. Троненко, рентгеновский кабинет ИГиГ АН УзССР.

В результате исследований на электронном анализаторе MS-46 «Сатеса» выявлено, что при увеличении мышьяка в зоне изменяется содержание серы. Высокие содержания мышьяка в пиритах свидетельствуют о низких температурах его образования (Кларк, 1966).

Параметры элементарной ячейки мышьяковистого пирита увеличены по сравнению с пиритом, не содержащим As (табл. 16).

Содержания золота в пирите этого типа невелики, в среднем 18 г/т. Отношения золота к серебру колеблются от 1:1 до 1:6.

Предполагается, что золото распределяется в пирите в тонкодисперсной форме, либо в виде изоструктурных с пиритом серномышьяковистых соединений (Бадалов, Голованов и др., 1971).

В тех участках, где на кварц-пиритовую ассоциацию накладываются последующие процессы и образуются кварцевые брекчии, пирит имеет тонкозональную структуру распределения мышьяка с образованием обогащенных зон краевых каемок (с содержанием As до 6,5%) и возникновением арсениопирита (рис. 32, 33).

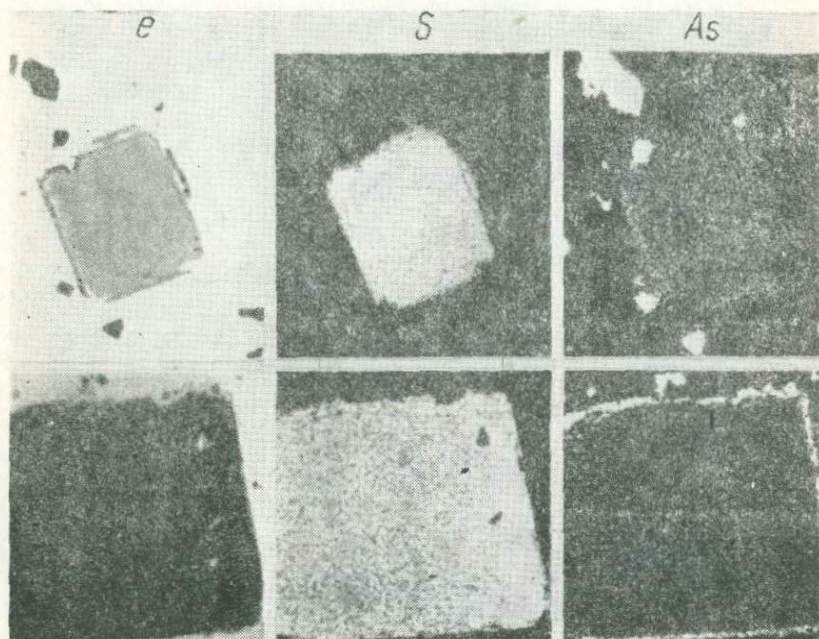


Рис. 32. Распределение в пирите серы и мышьяка.

e—снимок в поглощенных электронах (200×200 мкм), рудопроявление Кызылалма.

В отдельных случаях в зональных кристаллах отмечаются включения золота (рис. 34).

Пирит из кварц-карбонат-полисульфидной ассоциации вместе с другими сульфидами выделяется вдоль зальбандов или вокруг обломков пород. Среди кристаллических форм пирита этого типа резко увеличивается число искаженных пентагондodeкаэдров (рис. 29). Широко развиты также их комбинации с кубом. В пирите отмечаются высокие содержания сурьмы и серебра (табл. 15), что обусловлено многочисленными включениями других минералов этой ассоциации — фрейбергита, полибазита, аргентита, электрума (рис. 35). Содержания золота в пирите этого типа значительно выше, чем в пирите из кварц-

пиритовой ассоциации (до сотен граммов на тонну), по данным Р. П. Бадаловой и др., (1976). Соотношения Au и Ag низкие, до 1:50. Концентрация мышьяка ниже, чем в пирите из кварц-полисульфидной ассоциации и распределяется он крайне неравномерно. Часть мышьяка входит в состав блеклых руд. Пирит этой ассоциации также отличается повышенной никеленосностью.

Пирит из кварц-полиметаллической с теллуридами ассоциации выделяется в виде колломорфных

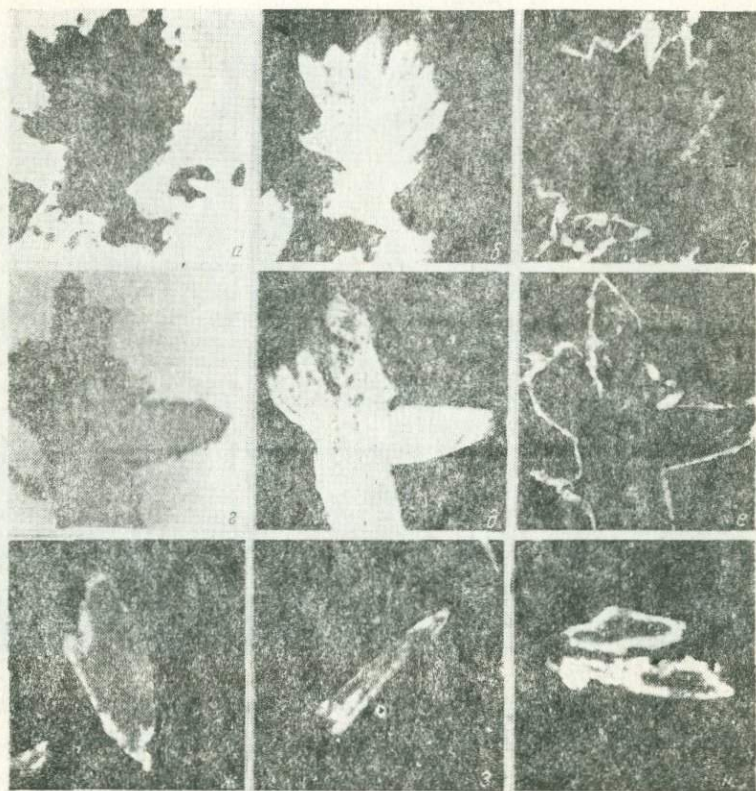


Рис. 33. Распределение серы (б, д) и мышьяка (в, е, ж, з, и) в марказите с каемками арсенопирита: а, г—снимки в поглощенных электронах (300×300 мкм).

образований, искаженных пентагондодекаэдров и комбинаций их с кубами. Колломорфные пириты вообще характерны для золоторудных месторождений с теллуридами (Маркова, 1969; Королева, 1969). Исследования на микрозонде показали, что колломорфный пирит представляет собой тонкую смесь пирита, гессита, галенита, теннантита (рис. 36). Пирит этой ассоциации отли-

чается высокими содержаниями теллура и селена. Мышьяк обычно связан с блеклыми рудами.

На рудопроявлении Каульдысай выделены две продуктивные ассоциации: кварц (халцедон)-пиритовая и кварц-полиметаллическая с теллуридами.

Пирит из кварц (халцедон)-пиритовой ассоциации отличается чрезвычайно мелкими выделениями кристаллов, рассеянных в халцедоновидном кварце. Формы кристаллов пирита чрезвычайно разнообразны: преобладают кубы со

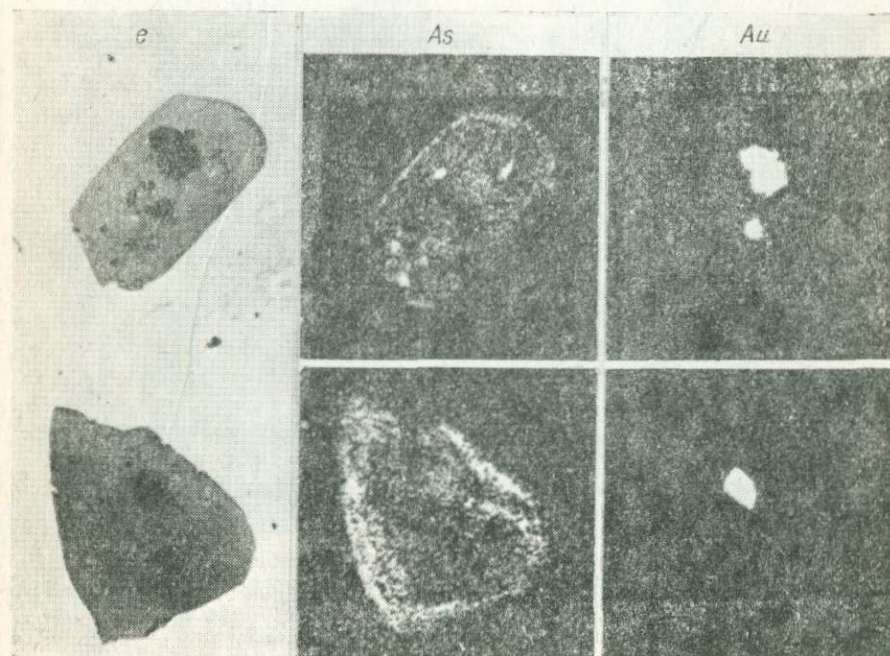


Рис. 34. Распределение в мышьяковистом пирите мышьяка и золота.

e—снимок в поглощенных электронах (200×200 мкм).

штриховкой на гранях, в подчиненном количестве развиты пентагондодекаэдры, часто сплюснутые. Следует отметить вытянутые тонкоигольчатые кристаллы. Пирит отличается повышенными содержаниями мышьяка, который распределяется по зонам, что характерно для пирита из брекчий. Пирит этой ассоциации имеет повышенную золотоносность. Золото образует в нем субмикронные выделения (рис. 37). Соотношения золота и серебра в пирите 2:1 и более (табл. 15).

Пирит из кварц-карбонат-полиметаллической с теллуридами ассоциации часто имеет зональную и

почковидную колломорфную структуру. Он ассоциирует с «коллоидным» золотом и теллуридами золота. В кристаллах пирита размером до 50 мкм с помощью микроанализатора можно наблюдать включения золото-серебряных теллуридов (петцит) как правило в сростании с галенитом (рис. 38). Химический анализ

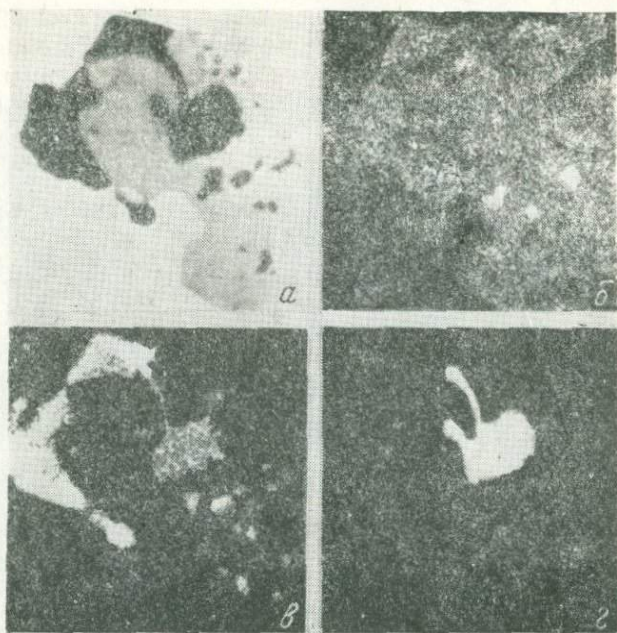


Рис. 35. Распределение мышьяка (а), серебра (б), золота (г) в пирите из кварц-анкерит-полисульфидной ассоциации;

а — снимок в поглощенных электронах (200×200 мкм).

пиритов из этой ассоциации тоже показал повышенное содержание теллура (табл. 15).

Для медно-висмутового с золотом рудопроявления Катранга характерна одна продуктивная ассоциация.

Пирит из кварц-карбонат-халькопиритовой с висмутом и золотом ассоциации несколько уступает халькопириту по количеству. Образует гнезда и отдельные вкрапленники. Для кристаллов характерно развитие граней октаэдров (рис. 29). В пирите отмечено повышенное содержание кобальта, который неравномерно распределяется по площади кристалла, достигая в отдельных зонах 1,3% (рис. 39). Золото не дает высоких концентраций в пирите, но отношение Au:Ag достигает 15:1. Включения в пирите виттихенита, висмутина и халькопирита обусловили повышенные содержания Вi и Си в минерале.

Кобальтсодержащий пирит также имеет увеличенные параметры решетки (табл. 16).

Таким образом, пириты из продуктивных ассоциаций изучаемых объектов отличаются следующими типоморфными особенностями:

1) развитие кубических, пентагондодекаэдрических форм и их комбинаций в кварц-пиритовой и золото-серебряной кварц-поли-

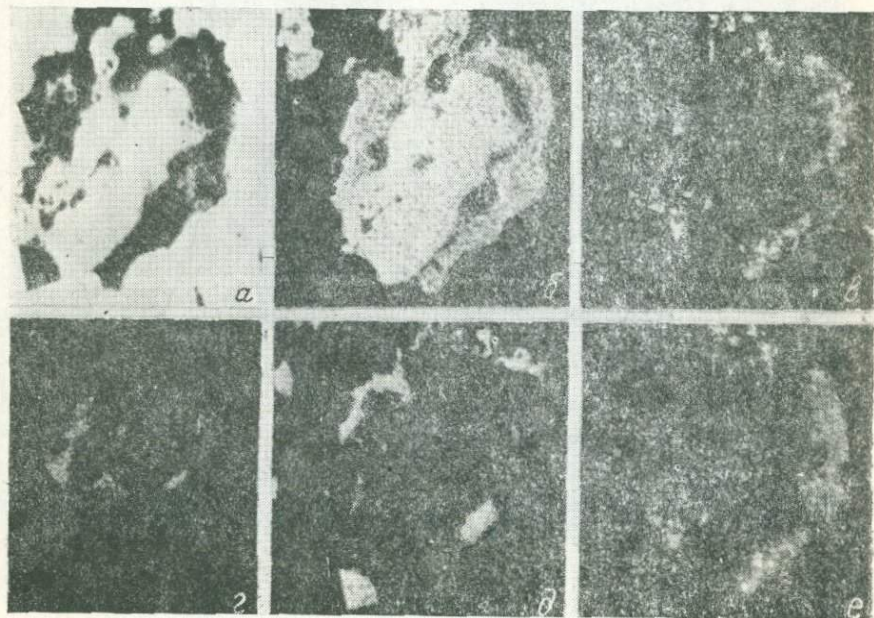


Рис. 36. Распределение серы (б), теллура (в), мышьяка (г), свинца (д), серебра (е) в колломорфном пирите из кварц-полиметаллической с теллуридами ассоциации;

а — в поглощенных электронах (200×200 мкм). Рудопроявление Самарчук.

сульфидной ассоциациях; колломорфных выделений в кварц-полиметаллической с теллуридами, пентагондодекаэдрических форм в комбинации с октаэдром в кварц-халькопиритовой с висмутом;

2) высокая золотоносность, повышенные содержания мышьяка в кварц-пиритовой ассоциации, серебра и сурьмы в кварц-полисульфидной, селена и теллура в кварц-полиметаллической, кобальта и висмута в кварц-халькопиритовой;

3) парагенезис и микропарагенезис с минералами, типоморфными для выделенных ассоциаций (арсенопирит и марказит, серебряные сульфосоли, галенит и теллуриды, виттихенит и висмутин).

Пирит из кварц-кальцит-волластонитовой с полиметаллами ассоциации изучен на рудопроявлении

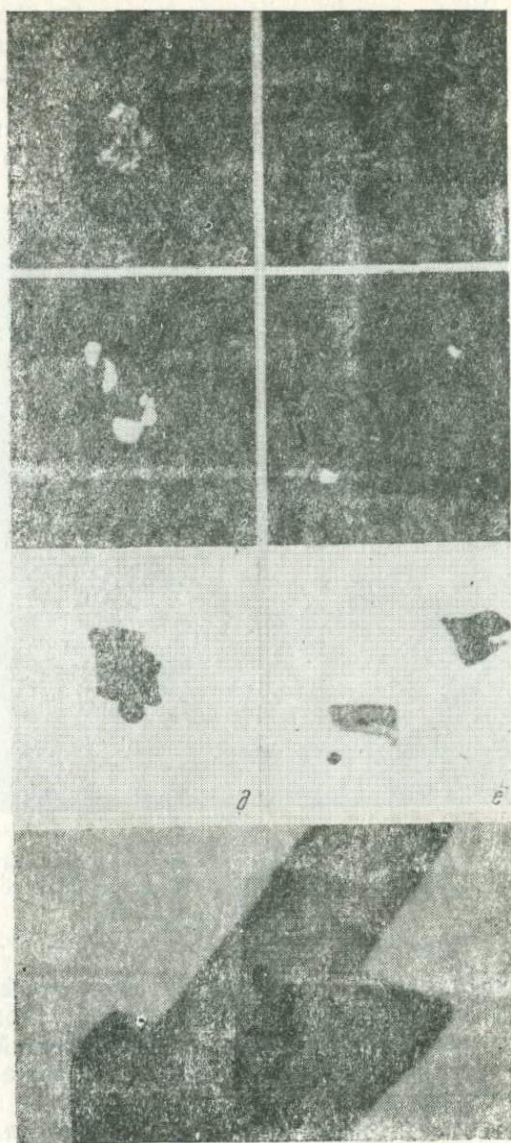


Рис. 37. Распределение мышьяка (*а, б*) и золота (*з, ж*) в пирите кварц-пиритовой ассоциации. *д, е*—снимки в поглощенных электронах на микроанализаторе MS-46; *ж*—то же на „Сатеса“ (увелич. 4000).

Пирмираб. Размеры кристаллов 0,25—0,5 мм, преобладают правильные пентагондодокаэдры и их сростки, в подчиненном количестве встречаются кубы, кубооктаэдры и комбинации куба с пентагондодокаэдрами. Октаэдры встречаются в единичных слу-

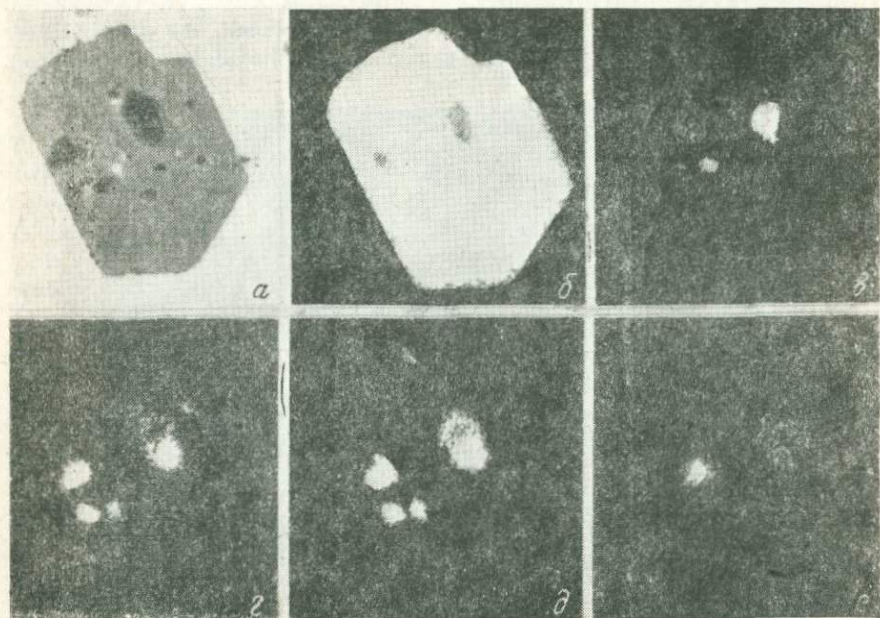


Рис. 38. Распределение серы (б), свинца (в), теллура (г), серебра (д), золота (е) в пирите кварц-олиметаллической с теллуридами ассоциации: а — снимок в поглощенных электронах (100×100). Каульдысай.

чаях. Кристаллы блестящие, латунино-желтого цвета. Штриховка ступенчатая (рис. 28, 31—36).

Имеется только один анализ пирита из этой ассоциации, поэтому судить о количественных соотношениях элементов-примесей в нем трудно.

В ассоциации с пиритом находятся волластонит, гранат, из рудных минералов — галенит среднекристаллический, сфалерит и шеелит.

Сравнение типоморфных особенностей пирита из различных минеральных ассоциаций — пропиловитовой, околожилых метасоматитов, продуктивных, кварц-гематитовой и кварц-волластонитовой — показали, что существуют признаки, которые закономерно изменяются в зависимости от того, в какой парагенетической ассоциации находится исследуемый пирит. Поэтому некоторые типоморфные особенности пирита и типоморфные ему минералы следует рассматривать как минералогические критерии для выявления и оценки золотоносности жил.

1. Морфологические особенности пирита — размеры и форма кристаллов, характер искажений, тип штриховки на гранях. Пириты продуктивных ассоциаций отличаются самыми малыми размерами кристаллов, преобладающим развитием кубических, октаэдрических и пентагондодикаэдрических форм кристаллов и частыми находками их параллельных сростков. Весьма характерна также сплюснутость, особенно для кубических кристаллов.

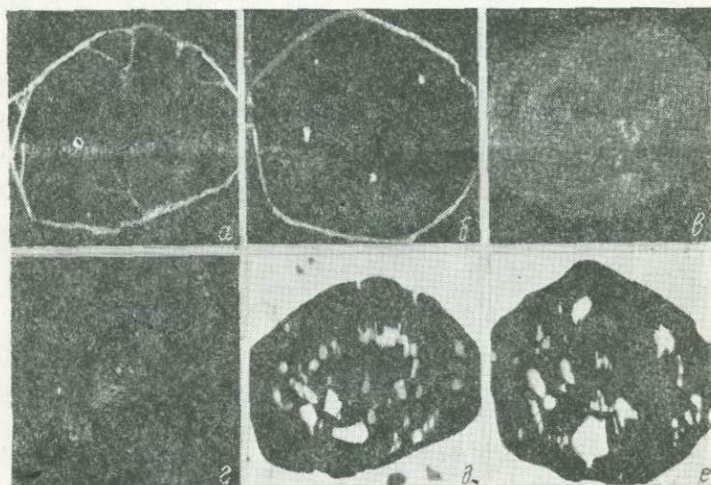


Рис. 39. Распределение меди (а, б) и кобальта (в, г) в пирите из кварц-карбонат-халькопиритовой ассоциации в медно-висмутовом рудопроявлении Катранга; д, е — снимки в поглощенных электронах (200×200 мкм).

Только в продуктивной ассоциации отмечены колломорфные выделения пирита.

2. Особенности химического состава пирита — золотоносность, повышенная в десятки и сотни раз по сравнению с пиритами чуждых ассоциаций; повышенное и неравномерное распределение теллура, примеси селена, мышьяка, висмута и сурьмы.

3. Замеры параметров элементарной ячейки пиритов из различных минеральных ассоциаций Кызылалмасайского рудопроявления, предпринятые Р. И. Конеевым, показали, что параметры ячейки закономерно возрастают с увеличением примеси мышьяка и кобальта в пирите (табл. 16).

4. В разных минеральных ассоциациях пирит сопровождается определенными типоморфными минералами. Например, марказит, арсенопирит — в кварц-пиритовой, фрейбергит, полибазит, аргентит — в кварц-полисульфидной, гессит, петцит, галенит — в кварц-полиметаллической.

Исследователи рудных месторождений постоянно обращают внимание на изменчивость форм кристаллов пирита в месторождениях различного типа (Копчик, 1949; Моисеева, 1966, 1975; Джафаров, 1970; Прохоров, 1972; Бадалова, 1972; Увадьев, 1974; Конеев, 1975; Моисеенко, 1977 и др.). Так, М. И. Моисеева, занимаясь сравнительным изучением пирита из золотых и свинцово-цинковых рудопроявлений, обратила внимание на преобладание в каждом типе минерализации определенных форм кристаллов, отличающихся характером искажений и штриховкой (Моисеева, 1966, 1975). Р. П. Бадалова отмечает склонность пирита к образованию комбинированных форм в золотоносных кварцевых жилах Узбекистана (Бадалова, 1972). Эту же закономерность подтверждает В. Г. Моисеенко для месторождений Приамурья (1977).

С. К. Смирнова и М. М. Мансуров систематически изучают пириты на рудопроявлениях Пирмираб. Основная задача этого изучения — установление типоморфных признаков пирита и возможность использования их в качестве минералогических критериев при поисках скрытой минерализации. Для этого изучались реальные кристаллы пирита, форма их искажений, характер штриховки на гранях, сростки. Особое внимание уделялось содержанию в пиритах из различных ассоциаций золота и серебра.

Мысль проверить, существует ли закономерность в смене кристаллографических форм пирита в жиле с глубиной, меняются ли количественные соотношения различных форм на разных уровнях жилы возникла у авторов в связи с появлением ряда работ Н. З. Евзиковой об изменчивости форм кристаллов касситерита и пирита и о применении этих закономерностей для определения уровня среза рудного тела и размаха оруденения (Евзикова, 1970, 1972₁, 1972₂; 1974, 1977).

Методика исследований

В результате изучения типоморфных особенностей пирита установлено, что такие признаки как характер искажения и тип штриховки на гранях присущи пиритам из определенных ассоциаций, но с глубиной не меняются. Следовательно, могут служить лишь признаком принадлежности пирита к той или иной ассоциации. Вместе с тем обнаружено, что одни и те же кристаллографические формы встречаются в разных минеральных ассоциациях. Таким образом, определилась задача — подсчитать соотношения разных форм кристаллов пирита на различных гипсометрических уровнях жилы.

Для изучения отобраны пробы из 6 жил, вскрытых на 3—4 горизонтах. Чтобы результаты замеров не были случайными, на каждом горизонте по каждой жиле изучалось 6—8 и более

проб, всего более 200. Следует добавить что в большинстве протолочных проб, характеризующих состав жилы в целом, присутствовали пириты из различных минеральных ассоциаций. Замеры, описания и зарисовки велись для пирита из каждой минеральной ассоциации. Пириты различались по типоморфным особенностям, описанным выше. Для того, чтобы подсчет кристаллов был достоверным, в трех группах из 500, 300 и 100 кристаллов вычисляли процентное соотношение различных форм. Сопоставление результатов показало, что достаточно отобрать всего 100 кристаллов. Только в тех случаях, когда в минеральной ассоциации присутствует много различных форм и комбинаций для большей точности приходилось считать 200 или 300 кристаллов.

Замеряли кристаллы пирита из трех минеральных ассоциаций: кварц-хлорит-гематитовой, кварц-адуляровой с золотом (продуктивной) и кварц-кальцит-волластонитовой с полиметаллами.

Из протолочной пробы (20—25 кг), характеризующей средний состав жилы или отобранной по определенной минеральной ассоциации, выделяли рудный концентрат. В концентрате (под бинокулярным микроскопом) изучали пирит: устанавливали его принадлежность к определенной ассоциации на основании выявленных типоморфных особенностей, определяли размер, зарисовывали типичные кристаллы.

Подсчет кристаллографических форм вели для каждой минеральной ассоциации отдельно. Выделены следующие типы кристаллов, количества которых, как показали наблюдения, изменялись по восстанию жилы: кубы, пентагондодекаэдры, октаэдры, комбинации куба и пентагондодекаэдра, комбинации куба и октаэдра, комбинации пентагондодекаэдра и октаэдра (редко), комбинации куба, пентагондодекаэдра и октаэдра (редко).

Данные подсчетов (%) наносили на график, где на оси абсцисс откладывали проценты встречаемости тех или иных кристаллографических форм, а на оси ординат — уровень среза жилы. Первоначально графики строились для каждой минеральной ассоциации в одной жиле. Сравнение полученных данных показало, что некоторые жилы одного участка на одном и том же уровне среза имеют близкие соотношения кристаллографических форм пирита из определенной минеральной ассоциации. Эти данные усреднялись и наносились на общий график, где различной штриховкой показана степень распространенности габитусных форм пирита в каждой из трех минеральных ассоциаций на разных уровнях среза. Наиболее важным для оценки уровня среза жилы является выяснение соотношения форм пирита из продуктивной ассоциации.

В результате выполненных исследований выявлено, что в верхних частях жил в продуктивной ассоциации преобладают кубические кристаллы (90—100%). Средние уровни среза жил имеют разнообразные формы — кубы (15—20%), пентагондодекаэдры

(20—25%) и комбинации куба и пентагондодекаэдра (до 50%). Для этих горизонтов нужно отметить появление октаэдрических

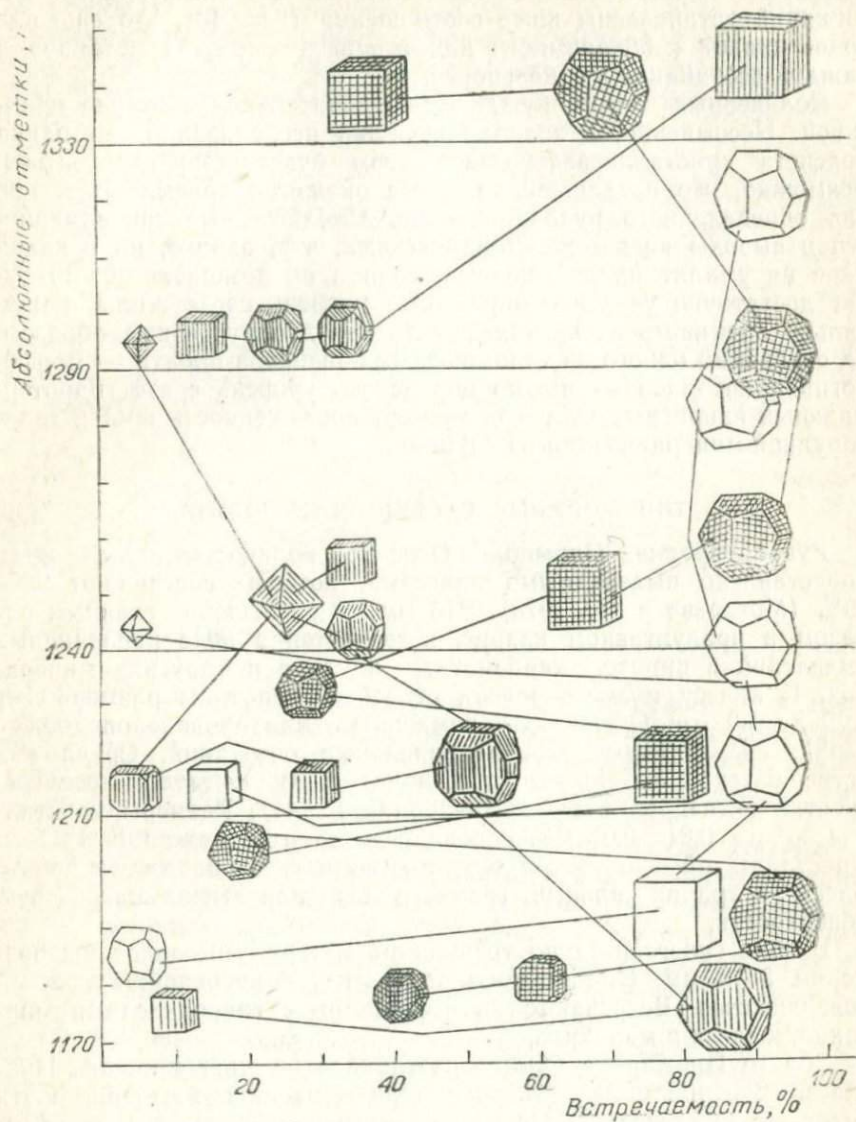


Рис. 40. График изменения габитусных форм пирита на различных глубинных уровнях.

кристаллов и некоторое увеличение их количества с глубиной (от 5 до 20%). На более глубоких горизонтах наблюдается уве-

личение процентного содержания пентагондодекаэдров (до 90%) и уменьшение количества кубов (10%). Для кварц-хлорит-гематитовой и кварц-кальцит-воластонитовой с полиметаллами ассоциаций установлены иные соотношения (рис. 40), что еще раз подчеркивает необходимость подсчитывать формы кристаллов в каждой ассоциации в отдельности.

Полученные данные нуждаются в тщательной проверке практикой. Несомненно, в ходе дальнейших исследований методика подсчета кристаллографических форм будет корректироваться. Возможно, что предложенная схема окажется приемлемой лишь для определенного рудопроявления. Наблюдаемые закономерности и выводы являются эмпирическими, что, однако, ни в какой мере не умалит их достоинства, если с их помощью можно будет достаточно уверенно определять уровень среза жилы и правильно оценивать ее протяженность на глубину. Таким образом, на основании одного из типоморфных признаков пирита — морфологии кристаллов — можно определять уровень среза гидротермальных кварцевых жил и оценивать протяженность жил и золоторудной минерализации на глубину.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА

Рудопроявление Пирмираб. Основное количество золота здесь представлено пылевидными классами, которые составляют 98—99% (Моисеева и др., 1975). Это золото распылено главным образом в продуктивном кварце, встречается в виде каплевидных выделений в пирите, карбонатах, адуляре и других минералах. К классу мелкого золота относятся золотины размером от 0,05 до 1,0 мм. Обычно это комковатые или проволокоподобные зерна, изометричные или неправильных очертаний. Среди них встречаются октаэдры (часто), кубы и кубооктаэдры (редко), сростки октаэдров и кубооктаэдров (рис. 41). Размеры кристаллов золота 0,01—0,07 мм, иногда 0,2—0,3 мм, редко 1,0—1,2 мм. Кристаллы обычно имеют округлый облик, ребра их сглажены. Блеск на гранях сильный, грани гладкие или имеют шагреневую поверхность.

В зоне гипергенеза по трещинкам обнаружены золотины размером 3—8 мм. Они тонкопластинчатые, с неровной, бугристой поверхностью. Встречаются в ассоциации с гидроокислами марганца, железа и малахита.

Золото Пирмираба обычно светло-желтое, низкопробное. Иногда в золотине окраска неравномерная от светло-желтой, почти белой, до ярко-желтой. По отражательной способности и данным микросондового анализа (табл. 17, 18) пробность в одной и той же золотине значительно колеблется. С. К. Смирнова и М. М. Мансуров, исследовавшие более глубокие срезы жил, выявили большие значения пробности по сравнению с данными М. И. Моисеевой (1975), изучавшей эти объекты в 1959 г.

По-видимому, существует тенденция к повышению пробыности золота с глубиной, что отмечала Н. В. Петровская (1969) для Балейской группы месторождений. Подобное изменение пробыности по вертикали тем более интересно, что с глубиной увеличивается количество проб, в которых отношение серебра к золоту достигает 50—100. Изложенное подтверждает предположение Моисеевой (1963), а так же С. К. Смирновой и М. М. Мансурова (1977)

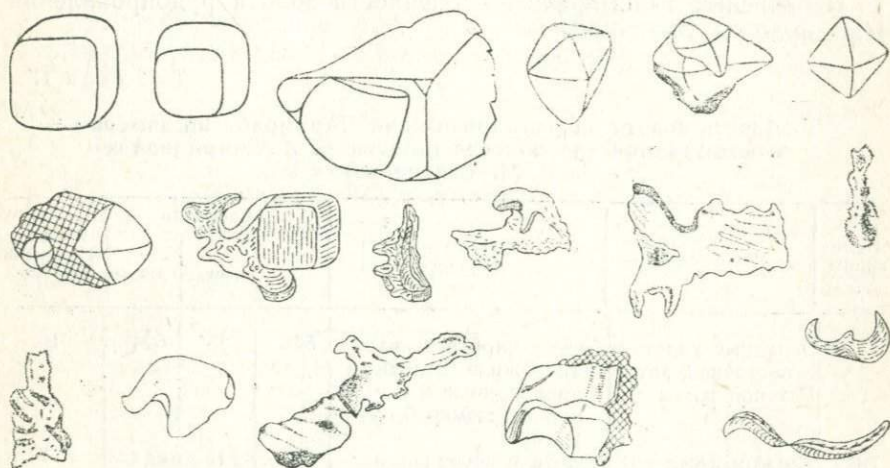


Рис. 41. Формы кристаллов золота и золотин из рудопроявлений Чадака.

о наличии самостоятельной, существенно серебряной минерализации на более глубоких горизонтах рудопроявления Пирмираб. Иногда для золотин отмечается наличие ярко-желтой каймы, пробыность которой значительно выше, чем внутри каймы. Так, пробыность золотины 649, а каймы — 917.

Отмечается следующая закономерность: на верхних горизонтах золото встречается в комковатой форме в виде пластин и провололочек. Ниже среди основной массы комковатых золотин встречаются единичные кристаллы октаэдрического габитуса. В более глубоких горизонтах октаэдры составляют от 25 до 40% всех золотин. Здесь отмечаются также единичные кристаллы в виде кубов и кубооктаэдров среди комковатых зерен.

Подавляющее большинство золотин срастается с кварцем (до 90%); часто встречаются золотины в сростках с кристаллами пирита, реже с кальцитом, анкеритом, адуляром.

При изучении типоморфных особенностей минералов, встречающихся на золоторудных проявлениях, выявлено небольшое число относящихся к продуктивной ассоциации. К типоморфным золоту минералам, наличие которых является минералогическим критерием на золотую минерализацию, относятся: кварц продуктивной ассоциации, адуляр, карбонаты (кальцит, анкерит, осо-

бенно их пластинчатые разновидности); серицит яблочно-зеленый, прожилковый; пирит продуктивной ассоциации; галенит-1, блеклая руда; халькопирит, сфалерит-I (редко); прустит, стефанит, гессит, калаверит, арсенопирит. Из этих минералов в заметных количествах встречаются жильные — кварц, карбонаты, адуляр, в меньших — серицит. Рудных минералов крайне мало, преобладает пирит.

Перечислим типоморфные особенности золота рудопроявления Пирмираб.

Таблица 17

Пробность золота из рудопроявлений Пирмираба по замерам отражательной способности (данные С. К. Смирновой и М. М. Мансурова)

Номер пробы	Место взятия	Краткая характеристика образца	Пробность			Кол-во замеренных золотин
			от	до	среднее	
7523	Западный участок, восточная ветвь Главной жилы	Гнезда пирита в кварцевой жиле. Золотинны проволоочные и комковатые (размер 0,05—1 мм)	545	715	624	16
7822	Западный участок, сев. часть, Главная жила	Золото в ассоциации с пластинчатым анкеритом и кварцем (размер 0,07—0,1 мм)	551	716	614	7
7955	Центр. Пирмираб	Пластинчатые выделения золота по трещинкам в кварц-адуляровой жиле с малахитом и гидроокислами марганца	703	724	718	4
7937	Центр. Пирмираб	Золото в кварц-адуляровой жиле с гнездами опада и просечками волластонита	635	664	649	2
7937	Там же	То же. Замерялась пробность каемки золотинны *	917	—	917	1

Примечание. Замеры отражательной способности золота выполнены Т. Ниуа под руководством Э. П. Николаевой в ЦЛ МГ УзССР.

1. Золото низкопробное — электрум, но с глубиной отмечается повышение пробности.

2. Морфология золотин весьма разнообразна. Для средних горизонтов отмечается появление и некоторое увеличение (25—40%) кристаллических форм — октаэдров, кубов, кубооктаэдров.

3. Минералы, типоморфные золоту — кварц, адуляр, карбонаты (кальцит, анкерит), прожилковый серицит.

Некоторые перечисленные типоморфные особенности золота могут быть использованы при решении практических задач. Например, изменение с глубиной пробности золота или морфологии его кристаллов можно применить при определении глубины распространения золотой минерализации.

Рудопроявление Кызылалмасай. Здесь выделяются два типа золота:

1) тонкодисперсное, рассеянное в минералах, главным образом в сульфидах кварц-пиритовой ассоциации;

Таблица 18

Пробность золота из рудопроявлений Пирмираба по замерам на микрозонде MS-46 „Сатеса“ (данные С. К. Смирновой и М. Мансурова)

Номер пробы	Место взятия	Краткая характеристика образца	Пробность			Код-во замеров
			от	до	среднее	
7523	Западный участок, восточная ветвь Главной жилы	Золотины проволочные и комковатые с пиритом в кварцевой жиле	710	801	748	14
7882	Западный участок, сев. часть Главной жилы	Золото в ассоциации с самородным серебром, пластинчатым анкеритом и кварцем	613	640	626	2
7937	Центр. Пирмираб	Золото в ассоциации с самородным серебром в кварц-адудяровой жиле с гнездами опала	599	794	661	4
7955	Центр. Пирмираб Жила ба	Пластинки золота по трещинкам в кварц-адудяровой жиле с малахитом и гидроокислами марганца	734	784	765	7

Примечание. Пробность золота определена в ИГиГ АН УзССР Ю. А. Волковым.

2) видимое, которое делится на гипогенное, переотложенное, образующееся в результате сегрегации тонкодисперсного, и гипергенное.

По классу крупности выделяется мелкое золото — 6%, весьма мелкое — 65,9% и пылевидное — 28,1% (Бадалова, Маркова, Моисеева, 1969).

Гипогенное золото выделяется в различных минералах продуктивных ассоциаций. В сульфидах наблюдаются округлые, изометричные формы (рис. 34), а в кварце золотины облекают кристаллы и зерна кварца и располагаются по трещинкам (рис. 42).

Морфология золотин чрезвычайно разнообразна: среди них встречаются комковатые, пластинчатые, дендритовые и другие

формы. Поверхность золотин гладкая, шагреневая или губчатая. Редко встречаются кристаллы. По данным Р. П. Бадаловой и Н. З. Евзиковой (1978), среди кристаллов преобладают кубооктаэдрическая и кубическая габитусные формы.

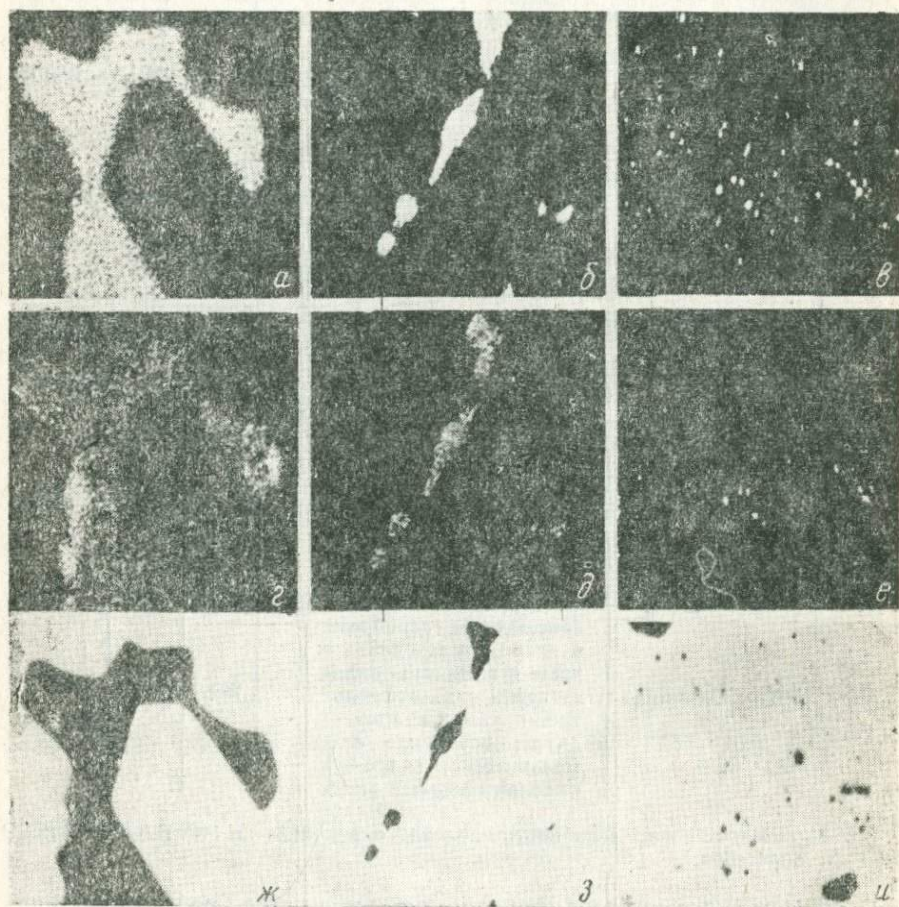


Рис. 42. Распределение золота (б, д, з) и серебра (в, е, и) в золотинах в кварце; а, г, ж—в поглощенных электронах.

Пробность золота заметно меняется для различных минеральных ассоциаций. Так, для кварц-карбонат-полисульфидной ассоциации характерна широкая дисперсия пробности от золотистого серебра с содержанием золота 5—10% до золота с пробностью 800. Наиболее часто встречается пробность 600—660. Золотины как правило неоднородны, многофазны (рис. 43).

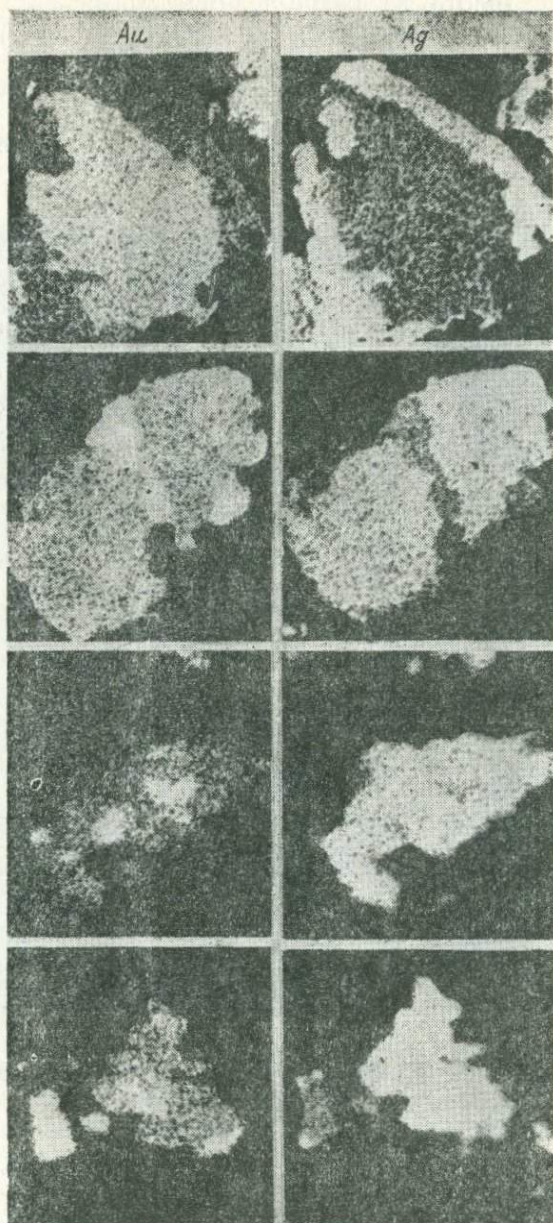


Рис. 43. Распределение золота и серебра в золоти-
нах из кварц-карбонат-подисульфидной ассоциации
(200×200 мкм). Рудопроявление Кызылалма.

Пробность золота из кварц-полиметаллической с теллуридами ассоциации более высокая, что характерно для рудопроявлений с золото-теллуровой минерализацией (Маркова, 1969; Королева, 1969) и составляет 700—850 при наибольшей частоте встречаемости золотин с пробностью 780. Золото обычно однородное, с включениями галенита (рис. 44), часто в сростании с гесситом.

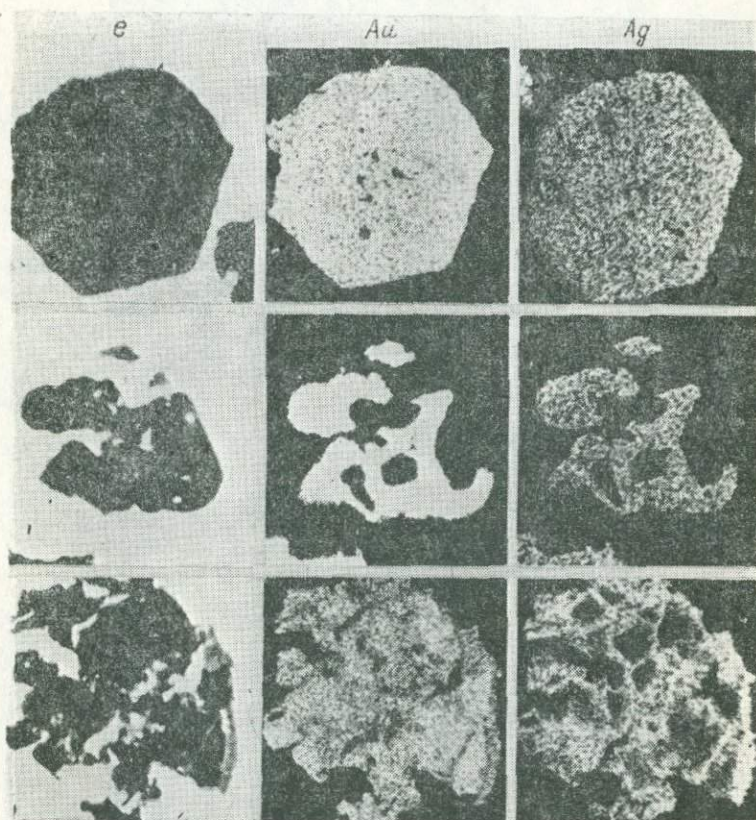


Рис. 44. Распределение золота и серебра в золотинах из кварц-полиметаллической ассоциации.

e—снимки в поглощенных электронах (200×200 мкм).

В отдельных случаях наблюдается блоковое строение золотин с низкопробными межблоковыми перегородками (рис. 44).

В медно-висмутовом с золотом рудопроявлении Катранга золото высокопробное: 780—960, среднее значение 850. Серебро распределено равномерно.

Ниже приводим значения пробности золота из различных минеральных ассоциаций Кызылалмасайского рудопроявления (данные Р. И. Конеева).

Ассоциация	Число определений	Пробность
Кварц-карбонат-полисульфидная	190	$\frac{80-800}{583,2}$
Кварц-подметаллическая с теллуридами	22	$\frac{540-800}{743,6}$
Кварц-карбонат-халькопиритовая с висмутом	11	$\frac{760-960}{853}$
Кварц-пиритовая с золотом (Каульдысай)	15	$\frac{780-880}{810,7}$

Примечание. Замеры пробности выполнены на микрозонде MS-46 „Сатеса“.

Пробность золота также меняется в зависимости от того, в каком минерале заключается золотина.

По данным микрорентгеноспектрального анализа наиболее частые примеси в золоте—медь и сурьма. Сурьма характерна для наиболее низкопробного золота кварц-карбонат-полисульфидной ассоциации. Так, в кюстелите (рис. 45) ее содержание достигает 0,6%.

Рудопроявление Каульдысай. Характерно пылевидное и весьма мелкое золото. Особенностью рудопроявления является обнаружение «коллоидного» золота (Жирнов, 1972).

Золото чаще всего выделяется в пирите, кварце, в микроассоциации с теллуридами (рис. 37, 38). Скопления «коллоидного» золота в халцедоновидном кварце окрашивает кварц в коричневые и бурые тона. Субмикронные выделения золотин удалось наблюдать на микроанализаторах MS-46 «Сатеса» (рис. 37). «Коллоидное» золото представляет собой субмикроскопические выделения золотин в ассоциации с мельчайшими кристаллами пирита, галенита и халькопирита (рис. 42). Пробность золота в Каульдысае колеблется в интервале 780—880, наиболее часто встречается золото с пробностью 780.

Таким образом, важные типоморфные особенности золота — пробность, «микропарагенезис» минералов, характер распределения серебра, размеры и формы выделения золотин. В существенно серебряной кварц-полисульфидной ассоциации золото имеет низкую пробность (660), «микропарагенезис» с фрейбергитом, полибазитом, аргентитом. Как правило, распределение серебра резко неравномерное. В кварц-подметаллической с теллуридами золото более высокопробное (780), в сростании с гесситом, галенитом, обычно с равномерным распределением серебра. В кварц-халькопиритовых жилах золото высокопробное (850) в сростании с витихенитом, халькопиритом. Для раннесульфидных кварц-пиритовых ассоциаций характерно рассеянное тонкодисперсное и субмикронное золото.

<i>Минерал, с которым золото находится в микропарагенезисе</i>	<i>Число определений</i>	<i>Пробность</i>
Полибазит	6	$\frac{128-397}{240}$
Фрейбергит	15	$\frac{465-676}{578,7}$
Халькопирит	19	$\frac{547-756}{628,8}$
Кварц	37	$\frac{514-747}{633,9}$
Пирит	44	$\frac{519-768}{646}$
Гессит	6	$\frac{697-799}{757,2}$
Виттихенит	5	$\frac{800-930}{850}$

Примечание. Замеры выполнены на микрозонде MS-46 „Самеса“ Р. И. Конеевым, ИГиГ АНУзССР.

Изучение типоморфных особенностей минералов, образовавшихся в отдельные периоды минералообразования, показало, что любые изменения условий среды ведут к направленной эволюции минерала и в итоге, к смене их парагенезисов. Состав и свойства отдельных минералов дают возможность охарактеризовать условия формирования минерального месторождения, но значительно полнее удастся изучить и познать эти условия, рассматривая парагенетические минеральные ассоциации как равновесные физико-химические системы.

Из понимания парагенетической минеральной ассоциации как «равновесной минеральной системы, возникшей в ограниченный отрезок времени» (Петровская, 1967), следуют критерии выделения ассоциаций, которые свидетельствуют о резких изменениях физико-химических условий:

- 1) наличие пересечений;
- 2) дробление минералов одной ассоциации и цементация их более поздними;
- 3) пространственная обособленность определенной минеральной ассоциации в пределах рудопроявления или площади;
- 4) явления замещения ранних минералов более поздними;
- 5) типоморфные особенности проходящих минералов (кварц, пирит, карбонаты и др.).

Минералообразование на золотых рудопроявлениях Восточного Узбекистана проходило в сложной тектонической обстанов-

ке в течение достаточно длительного времени. Схема последовательности отложения минералов (табл. 19) показывает, что на всех рудопроявлениях региона повторяются закономерности в смене одних минеральных парагенезисов другими. Масштабы проявления различных минеральных ассоциаций на рудопроявлениях весьма различны. Например, пропилитизация проявилась в регионе повсеместно. Широко развиты ассоциации околожильных метасоматитов. В их распределении намечается зональность как по горизонтали, так и с глубиной. Так, на рудопоявлении Кы-

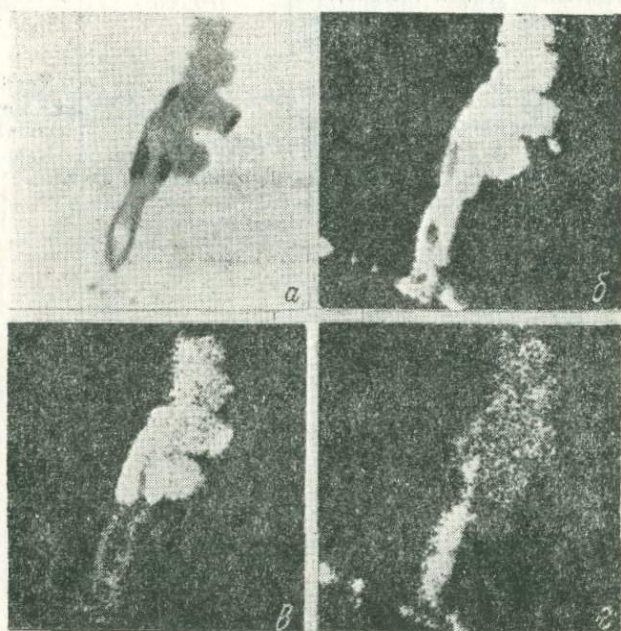


Рис. 45. Кюстелит с обособлениями электрума.

а—снимок в поглощенных электронах. *б*—распределение серебра, *в*—золота, *г*—сурьмы. Пробность кюстелита 114, электрума 525 (100×100 мкм).

зылалма кварц-серицитовые метасоматиты верхних горизонтов на глубине сменяются кварц-адуляровыми. На рудопоявлении Пирмираб наблюдается различие в минеральном составе околожильных метасоматитов в зависимости от состава жил: кварц-гематитовые жилы сопровождаются окварцеванием и хлоритизацией, а кварц-карбонат-адуляровые с золотом — кварц-гидро-слюдистыми метасоматитами.

Рассматривая процесс минералообразования для некоторых золотых рудопоявлений региона, можно заметить, что не все минеральные ассоциации проявились одинаково на различных

Последовательность образования парагенетических минеральных ассоциаций на золотых рудопроявлениях Восточного Узбекистана

Западный участок Пирмираба	Рудопроявления Кызылалма, Самарчук	Рудопроявление Каульдысай	Рудопроявление Катранга
<p>Кварц-серицитовые с пиритом метасоматиты; кварц-хлорит-ортоклаз-эпидотовые с пиритом метасоматиты;</p>	<p>Кварц-серицитовые с пиритом метасоматиты, с глубиной появляются кварц-адуляровые околожильные метасоматиты;</p>	<p>Кварц-серицитовые с пиритом метасоматиты;</p>	<p>Кварц-серицитовые и кварц-хлоритовые метасоматиты</p>
<p>Кварц-анкерит-гематитовая минеральная ассоциация</p>	<p>Кварц-пиритовая с золотом минеральная ассоциация</p>	<p>Кварц (халцедон)-пиритовая с золотом минеральная ассоциация</p>	<p>Кварц-гематитовая минеральная ассоциация Кварц-пиритовая</p>
<p>Кварц-карбонат-адуляровая с золотом (электрик) минеральная ассоциация</p>			
<p>Кварц-карбонатная минеральная ассоциация</p>			
<p>актинолит-гранат-тремолитовая ассоциация</p>			
<p>гранатово-воластонитовая с полиметаллами и шеелитом ассоциация</p>			
<p>Существенно серебряная с золотом и теллуридами ассоциация</p>	<p>кварц-карбонат-полисульфидная с золотом ассоциация</p>	<p>Кварц-карбонат-полиметаллическая с теллуридами и золотом ассоциация</p>	
	<p>Кварц-карбонат-халькопиритовая с висмутом и золотом ассоциация</p>		
<p>Послерудная кварц-кальцит-барит-флюоритовая с гематитом ассоциация</p>	<p>Кварц-баритовая минеральная ассоциация</p>	<p>Кварц-баритовая ассоциация</p>	<p>Кварц-карбонат-халькопиритовая с висмутом и золотом ассоциация</p> <p>Ассоциация попутных кварца и кальцита</p>

Примечание. В таблицу не включена ассоциация пропитов, проявляемая повсеместно.

рудопрооявлениях: кварц-гематитовый парагенезис известен только для Пирмираба и Катранги. Продуктивные ассоциации представлены обычно двумя или тремя парагенезисами, реже одним (Катранга). Между отложением первой и второй продуктивных ассоциаций был большой временной разрыв. В этот период произошло внедрение даек диабазовых порфириров, а затем малых интрузий пермского возраста, которые вызвали появление в кварц-карбонатных жилах граната и волластонита (рудопрооявления Пирмираб и Бичанзор).

Первая продуктивная минеральная ассоциация для всех рудопрооявлений характеризуется чрезвычайно малым количеством

Т а б л и ц а 20

Химический состав минералов серебра по данным микрорентгеноспектрального анализа, приведенным к 100% (данные Р. И. Конеева)

Номер обр.	Ag	Cu	Fe	Au	Sb	As	гS	Формула
96	69,8	4,0	0,8	—	11,3	0,4	13,7	(Ag _{15,05} Cu _{2,16} Fe _{0,33}) _{17,54} (Sb _{2,16} As _{0,12}) _{2,28} S _{9,93}
274	71,8	3,7	—	—	10,0	0,4	14,1	(Ag _{15,49} Cu _{1,35}) _{16,84} (Sb _{1,91} As _{0,12}) _{2,03} S _{10,23}
114	74,3	3,2	1,9	—	6,1	1,6	12,9	(Ag _{16,02} Cu _{1,16} Fe _{0,79}) _{17,97} (Sb _{1,16} As _{0,49}) _{1,65} S _{9,35}
8106	76,3	2,3	—	—	8,8	—	12,6	(Ag _{16,83} Cu _{0,86}) _{17,69} Sb _{1,71} S _{9,36}
86	82,0	2,3	—	—	4,3	0,4	10,9	(Ag _{1,94} Cu _{0,09} Sb _{0,09} As _{0,01}) _{2,24} S _{0,86}
8067— I	82,3	0,2	—	0,5	17,0	—	—	(Ag _{3,36} Cu _{0,01} Au _{0,01}) _{3,38} Sb _{0,61}
288	97,4	0,1	—	—	2,5	—	—	
8067— —II	98,9	—	—	0,3	9,8	—	—	

Примечание. Анализы выполнены Р. И. Конеевым на микрозонде MS-46, ИГиГ АН УзССР.

сульфидов (убогосульфидная), преимущественно пирита, низкой пробностью золота (520—750) развитием его тонкодисперсных форм и золото-серебряным отношением от 1:1 до 1:10.

Интересна вторая продуктивная ассоциация — кварц-полисульфидная с сульфосолями и золотом. Она выделена Р. И. Конеевым для рудопрооявления Кызылалма. В этой ассоциации развиты серебряные минералы — фрейбергит, полибазит, дискразит, самородное серебро и она является золото-серебряной (табл. 20). Состав блеклых руд меняется в зависимости от минеральной ассоциации. Так, в золото-серебряном парагенезисе встречается

фрейбергит, а в кварц-полиметаллической с теллуридами ассоциации отмечаются теннантит и тетраэдрит. Состав серебряных минералов также меняется с глубиной. В верхних горизонтах рудопроявления Кызылалма развиты серебро-сурьмяные сульфосили и дискразит (табл. 20). На более глубоких горизонтах образуется минерал типа арсенопирита с неравномерным распределением элементов по площади ($\text{Ag}—15,2—32,3\%$; $\text{Fe}—27,0—36,8\%$; $\text{S}—37,6—42,8\%$, микрорентгеноспектральный анализ, Р. И. Консев).

Продуктивная ассоциация кварц-полиметаллическая с теллуридами и золотом известна на всех рудопроявлениях за исключением Катранги. На рудопроявлении Каульдысай теллуриды (петцит) находятся в участках развития коллоидного золота, на Самарчуке приурочены к зонам развития кварцевых брекчий. Для этой ассоциации характерны колломорфные выделения сульфидов в халцедоновидном кварце. Пробность золота в этой ассоциации 780—800.

Кварц-карбонатные жилы с халькопиритом, висмутовой минерализацией и золотом — самая поздняя продуктивная ассоциация. Она проявилась на рудопроявлениях Катранга и Кызылалмасай. Кварц-карбонатная с халькопиритом ассоциация характеризуется отношением золота к серебру как 15:1. Золото здесь высокопробное (800). При сопоставлении минеральных парагенетических ассоциаций из различных золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана выявлено удивительное сходство в последовательности смены одних парагенезисов другими. На всех объектах процесс минералоотложения начинается с предрудного изменения пород. Продуктивные ассоциации выделяются сначала в виде убогосульфидного кварц-пиритового с золотом парагенезиса, а затем проявляются позднесульфидные ассоциации, что характерно для других золотых объектов малоглубинной формации (Петровская, 1974). Каждая минеральная ассоциация характеризуется отложением кварца, типоморфные особенности которого настолько специфичны для каждой ассоциации, что служат безошибочным критерием ее выделения. Процесс минералоотложения завершается образованием послерудных кварц-кальцит-баритовых жил. Таким образом, наблюдается определенная цикличность и в то же время необратимость процесса минералообразования.

Проведенные исследования по выявлению типоморфных особенностей кварца и пирита из золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана показали наличие в этих минералах черт, характерных только для золоторудных объектов, что имеет весьма важное значение в поисковом отношении.

Следует отметить, что типоморфные особенности кварца из золотых рудопроявлений наиболее четко проявляются в совокупности признаков: текстурно-структурных особенностях, поведении его при декрепитации, особенностях состава и парагенетических ассоциациях. Обычно в золотых рудопроявлениях от 3—4 до 6 ге-

нераций кварцев. К дорудным генерациям относятся разности, связанные с гематитовой минерализацией и околорудными метасоматитами, к послерудной — кварц, приуроченный к небольшим жилкам кварцевого состава, часто с баритом, карбонатами и единичными вкрапленниками сульфидов.

Продуктивный кварц обычно резко отличается от дорудного и послерудного большим разнообразием форм выделения. Наряду с обычными мелкозернистыми и криптозернистыми разностями кварца часто встречаются пластинчатые, гребенчатые, друзовые, брекчиевые и особенно характерны колломорфно-полосчатые, колломорфно-кокардовые и реликтовые колломорфные текстуры. Колломорфные и реликтовые колломорфные текстуры, широко развитые в золоторудном кварце, свидетельствуют о гелевой природе растворов, а большое разнообразие текстур и структур в продуктивном кварце, частая смена колломорфных агрегатов мелкозернистыми и гребенчатыми — о близкповерхностных условиях его формирования с неустойчивыми физико-химическими параметрами.

Для выяснения условий формирования жил интересны наблюдения над брекчиевыми текстурами, широко развитыми в продуктивном кварце. В этих брекчиях обломки вмещающих пород и раннего кварца сцементированы более поздним кварцем. При отвердевании гель кремнезема растрескивался, а образовавшиеся обломки цементировались более поздним кварцем, ассоциирующим с сульфидами. Сохранение в обломках брекчий первичной ориентировки и отсутствие признаков смещения однозначно свидетельствует о спокойной тектонической обстановке при их формировании.

Продуктивный кварц обычно переполнен тончайшими бурями газовой-жидкими включениями, за счет которых потери при прокаливании у него больше, чем у кварца других генераций (в Каульдысае п. п. п. в продуктивных кварцах 0,69 и 0,50%, а в дорудном — 0,42, в Кызылалмасе в продуктивных кварцах п. п. п. — 0,34%). В продуктивном кварце содержание суммы щелочей (K, Na, Li, Rb, Cs) составляет в кызылалмасайском 0,20, в каульдинском — 0,31%. Повышенное содержание щелочей, вероятно, связано с ростом количества включений.

Декрепитационный анализ кварца из всех золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана показал идентичный характер декрептограмм одних и тех же генераций кварца, даже из разных рудопроявлений. Так, дорудный метасоматический кварц, широко развитый на всех золотых рудопроявлениях Восточного Узбекистана, имеет низкую декрепитационную активность (1—5 импульсов), продуктивный кварц всех текстурно-структурных разновидностей отличается очень большой активностью (до сотен импульсов) и имеет один пик на декрептограммах. Кварц из кварц-гематитовых жил обычно имеет небольшое число импульсов в разных температурных интервалах. С помощью декрепита-

катионного анализа хорошо различаются генерации кварца, выделенные при полевых исследованиях.

Спектральным, спектрохимическим, пробирным анализами и пламенной фотометрией в кварце выявлено до 30—35 элементов-примесей, число которых сохраняется во всех генерациях различных рудопроявлений, хотя количественное содержание их изменчиво и заметно увеличивается в продуктивном кварце по сравнению с дорудными и послерудными генерациями. Наличие примеси золота и серебра в кварце, особенно в ассоциации с As и Sb и их максимальное содержание в продуктивном, представляет важный прямой поисковый признак на золотую минерализацию в регионе.

На всех рудопроявлениях имеется четыре генерации пирита. Первая связана с пропилизитизированными породами, вторая — с околорудными метасоматитами, третья — с продуктивными жильными образованиями и четвертая — с послерудными. На некоторых объектах имеется еще генерация пирита, связанная с кварц-гематитовыми жилами.

В силу особенностей своей структуры в пиритах проявляется широкий изоморфизм как в катионной, так и в анионной составляющей. Железо в его решетке может замещаться Co, Ni, Cu, Zn, Mn, Cd, а сера As, Sb, Se, Te.

Общее число элементов примесей в пирите около 30. Часть из них связана с вростками минералов, находится в адсорбированном состоянии, или в газово-жидких включениях (Na, Cu, Ag, Au, Be, Mg, Cd, Zn, Ca, Sr, Ba, Si, Ti, Zr, Pb, As, Sb, Bi, Cr).

Исследования показали, что пириты всех генераций на отдельных месторождениях содержат одни и те же элементы-примеси, но в разных количествах. Содержание Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Bi, Hg, Se, Te, Tl в пирите продуктивной ассоциации в 5—10 раз выше, чем в дорудных и послерудных генерациях. Особенно характерна золотоносность пирита и повышенное содержание Se, Te, As, причем равномерное распределение Te в пиритах нарушается при наличии включений теллуридов. Характерно распределение мышьяка по зонам роста пирита. Здесь следует отметить, что пириты из других объектов региона также имеют повышенную мышьяковистость, но как мышьяк распределяется в этих пиритах пока неизвестно.

Пирит обычно выделяется в виде хорошо ограненных кристаллов, хотя чаще они искажены и в значительной мере отличаются от идеальных форм. Облик кристаллов и характер их искажения своеобразен для каждой генерации.

Пириты продуктивных парагенетических ассоциаций представлены сильно искаженными пентагондодокаэдрами, в подчиненном количестве кубами, иногда кубы преобладают (Каульдысай), появляются октаэдрические формы или их грани в комбинации с другими.

В поисково-ревизионных и оценочных работах на золото в Чаткало-Кураминском регионе рекомендуется широко использовать выявленные типоморфные особенности кварца и пирита — наиболее широко распространенных минералов в золоторудных рудопроявлениях — в качестве самого надежного поискового признака на золото.

Кристалломорфологические особенности пирита и золота открывают широкие возможности для определения уровня эрозийного среза и глубины распространения минерализации.

Золотые рудопроявления Восточного Узбекистана характеризуются близкими по минеральному составу парагенетическими ассоциациями, которые выделялись в определенной последовательности. На основании изучения типоморфных особенностей минералов выявлены критерии выделения парагенетических минеральных ассоциаций. Основные продуктивные парагенетические ассоциации для золотых рудопоявлений Восточного Узбекистана — кварц-золоторудная, кварц-полиметаллическая с теллуридами и золотом, а также и существенно серебряная кварц-полисульфидная ассоциация с сульфосолями и золотом. Кварц-халькопиритовый с золотом и висмутом парагенезис распространен широко, но развит незначительно.

Глубина образования рудопоявлений была небольшой, о чем свидетельствуют широко развитые халцедоновидные кварцы, коллоидные текстуры, резкие переходы от халцедоновидных к кристаллическим ребристым кварцам, присутствие в продуктивных парагенезисах адуляра и карбонатов.

Таким образом, изучение типоморфных особенностей минералов и анализ парагенетических минеральных ассоциаций — один из перспективных методов, позволяющих решать актуальные вопросы теории и практики минералогических исследований.

Глава V

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОМОРФНЫХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ ЗОЛОТЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗАПАДНОГО И ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

Проведенные исследования по выявлению типоморфных особенностей кварца, пирита и золота позволяют на данном этапе сопоставить некоторые типоморфные признаки этих минералов из золотых рудопроявлений Западного и Восточного Узбекистана и подчеркнуть некоторые их особенности.

Типоморфизм самородного золота. Его важной характеристикой является пробность, которая не только типична для отдельных месторождений, но может характеризовать принадлежность к определенной формации и служить геотермометром. Золото Западного Узбекистана, которое формировалось в условиях относительно больших глубин, в общем случае отличается более высокой пробностью, чем из близповерхностных рудопроявлений Восточного Узбекистана. В частных случаях наблюдаются заметные отклонения от общей закономерности. На отдельных объектах присутствуют все три группы (высокопробное, средней и низкой пробы), в связи с последовательным проявлением трех основных продуктивных ассоциаций. Уменьшение пробности наблюдалось в более поздних ассоциациях, что также закономерно отражает эволюцию рудообразующих растворов, в которых к концу процесса возрастает роль серебра. Характерен также разброс пробности гипергенного золота. Пробность золота в рудах Западноузбекистанских месторождений зависит от особенностей его макро-и микроассоциаций и, в частности, микропарагенезисов. Та же закономерность отмечена для Восточного Узбекистана (Р. И. Конеев).

Если средняя пробность золота для изученных объектов Западного Узбекистана составляет 889, то на проявлениях золота из Восточного Узбекистана она значительно ниже — 620—760. Наблюдается также различная пробность в пределах одной золотины, что показывает ее микроблоковое строение и наличие высокопробных каемок вокруг золотинок, тогда как для Западного Узбекистана такая неоднородность не характерна.

Рассмотренные объекты весьма отличаются по размерам выделений золота. Так, если в Западном Узбекистане преобладает (96% по весу) золото, хотя и мелкое, но видимое, то в Восточном наибольшую часть составляют пылевидные классы (66—98,5%), дисперсное и коллоидное.

Установлена закономерная смена одних форм кристаллов золота другими с глубиной на золотых рудопоявлениях Пирмираб (Смирнова, Мансуров). Оказалось, что октаэдрические кристаллы, которые на верхних горизонтах составляют единичные находки, на средних уровнях рудных тел достигают 25—40%, а глубже сменяются кубическими и кубооктаэдрическими. Это один из надежных критериев для оценки уровня эрозионного среза и суждения о распространении на глубину оруденения.

Изучение парагенезиса и микропарагенезиса золота позволило совершенно однозначно охарактеризовать продуктивные ассоциации, с которыми связана золотая минерализация, выяснить роль каждой из них на том или ином объекте, а в ряде случаев по микропарагенезису золота, выявлены новые, неизвестные ранее на объекте, минеральные ассоциации золота.

Форма фиксации золота в кремнисто-углеродистых сланцах Западного Узбекистана. Исследования, проведенные по выявлению форм фиксации рудных элементов в кремнисто-углеродистых сланцах показывают, что значительная часть молибдена, меди, ванадия и серебра связана органической составляющей. Особый интерес представляет обнаружение нерастворимой формы золота, связанного с органическим веществом в глинисто-углеродистых сланцах в количествах, представляющих практический интерес. Установлено также, что при нагревании исходных проб до 300—350° золото практически остается в связанной форме с органическим веществом, но заметно выщелачивается царской водкой и соляной кислотой после 500° с максимальным переходом в растворимую форму при температуре 800°.

Это говорит о том, что на различных этапах метаморфизации значение органического вещества как концентратора рудных элементов будет различно. Нерастворимая форма золота, установленная в органическом веществе вмещающих сред в количестве около 0,5 г/т, может существенно повлиять на решение вопросов о бортовых содержаниях руды при подсчете запасов.

В связи с этим продолжение исследований по выявлению форм фиксации не только золота, но и других элементов в минералах и породах, в которых присутствует органическое вещество, представляет большой теоретический и практический интерес. В метаморфогенном кварце неизменны содержания таких элементов как медь, серебро, которые обнаруживаются в повышенных количествах и во вмещающих кремнисто-углеродистых сланцах тасказганской свиты, а молибден, барий, свинец, цинк, мышьяк в данном кварце не обнаруживаются. В этом же районе жильный кварц последующих стадий кристаллизации, но образовав-

шийся при более высокой температуре, достигающей 460°, в некоторых случаях содержит молибден, и в нем резко сокращается содержание алюминия, а концентрация меди и серебра увеличивается по сравнению с метаморфогенным кварцем.

Мы показали, что для перехода золота в растворимую форму необходимы температуры прогрева пород, превышающие 350—400°. Следовательно, процессы метаморфизма кремнисто-углеродистых сланцев, проходившие при температуре 300—320°, не могли создать условия для перехода золота и молибдена в растворимые формы. В связи с этим названные элементы в метаморфогенных кварцах не концентрируются.

На Коктау, Каракутане и других объектах температура кристаллизации гидротермальных жильных кварцев соответствовала интервалу 300—460°. Надо полагать, что в местах формирования рудных растворов температурные условия были значительно выше (более 500°). Здесь создавались благоприятные условия для перехода ряда рудных элементов в растворимые формы и фиксации их на разных уровнях кристаллизации.

Типоморфизм кварца. Одним из отличительных свойств кварца являются размеры кристаллической решетки. Для Восточного Узбекистана отмечается, что наибольшее увеличение параметров характерно для халцедонового кварца, а хорошо окристаллизованные кварцы имеют размеры решетки, близкие к эталону (Р. И. Конеев). Для Западного Узбекистана намечается некоторое изменение параметров за счет изоморфного вхождения алюминия в решетку, где он занимает место кремния (М. П. Баскаков). Так, для района Коктау, где проявлена медно-редкометалльная минерализация в кремнисто-углеродистых толщах тасказганской свиты и отмечается усиление меденосности брекчированных зон, широко развиты кварцы жильного типа. Кварцы метаморфогенного, метасоматического типа и жильные, образовавшиеся в более поздние периоды, отличаются по своим физическим и химическим свойствам. В метаморфогенных кварцах за счет изоморфного вхождения в решетку минерала алюминия из вмещающих пород в процессе перекристаллизации увеличивается параметр с элементарной ячейки и понижается температура инверсии. Жильные же кварцы с пониженным содержанием алюминия имеют меньший параметр с элементарной ячейки, для них характерно повышение концентрации элементов-примесей: в некоторых случаях фиксируется молибден и увеличение количества серебра и меди. Кроме того, эти кварцы отвечают генетическим типам с многократно проявленной кристаллизацией, что характерно для рудоносных кварцев всего региона. Отмеченные признаки жильных кварцев типа Коктау могут быть использованы в качестве поисковых признаков при выявлении рудоносных, в том числе золотоносных зон в древних метаморфогенных комплексах.

Общим для кварцев, кристаллизация которых происходит синхронно с процессом рудоотложения, является увеличение коли-

чества газовой-жидких включений, легко распознаваемых методом декрепитации, и многократно проявленные стадии кристаллизации в температурных интервалах 300—460° для золоторудных проявлений Западного Узбекистана и 200—400° Восточного.

Кварцы из одного объекта, но из разных минеральных ассоциаций можно отличать по характеру декрептограмм, что позволяет авторам рекомендовать использовать метод декрепитации в практике геологоразведочных и поисковых работ как дешевый и экспресс-метод. Таким образом, количество газовой-жидких включений в кварце и температурный интервал, при котором они взрываются, — надежная типоморфная характеристика при выявлении того или иного типа кварца. Однако применять метод декрепитации следует непременно в сочетании с другими методами.

Так, выяснилось, что колломорфные кварцы из рудопроявлений Каульды и Кызылалмасай содержат настолько мелкие газовой-жидкие включения, что при их взрывании не слышно растрескивания. В то же время потери при прокаливании у этой разновидности оказались больше, чем у других (данные Р. И. Конеева). Весьма низкую декрепитационную активность обнаружил кварц из кварц-гематитовой ассоциации рудопроявления Пирмираб, который претерпел метаморфизм, в результате которого произошла естественная декрепитация (М. И. Моисеева, С. К. Смирнова).

Весьма информативные признаки вскрываются при изучении морфологии микрорельефа поверхностей естественных сколов кварца под электронным микроскопом¹, по которым легко диагностируются различные типы кварца, в том числе и продуктивный.

Состав и количественные соотношения элементов-примесей в кварце также позволяют установить типоморфные особенности кварца.

Изучение кварцев из 6—7 минеральных ассоциаций, образующихся последовательно на разных стадиях гидротермального процесса и проявившихся на отдельных объектах, показало, что кварцы из одного рудопроявления, но из разных минеральных ассоциаций имеют одинаковый набор элементов-примесей, что свидетельствует о едином источнике минералообразующих растворов. Однако количественные соотношения у различных типов кварца неодинаковы. Так, кварцы непродуктивных ассоциаций не содержат золота, бедны серебром. В них крайне низкие содержания ртути, отсутствуют редкие щелочи (Rb, Cs), в малых количествах присутствуют свинец, медь, молибден. Продуктивный кварц прежде всего отличается постоянной примесью золота, так как в большинстве случаев является минералом-носителем, а в убогосульфидных рудах — и минералом-концентратором золота. Содержание серебра в этом типе кварца также выше на 1—2 по-

¹ Исследования проведены совместно с Т. И. Ясколко (ИГиГ АН УзССР).

рядка. В продуктивном кварце в 100—1000 раз по сравнению с кварцем из метасоматитов или непродуктивных ассоциаций возрастает примесь ртути. Увеличивается содержание свинца, меди, сурьмы, висмута, молибдена, мышьяка. В то же время отмечается, что для определенных объектов повышенное содержание некоторых элементов-примесей в продуктивном кварце характерно только для этого объекта. Так, в продуктивном кварце Пирмираба кроме золота и серебра типоморфными элементами следует считать ртуть, мышьяк, в Кызылалмасе — сурьму.

По составу элементов-примесей для кварцев, образовавшихся в разных районах, отмечается определенная геохимическая специализация. Для жильных кварцев Коктау, образовавшихся в более поздние стадии в среде кремнисто-углеродистых ванадиевых сланцев тасказганской свиты, отмечается присутствие ванадия. Но в кварцах Каттаичского рудопроявления и в кварцах золоторудных проявлений Чаткало-Курамы ванадий отсутствует.

Разница в концентрациях и ассоциациях рудных элементов в жильном и метаморфогенном кварце объясняется различными температурами и пространственной разобщенностью очагов формирования исходных растворов.

Если для метаморфогенного типа кварцев, характерного для Западного Узбекистана, исходной средой в процессе его перекристаллизации являлись кремнисто-углеродистые сланцы, то для жильных кварцев обоих регионов очагами минералообразующих растворов служили нижние, более глубинные зоны.

Внешний облик кварцев, его морфологические особенности, текстуры, структуры — все это несет информацию о путях образования той или иной разновидности. Так, кварцы из месторождений, образовавшихся в условиях больших глубин, обычно средне- или крупнозернистые. В близповерхностных месторождениях кварцы очень разнообразны. Образование их в условиях резкого перепада давлений и температур обусловило обилие халцедоновидных, полосчатых, колломорфных, крустификационных кварцев.

Следует упомянуть широко развитую на Пирмирабе и в меньшей степени на рудопроявлении Кызылалмасай пластинчатую разновидность продуктивного кварца. Подобный кварц широко развит на Балейском рудном поле (Петровская, 1961). Пластинчатые, колломорфные, полосчатые и крустификационные разновидности, свойственные объектам Восточного Узбекистана, являются важной типоморфной особенностью.

Общая особенность дорудных метаморфогенных и метасоматических кварцев рудных районов Западного и Восточного Узбекистана — их более однородная структура и слабая декрепитационная активность.

Типоморфизм пирита. Примесь мышьяка в пирите из золоторудных месторождений — важный типоморфный признак минерала. Отмечается закономерное повышение содержания мышья-

ка в наиболее поздних пиритах, низкотемпературных продуктивных генераций, где примесь мышьяка достигает 4,8—6,5%. Повышенные содержания мышьяка в пирите свидетельствуют о низкой температуре образования (Кларк, 1966). С высокомышьяковистыми его разновидностями парагенетически связана ассоциация золота с теллуридами (Каульдысай). В пиритах ранних генераций мышьяк изоморфно замещает серу в решетке минерала с увеличением параметров элементарной ячейки. Об этом свидетельствует относительно равномерное его распределение по площади кристалла пирита. С понижением температуры минералообразующих растворов в пирите все чаще появляются обособленные зоны, обогащенные мышьяком. Иногда зоны мышьяка показывают на изменение габитуса кристалла пирита в ходе роста, например, зоны мышьяка располагаются по граням куба, а в итоге развивается пентагондодекаэдрический кристалл пирита. Установление зонального распределения мышьяка в пирите позволяет объяснить причины вариаций других свойств этого минерала (микротвердость, отражательная способность и др.). Обнаружена хорошая сопоставимость признаков мышьяксодержащих пиритов как для Западного, так и для Восточного Узбекистана.

О температуре минералообразования на примере рудопроявления Каттаич можно судить и по параметрам элементарной ячейки арсенипирита.

Изучение пиритов из 4—5 минеральных ассоциаций, проявленных последовательно на золоторудных объектах Восточного Узбекистана показало, что количество пирита и размеры его индивидов могут значительно изменяться. Несмотря на то, что все изучаемые объекты относятся к типу убогосульфидных, иногда отмечаются локальные выделения довольно значительных масс пирита. Кроме того, пирит в заметных количествах может сопровождать непродуктивные ассоциации. Так, кварц-гематитовая ассоциация, широко проявленная на рудопроявлении Пирмираб, отличается заметными содержаниями пирита (до 5—7%), который образует здесь вкрапленность своеобразных кристаллов изометрического облика, размером 3—5 мм. Как правило, кристаллы пирита из продуктивной ассоциации чрезвычайно малы, что позволяет отнести их величину к типоморфным особенностям.

На рудопроявлениях Восточного Узбекистана установлено, что характер штриховки и искажения кристалла пирита определяет тип минеральной ассоциации. Например, пирит из кварц-гематитовой ассоциации Пирмираба отличается крупными треугольными вициналями на гранях, которые придают кристаллам округлый изометричный облик, сглаживая ребра. Для кристаллов пирита из околожилльных метасоматитов характерна сильная искаженность кристаллов — они скошены, грани развиты крайне неравномерно, очень распространена параллельная штриховка. Для продуктивных пиритов отмечается сплюснутость только ку-

бических кристаллов (остальные формы не изменены), тонкая параллельная штриховка на гранях и широкое развитие параллельных сростков.

Закономерная смена преобладающего типа кристаллов по восстановлению рудного тела установлена на объектах Восточного Узбекистана.

Выявлена разная степень распространения габитусных форм пирита на разных уровнях для трех минеральных ассоциаций: продуктивной, кварц-гематитовой и кальцит-волластонитовой. Оказалось, что в каждой ассоциации с глубиной одни габитусные формы сменяются другими по-разному. Так, в продуктивной ассоциации в верхних частях жил преобладают (90—95%) кубические кристаллы. Ниже появляются октаэдрические, пентагондодекаэдрические формы и комбинации последних с кубом. Средние части жил характеризуются равными соотношениями октаэдров, кубов и пентагондодекаэдров. На более нижних горизонтах октаэдрические формы почти исчезают, количество кубов не превышает 10%, преобладают пентагондодекаэдры (90%).

Пириты продуктивной ассоциации зональные за счет обогащения отдельных зон мышьяком. Поисковое значение мышьяка на золотое оруденение для Западного Узбекистана установлено И. Х. Хамрабаевым (1958).

Пириты всех генераций на отдельных объектах содержат одни и те же элементы-примеси, но в разных количествах и с разной частотой встречаемости. Содержание Au, Ag, Se, Te, Bi, Sb в пирите продуктивной ассоциации в 5—10 раз выше, чем в дорудных и послерудных генерациях. Самая надежная типоморфная особенность пирита — золотоносность и часто повышенное содержание Bi, Sb, Se и Te.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие наиболее важные выводы.

1. Для изученных кварцев Западного Узбекистана устанавливается зависимость в увеличении параметра с элементарной ячейки кварца от повышения содержания алюминия, что указывает на изоморфное вхождение данного элемента в решетку кварца.

Резкое уменьшение содержания алюминия в жильных более высокотемпературных кварцах типа Коктау по сравнению с метаморфогенными этого же района свидетельствует о наличии источника исходных растворов, участвовавших в образовании жильного кварца.

2. Рудные элементы в кварце и во вмещающих метаморфизованных углеродистых породах Западного Узбекистана фиксируются как в сульфидной форме, так и (как золото) в форме, связанной с углеродистым веществом. Устанавливается нерастворимая форма золота в кремнисто-углеродистых сланцах в повышенных количествах.

3. Кварцы золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана по текстурно-структурным особенностям, содержанию примесей благородных и редких элементов, парагенетическим ассоциациям обладают характерными особенностями, позволяющими использовать их в поисково-разведочном деле.

Кварц из золотых рудопроявлений, особенно продуктивный, содержит примесь золота и серебра в количествах, выше кларковых.

На золотых рудопроявлениях Восточного Узбекистана проявлены следующие генетические типы кварца:

1) кварц в пропилитах (отмечается на всех золоторудных полях);

2) кварц в околорудных метасоматитах (проявлен везде);

3) кварц в кварц-гематитовых жилах (известен в Пирмирабе, на Школьном, в Катранге);

4) кварц в продуктивных ассоциациях весьма разнообразен по текстурам и структурам (проявлен везде), но всюду золотоносен; обычно в парагенезисе с сульфидами и теллуридами;

5) кварц послерудный в кварц-барит-карбонатных прожилках (проявлен везде).

4. На ряде конкретных примеров показаны типоморфные особенности золота и пирита.

5. Впервые широко и целенаправленно использован метод рентгеноспектрального микроанализа, который позволил получить качественно новую обширную сравнительную характеристику пробности золота разных типов в зависимости от особенностей парагенезиса, а также показать особенности структуры и распределения в некоторых из них важнейших элементов-примесей и специфику гипергенного золота.

6. Систематически изучен также состав пирита из золотых рудопроявлений Западного Узбекистана: содержание и характер распределения в нем некоторых элементов-примесей, в частности, мышьяка, и полученные данные наряду с другими особенностями использованы в качестве типоморфных признаков при характеристике морфогенетических типов минерала.

7. Пириты продуктивных парагенетических ассоциаций золотых рудопроявлений Восточного Узбекистана имеют такие характерные типоморфные особенности как своеобразные кристаллические формы, повышенную примесь золота и серебра, часто селена и мышьяка. Примесь мышьяка распределяется по зонам, обуславливая зональную структуру пирита.

8. Изучение типоморфных особенностей золота на объектах Узбекистана дало возможность выделить на всех рудопроявлениях две (реже три) генерации золота. Золото Восточного и Западного Узбекистана различается по крупности, пробности, парагенезису и микропарагенезису. Установлено, что в Западном Узбекистане золото более крупное и высокопробное. На некоторых месторождениях наблюдаются колебания пробности в отдель-

ных минеральных ассоциациях, что выражается в понижении пробности от ранних генераций к более поздним.

Золото Восточного Узбекистана в основном представлено пылевидными классами и низкопробными разностями. Эти соотношения пробности золота на рудопоявлениях Восточного и Западного Узбекистана предопределены глубинами образования оруденения и хорошо согласуются с известными схемами.

9. Выявленные типоморфные особенности минералов продуктивных и непродуктивных минеральных ассоциаций представляют большой теоретический и практический интерес.

К главным особенностям следует отнести проявление золото-содержащего и мышьяковистого пирита, определенных морфологических типов кварца (колломорфный, брекчиевидный, пластинчатый, фестончатый), также содержащего повышенные количества золота и серебра и их теллуридов.

Другая категория типоморфных особенностей минералов, таких как смена форм и размеров кристаллов пирита с глубиной позволяет определять уровень эрозийного среза объекта, предсказывать глубины распространения продуктивных ассоциаций.

10. Таким образом, изучение типоморфизма минералов открывает перед исследователем широкие возможности в использовании разнообразного арсенала методик и аппаратуры в изучении минералов с использованием необходимых данных экспериментальной минералогии для выявления характерных или более надежных индикаторных признаков отдельных минералов и их ассоциаций.

Мы полагаем, что в дальнейших исследованиях по изучению типоморфизма минералов необходимо проводить более углубленные исследования рудовмещающих жильных минералов, к которым в первую очередь относятся кварц, калишпаты, карбонатные минералы и собственно рудных минералов сульфидных ассоциаций на отдельных золоторудных проявлениях, а также на месторождениях редкометального и полиметаллического типа. Расширение исследований типоморфизма минералов различного типа рудных месторождений позволяет выделить провинции с обозначенными индикаторными типоморфными особенностями минералов, что облегчает решение задач по установлению перспектив рудообразования на разных глубинных срезах.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверин Ю. А. К вопросу о генезисе Чадакских жильных скарнов и карбонатов. «Узб. геол. ж.», 1960, № 6.
- Азимов П. Т. Диорит-гранодиорит-гранитный ряд. В сб. «Магматические формации и фации Узбекистана», Ташкент, 1977.
- Акрамов А. А. [и др.]. Об использовании электрофизических свойств пиритов при поисках и оценке золотого оруденения. «Узб. геол. ж.», 1975, № 5.
- Арифулов Ч. Х. К вопросу о минералогии и генезисе зон прожилково-вкрапленного золото-сульфидного оруденения Кызылкумов. «Узб. геол. ж.», 1976, № 5.

- Арифулов Ч. Х. Генетические типы пиритов и их использование для оценки золотоносности зоны сульфидной минерализации. Мат. IV Научн. конф. молодых ученых, деп., 1978.
- Афанасьев Н. А., Каменцев М. Е., Франк-Каменецкий В. А. Колебания параметров решетки кварца различного генезиса. Кристаллография, т. 4, М., 1959.
- Бадалов С. Т., Голованов И. М., Дунин-Барковская Э. А. Геохимические особенности рудообразующих элементов Чаткало-Кураминских гор. Ташкент, 1971.
- Бадалова Р. П., Сулейманов М. О. Минералогия золоторудных жил Кызылалмасайского рудного поля. «Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане». Ташкент, 1969.
- Бадалова Р. П. К минералогии-геохимической характеристике золота гидротермальных рудопроявлений Западного Узбекистана. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. XIV, Ташкент, 1962.
- Бадалова Р. П. О кварце и его метаморфизме в золотоносных жилах Западного Узбекистана. В сб. «Вопросы минералогии и геохимии», Ташкент, 1964.
- Бадалова Р. П., Бадалов С. Т. О генетическом значении пробности золота в эндогенных месторождениях. «Узб. геол. ж.», 1964, № 5.
- Бадалова Р. П. Арсенопирит и пирит из золоторудных формаций Зап. Узбекистана. Научн. тр. ТашГУ, вып. 477, 1971.
- Бадалова Р. П., Николаева Э. П., Толкачева Л. Ф. Изучение микротвердости минералов ряда золото—серебро и золоторудных месторождений Узбекистана. В сб. «Физ. свойства редкометалльных минералов и методы их исследований», М., 1968.
- Бадалова Р. П., Николаева Э. П. Изучение микротвердости важнейших сульфидных минералов из золоторудных формаций Узбекистана. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 20, Ташкент, 1969.
- Бадалова Р. П., Николаева Э. П. Субмикроскопические структуры самородного золота и их особенности в золоторудных месторождениях Узбекистана. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 21, Ташкент, 1970.
- Бадалова Р. П. [и др.] Изучение плотности минералов ряда Au—Ag. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 26, Ташкент, 1973.
- Бадалова Р. П., Николаева Э. П. Типоморфизм золота в месторождениях и рудопроявлениях Узбекистана. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 26, Ташкент, 1973.
- Баймухамедов Х. Н., Баскакова М. П. Типы кварцевых жил юго-восточных Кызылкумов и их золотоносность. «Узб. геол. ж.», 1969, № 4.
- Баймухамедов Х. Н., Каримов Х. К., Протасевич Л. Н. Золото-щелитовые докембрические образования в осадочно-метаморфических толщах докембрия в Кызылкумах. «Узб. геол. ж.», 1975, № 4.
- Балицкий В. С. [и др.] О влиянии температурных условий образования на содержание структурной примеси алюминия. Минер. сб. Львовск. ун-та, вып. 3, 1966, № 20.
- Балицкий В. С. [и др.] Некоторые особенности изоморфизма германия в кристаллах кварца. «Геохимия», 1969, № 4.
- Баскаков М. П., Чеботарев Г. М. О возможных формах фиксации золота в россыпях. ДАН УзССР, 1972, № 7.
- Баскаков М. П., Синицына В. Н. Растворимость и формы фиксации золота в осадочно-метаморфогенных породах. Тезисы докл. на симп. «Минералогия и геохимия золота», ч. II. Владивосток, 1974.
- Баскаков М. П. Типоморфные особенности кварца в зависимости от условий кристаллизации. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 31, Ташкент, 1978.
- Баскакова М. П. Результаты измерения параметров элементарной ячейки жильного кварца в древних толщах Кызылкумов. «Узб. геол. ж.», 1973, № 5.
- Белковский А. А. Прецезсионное определение параметров элементарной ячейки и температуры превращения кварцев из некоторых месторождений Среднего и Южного Урала. ДАН СССР, т. 154, вып. 1, 1964.

- Белковский А. И. Рентгенографическое исследование прозрачного жильного кварца из некоторых месторождений Урала. В сб. «Рентгенография мин. сырья», 1970, № 7.
- Бендик А. Т., Нестерова Н. П. О проявлении золото-серебряной минерализации на месторождении Мурунтау и в Мурунтауском районе. «Узб. геол. ж.», 1971, № 4.
- Бендик А. Т., Нестерова Н. И., Сибириков Е. А. О тонкодисперсном золоте в рудах месторождения Мурунтау. В сб. «Вопросы геологии золота в Узбекистане», Ташкент, 1975.
- Бертман Э. Б., Хорват В. А., Чеботарев Г. М. Термобарические характеристики процесса формирования золоторудного месторождения Чармитан. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 28, Ташкент, 1975.
- Бородаев Ю. С., Мозгова В. И. Об изоморфном замещении серы в пирите мышьяком и сурьмой. В кн. «Минералы и парагенезисы минералов гидротермальных месторождений», Ленинград, 1974.
- Бородаев Ю. С. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ. В кн. «Лабораторные методы исследования минералов, руд и пород», М., 1975.
- Бусев А. И., Иванов В. М. Аналитическая химия золота. М., 1973.
- Вертушков Г. Н. Параметры элементарной ячейки жильного кварца с Южного и Среднего Урала. В сб. «Минералы месторождений полезных ископаемых Урала», М., 1968.
- Вертушков Г. И. [и др.]. Жильный кварц Восточного склона Урала. Ч. I. Труды Свердловского горного ин-та, вып. 58, 1969.
- Волков Ю. А., Чеботарев Г. М. Применение электронного микроанализатора для изучения состава строения рудного золота месторождений Зап. Узбекистана. «Узб. геол. ж.», 1975, № 2.
- Волков Ю. А., Чеботарев Г. М. К методике изучения неоднородностей золота с помощью рентгеновского микроанализатора. «Узб. геол. ж.», 1975, № 5.
- Воронич В. А. [и др.]. Инвариантность на глубину содержания золота и серебра в протерозойских метасоматитах Кызылкумов. В сб. «Геохимия золота», Владивосток, 1974.
- Воронков А. К. Характер поведения тонкодисперсного золота при формировании месторождений в углеродистых породах (на примере месторождений Кызылкумов). В сб. «Минералогия золота», Владивосток, 1974.
- Воронков А. К. О существовании связи между минеральным составом жильных комплексов и вмещающих пород на месторождении Мурунтау (Центр. Кызылкумы). ДАН УзССР, 1973, № 3.
- Гаврилов А. М. О сингенетическом с сульфидами характере тонкодисперсного золота на золоторудном месторождении Бақырчик (Вост. Казахстан). Тр. ЦНИГРИ, ч. I, вып. 96, М., 1971.
- Гаврилов А. М. О времени выделения золота на одном из месторождений Западного Узбекистана. Труды ЦНИГРИ, вып. 79, М., 1968.
- Голованов И. М. К вопросу о перемещенных минералах. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 17, Ташкент, 1963.
- Громова Е. И. [и др.]. Состав самородного золота Чармитанского месторождения. Зап. Узб. отд. ВМО, 1976, вып. 29.
- Громова Е. И., Завьялова Л. Л., Глотов Л. М. Находки редко встречающихся минералов золота в рудах месторождения Зармитан (Чармитан). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 31, 1978.
- Гуреев В. Ф., Зверева Е. А. Особенности поведения золота в зоне окисления вкрапленных пирит-арсенопиритовых руд Кокпатаасского рудного поля (Центральные Кызылкумы). Труды ЦНИГРИ, ч. I, вып. 96, 1971.
- Гуреев В. Ф., Константинов М. М., Алышева Э. И. О соотношении сингенетического (тонкодисперсного) и наложенного золота в пирите. ДАН СССР, т. 181, 1968, № 5.
- Джантуганов Н. И., Зверева С. Д., Попенко Г. С. Самородное золото из осадочно-метаморфических отложений Северо-Нуратинского хребта. Зап. Узб. отд. ВМО, ч. 106, вып. 4, 1977.

- Доломанова Е. И. Изоморфные элементы-примеси в жильном кварце оловорудных месторождений Забайкалья и их генетическое значение. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1972, № 6.
- Долгов Ю. А. Особенности генезиса высокотемпературного кварца. Мин. сб. Львов. геол. о-ва. 1955, № 9.
- Дэна Дж., Дэна Э. О., Фрондель К. Система минералогии. Т. III. Минералы кремнезема, М., 1966.
- Жеребцов Ю. Д. [и др.]. О возможности оценки зон сульфидной минерализации на золото по электрофизическим свойствам пиритов (на примере месторождения Мурунтау). Изв. АН Каз.ССР, сер. геол., 1978, № 3.
- Жирнов А. М. Гипогенное коллоидное золото в золоторудном месторождении Каульды. «Узб. геол. ж.», 1972, № 1.
- Жирнов А. М. Метакolloидное золото золоторудного месторождения Каульды (Кураминский хребет). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 26, 1973.
- Зарембо Ю. Г. Основные черты стадийности рудообразования на месторождении Мурунтау (Зап. Узбекистан). Труды ЦНИГРИ, вып. 79, 1968.
- Зарембо Ю. Г., Трофимова А. Г., Фирсова С. О. Использование метода декрепитации для определения температур рудообразования на месторождении Мурунтау (Центр. Кызылкумы). Труды ЦНИГРИ, вып. 93, 1970.
- Зарембо Ю. Г., Кореннова Н. Г. Изучение пробы золота микроспектральным методом. Труды ЦНИГРИ, вып. 93, 1970.
- Зарембо Ю. Г. [и др.]. Типоморфизм и генезис золота в комплексных вольфрамо-золотых рудах одного из месторождений Центральных Кызылкумов. В сб. «Минералогия золота», Владивосток, 1974.
- Захарченко А. И. Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил. М., 1965.
- Зверева Е. А., Шер С. Д. Распределение золота и мышьяка в рудовмещающих породах месторождения Кокпатас. Зап. Узб. отд. ВМО, Ташкент, вып. 28, 1975.
- Звягинцев О. Е. Геохимия золота. М., 1941.
- Зотов А. В., Ланутина К. И., Чичагов А. В. Мышьяковистый пирит из термальных источников о. Кунашир (Курильские о-ва). «Геология рудных месторождений», 1972, № 1.
- Каймирасова А. Г. Об электронно-микроскопическом изучении золотосодержащих пиритов. Изв. АН КазССР, сер. геол., 1968, № 3.
- Калита Е. Д., Кудакова Л. И. Изучение кварца и других минералов из перматитов методом растрескивания включений. Тр. ВНИИ синтеза минер. сырья, т. 9, М., 1966.
- Каменцев И. Е., Прияткин А. А. Изменение параметров элементарной ячейки кварца в зависимости от условий его образования в различных магматических породах Большого Хингана. «Рентгенография мин. сырья», 1963, № 3.
- Каменцев И. Е. Влияние условий кристаллизации на вхождение посторонних примесей в решетку кварца. Вестник Лен. гос. ун-та, сер. геол., вып. 3, 1963, № 18.
- Зотов А. В., Ланутина К. И., Чичагов А. В. Мышьяковистый пирит примесей, входящих в структуру кварца и изменение параметров элементарной ячейки. «Геохимия», 1963, № 6.
- Каменцев И. Е. О положении примеси в структуре кварца. ЗВМО, ч. 94, вып. 6, 1965.
- Каменцев И. Е. Влияние температуры кристаллизации на вхождение примеси Al в структуре природного кварца. «Геохимия», 1965, № 3.
- Каменцев И. Е. Использование кварца как эталона при рентгеновских исследованиях и точность определения параметров его элементарной ячейки. В сб. «Рентгенография мин. сырья», 1970, № 7.
- Касымов А. К. Минералогия и некоторые вопросы геохимии зоны окисления золоторудных месторождений Узбекистана. В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана», Ташкент, 1969.

- Картенко Н. Ф. [и др.]. О влиянии условий образования и примесей на параметры элементарной ячейки природного кварца. В сб. «Рентгенография мин. сырья», 1971, № 8.
- Китаев Н. А., Нестерова А. А., Сарапудова В. Н. Некоторые особенности распределения элементов-примесей в пиритах и коллективной сульфидной фракции из ореолов Балейского золоторудного поля. «Вопросы геологии месторождений золота», Томск, 1970.
- Кларк Л. Фазовые отношения в системе Fe—As—S. В сб. «Проблемы эндогенных месторождений», вып. 3. М., 1966.
- Колтун Л. И. Термометрия кварцев одного из районов Алдана. Труды ВНИИ синтеза минер. сырья, т. 9, 1966.
- Конеев Р. И. Минералогические особенности золоторудного проявления Катранга. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 27, 1974.
- Конеев Р. И., Волков Ю. А. Зональный мышьяковистый пирит из золоторудных месторождений Чаткало-Кураминских гор. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 30, 1977.
- Кораго А. А., Карягина Т. А. Онтогенетическая классификация мозаичности в кристаллах кварца. Зап. Узб. отд. ВМО, Ташкент, 1972, 101, № 3.
- Королева Н. Н. Теллуридо-пирито-золоторудная формация (Бургундское рудное поле). В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана», Ташкент, 1969.
- Костылева Е. Е. Золото. В кн. «Минералы», т. 1, 1960.
- Костылева Е. Е. Некоторые методы изучения рудоносного кварца и опыт их применения, М., 1964.
- Коробушкин И. М. О форме нахождения «тонкодисперсного» золота в пирите и арсенопирите. ДАН, т. 192, 1970, № 5.
- Кушмурадов О. К. [и др.]. Распределение золота в многофазных гранитоидных породах Нуратау. В сб. «Вопросы петрографии и полезные ископаемые Узбекистана», Ташкент, 1977, вып. 530.
- Лазаренко Е. К. [и др.]. Минералогия и генезис камерных пегматитов Воляни, Львов, 1973.
- Ланцев [и др.]. К вопросу о распределении элементов-примесей в самородном золоте из различных месторождений. Труды ЦНИГРИ, 1971, ч. 1, вып. 96.
- Лебедева С. И. Определение микротвердости минералов, М., 1963.
- Легедза В. Я. О проявлении хемогенной золотоносности осадочных пород. В сб. «Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока», М., 1966.
- Легедза В. Я. К вопросу об условиях концентрации тонкодисперсного золота в осадочных породах ДАН СССР, т. 185, 1969, № 2.
- Макаров Е. С. Изоморфизм атомов в кристаллах. М., 1973.
- Мозгова Н. Н. Об изоморфизме в сульфидах. В кн. «Изоморфизм в минералах», М., 1975.
- Мальков Б. А., Комов И. Л. Некоторые особенности распределения лития и бора различного генезиса. Тр. ВНИИ синтеза мин. сырья, 1970, № 11.
- Мансуров М. М., Смирнова С. К. Парагенезисы минералов Чадакского рудного поля. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 30, 1977.
- Маркова Э. А. Минералого-геохимические особенности золоторудных жил Кочбулакского рудного поля. В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана», Ташкент, 1969.
- Мещанинов Е. З. Некоторые особенности золотого оруденения в Алмалыкском районе. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 21, 1970.
- Мещанинов Е. З. Особенности эндогенной зональности на близповерхностных месторождениях Алмалыкского района. В сб. «Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений», М., 1972.
- Мещанинов Е. З., Мещанинова Г. С. Околорудные метасоматиты золоторудного месторождения Каульды. Тр. САИГИМСА, Ташкент, 1972.

- Мещанинов Е. З., Мещанинова Г. С. Распределение золота в минеральных комплексах месторождения Каульды. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 27, 1974.
- Минералы. Справочник. Простые окислы. том II, вып. 2, М., 1965.
- Моисеева М. И. Минералогические и генетические особенности одного из золоторудных месторождений Кураминского хребта. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 15, 1963.
- Моисеева М. И. К вопросу о генезисе кварцево-рудных жил в Кураминском хребте. Узб. геол. ж., 1966, № 2.
- Моисеева М. И. Минералогия золоторудных жил Чадакского рудного поля. В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане», Ташкент, 1969.
- Моисеева М. И. Минералогия рудных месторождений Северо-Восточной части Кураминского хребта и сопредельных районов. Ташкент, 1969.
- Моисеева М. И., Михайлова Ю. В. Пирит. В кн. «Минералы Узбекистана», т. I, Ташкент, 1975.
- Моисеевко В. Г. Метаморфизм золота месторождений Приамурья. Хабаровск, 1965.
- Мусин Р. А. Формации рудных метасоматитов и металлогенические особенности Алмалыкского рудного района. Ташкент, 1967.
- Мязь Н. И. Некоторые особенности формирования хрусталеносных кварцевых жил в Центр. Казахстане. ЗВМО, ч. 90, вып. 2, 1961.
- Нестерова Н. П., Чеботарев Г. М. Минералого-геохимическая характеристика руд Мурунтау. В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана». Ташкент, 1969.
- Николаева Л. А., Бадалова Р. П. Внутренняя структура самородного золота как критерий формирования руд. Труды ЦНИГРИ, вып. 87, 1980.
- Николаева Л. А., Бадалова Р. П. Изучение типоморфизма золота при прогнозных и поисково-оценочных работах. В сб. «Металлогения и геохимия Узбекистана», Ташкент, 1974.
- Николаева Л. А. К вопросу об изменчивости пробы и структуры самородного золота. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 27, 1975.
- Николаева Л. А. Генетические особенности самородного золота как критерий при поисках и оценке руд и россылей. Москва, 1978.
- Николаева Э. П. [и др.]. Изучение термолуменесценции, декрепитации и плотности веса кварца месторождения Кызылалмасай. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 28, 1975.
- Новиков В. М. Выщелачивание золота минеральными кислотами из пород золоторудных месторождений Вост. Забайкалья. В сб. «Ореолы рассеяния м-ний Вост. Сибири». М., 1971.
- Палей Л. З. О некоторых особенностях минералогического состава и свойств золота из россыпей Западного Узбекистана. В сб. «Некоторые закономерности размещения эндогенного оруденения в Узбекистане, Ташкент, 1966.
- Петровская Н. В., Фасталович А. И. Морфологические и структурные особенности самородного золота. В сб. «Материалы по минералогии золота», 1952.
- Петровская Н. В. Некоторые особенности внутрирудного метаморфизма золото-кварцевых образований на примере месторождений Енисейского кряжа. «Труды ин-та ЦНИГРИЗОЛОТО», вып. 21, 1956.
- Петровская Н. В. О формациях золотых руд Узбекистана. «Геология рудных месторождений», 1968, № 3.
- Петровская Н. В. О типоморфизме самородного золота. В кн. «Проблемы геологии минеральн. месторожд. петрологии и минералогии». Т. II, 1969.
- Петровская Н. В., Фролова К. Е. Опыт сравнительного исследования морфологии тонкодисперсного золота микрорельефа поверхности золотых выделений (по данным электронной микроскопии). В сб. «Типоморфизм минералов». М., 1969.

- Петровская Н. В. Интраминерализационное развитие деформации, перекристаллизация и переотложение минерального вещества при формировании золоторудных месторождений. «Труды ЦНИГРИ», вып. 87, 1970.
- Петровская Н. В. [и др.]. Неоднородность самородного золота. В кн. «Вопросы однородности и неоднородности минералов», М., 1971.
- Петровская Н. В. Самородное золото. М., 1973.
- Петровская Н. В. О некоторых общих вопросах проблемы тонкой неоднородности индивидов минералов и их агрегатов. В сб. «Неоднородность минералов и тонкие минеральные смеси». М., 1977.
- Поздняков Н. И. О связи положительных магнитных аномалий гор Ауминзатау с золотоносными зонами пирротинизации. «Узб. геол. ж.», 1979, № 3.
- Попенко Г. С. Золото из четвертичных россыпей Узбекистана. В сб. «Минералогия золота», ч. I, Владивосток, 1974.
- Прохоров В. Г. Пирит. Красноярск, 1970.
- Проценко В. Ф. О золото-шеелитовом парагенезисе Мурунтау. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 29, 1976.
- Проценко В. Ф., Василевский Б. Б., Хаустов Л. Б. К вопросу о седиментогенной золотоносности отложений бесапанской свиты в Ц. Кызылкумах. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 31, 1978.
- Рашидова Г. Ш. Некоторые результаты изучения кварца золоторудного месторождения Кызылалмасай методом ИК-спектроскопии (УзССР). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 26, 1973.
- Рашидова Г. Ш. О роли коллоидов в образовании кварцевых жил (на примере месторождения Кызылалмасай). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 27, 1974.
- Рашидова Г. Ш., Сергеев В. И., Барсанов Г. П. Изучение состава примесей и термолюминесцентных свойств кварца золоторудного месторождения Узбекистана. Вестник МГУ, сер. геол. 1975, № 4.
- Розова Е. В. Об использовании коэффициента термоэлектродвижущих сил некоторых минералов-полупроводников при изучении рудных месторождений. Труды ЦНИГРИ, вып. 86, ч. 2, 1962.
- Розова Е. В. Об изменчивости термоэлектрических свойств пиритов золоторудных месторождений. Труды ЦНИГРИ, вып. 86, ч. 2, 1969.
- Розова Е. В., Гаврилов А. М. Использование электрических свойств пирита при изучении зональности золоторудного месторождения Кокплатас (Центр. Кызылкумы). Труды ЦНИГРИ, вып. 93, 1970.
- Савельев В. Ф., Покровская В. Л. Редкие элементы в метаморфических породах Средней Азии. «Геохимия», 1968, № 3.
- Сахарова М. С. Типоморфные особенности состава пирита золото-сульфидных месторождений. «Новые данные о минералах СССР». Труды минер. музея им. А. Е. Ферсмана, вып. 18, 1968.
- Сахарова М. С., Калиткина Н. А., Колонин Г. Р. Исследование температурных условий рекристаллизации золота в сульфидных условиях. В сб. «Тезисы докл. III Всес. совещ. по минер. термобарометрии и геохимии глубин. минералообраз. растворов», М., 1968.
- Сахарова М. С. Изучение состава самородного золота методом рентгено-спектрального микроанализа. ДАН 1969, № 2.
- Сенчило Н. П., Комаров О. П. О температурах кристаллизации жильного кварца редкометалльных штоков. Труды ин-та геол. наук АН КазССР, т. 6, 1962.
- Сморчков И. Е., Омеляненко Б. Н. Контактные взаимодействия аляскитовых гранитов Кураминского хребта на вмещающие их гранодиориты и эффузивные породы. Труды ИГЕМ, 1960, вып. 27.
- Ставров О. Д. К вопросу о содержании редких элементов в кварце. «Геохимия», 1961, № 6.
- Сулейманов М. О., Белоплотова О. П. Минеральные комплексы Кызылалмасайского рудного поля и некоторые особенности их размещения. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 20, 1969.

- Турлычкин В. М. Два этапа минерализации в Канджольском рудном поле. Изв. АН СССР сер. геол., 1969, № 11.
- Турлычкин В. М., Мусин Р. А., Мансуров М. М. Место золотого оруденения в адуляр-карбонатно-кварцевых жилах Кураминского хребта. В кн. «Современное состояние учения о месторождениях полезных ископаемых». Ташкент, 1975.
- Тюрин Н. Г. Получение искусственного пирита с тонкодисперсным золотом из растворов. В сб. «Исслед. природ. и технич. минералообразования», М., 1966.
- Тюрин Н. Г. О тонкодисперсном золоте в пирите. «Геология рудных месторождений», 1965, № 5.
- Увадьев М. Д. [и др.]. Минералого-геохимическая зональность месторождений золота Кураминской металлогенической подзоны Срединного Тянь-Шаня. В сб. «Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений», М., 1972.
- Увадьев М. Д., Гертман Ю. Л., Маркина В. М. К характеристике метасоматических процессов месторождения золота Каульды (УзССР). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 26, 1973.
- Уклонский А. С. О перемещенных минералах. Изв. АН УзССР, 1955, № 8.
- Ферсман А. Е. К геохимии золота. ДАН СССР, серия А. 1931, № 8.
- Ферсман А. Е. Избранные труды. Т. IV—V, М., 1959.
- Франк-Каменецкий В. А. По поводу проявления микрозоморфизма в кварце «Кристаллография», 1960, № 4.
- Франк-Каменецкий В. А., Каменцев И. Е. Рентгеновское исследование синтетического кварца. Рост кристаллов, т. 3, 1961.
- Франк-Каменецкий В. А., Каменцев И. Е. Влияние структурных примесей на параметры решетки синтетических кварцев. Труды Всес. научно-исслед. ин-та пьезооптического мин. сырья, М., 1962.
- Франк-Каменецкий В. А. Природа структурных примесей в минералах, Л., 1964.
- Франк-Каменецкий В. А., Каменцев И. Е. Микрозоморфизм в кварце как критерий структурного типоморфизма. В сб. «Типоморфизм кварца Украины», Киев, 1974.
- Хамрабаев И. Х. Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. Ташкент, 1958.
- Хамрабаев И. Х. Петролого-геохимические критерии рудоносности магматических комплексов. Ташкент, 1969.
- Хамрабаев И. Х. [и др.]. Некоторые геолого-минералогические особенности золоторудного месторождения Чармитан в Западном Узбекистане. «Узб. геол. ж.», 1971, № 3.
- Хамрабаев И. Х. [и др.]. К характеристике вольфрамовой минерализации на золоторудном месторождении Чармитан в Зап. Узбекистане. «Узб. геол. ж.», 1973, № 1.
- Хорват В. А., Бертман Э. Б., Ишмурзин Ф. Я. О шеелите в среднеглубинных месторождениях золота (на примере Тянь-Шаня). «Зап. Узб. отд. ВМО», вып. 29, 1976.
- Чеботарев Г. М. О распределении золота в песчано-сланцевых породах Мурунтау». ДАН УзССР, 1969, № 6.
- Чеботарев Г. М., Чеботарева Г. П. О дравитовой разности турмалина из Мурунтау (Зап. Узбекистан). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 21, 1971.
- Чеботарев Г. М., Волков Ю. А., Хамрабаев И. Х. Особенности гипергенного золота рудопроявления Караул-Хана (Зап. Узбекистан). В сб. «Минералогия золота», Владивосток, 1974.
- Чеботарев Г. М. Минералого-геохимические особенности пиритов из зон метасоматитов золоторудного месторождения Мурунтау. В сб. «Критерии рудоносности метасоматитов», Алма-Ата, 1969.
- Чеботарев Г. М., Волков Ю. А., Хамрабаев И. Х. Исследование состава включений золота в тонкозернистом арсенопирите из Мурунтау (методом локального рентгеноспектрального анализа). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 27, 1973.

- Чеботарев Г. М. [и др.]. К минералогии серебра Чармитанского рудного поля (Зап. Узбекистан). Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 28, 1975.
- Чеботарев Г. М. [и др.]. Типоморфное значение примеси мышьяка в пирите золоторудных месторождений Узбекистана. В сб. тезисов «Новые данные о типоморфизме минералов и минеральных ассоциаций», М., 1977.
- Чеботарев Г. М. [и др.]. Некоторые вопросы «микроминералогии» золоторудных месторождений Узбекистана. «Узб. геол. ж.», 1979, № 1.
- Чеботарева Г. П. Парагенетические ассоциации и главные минералы одного из золоторудных месторождений в Зирабулак-Зиаэтинских горах. Зап. Узб. отд. ВМО, вып. 18, 1966.
- Чухров Ф. В. Конвергенция в минералообразовании. В сб. «Типоморфизм минералов и его практическое значение», М., 1972.
- Чухров Ф. В. Некоторые общие вопросы типоморфизма минералов. В сб. «Типоморфизм минералов и его практическое значение», М., 1972.
- Чухров Ф. В. О миграции золота в зоне окисления. «Изв. АН СССР», серия геол., 1974, № 4.
- Шадлун Т. Н., Тронева Н. В., Велчев В. Мышьяковистый пирит и бравонт из месторождения Седмочисленицы. В сб. «Изоморфизм в минералах», М., 1975.
- Шарапов Б. Н., Лир Ю. В., Козлов А. В. К вопросу об интерпретации декрептограмм жильного кварца. Тезисы докладов IV регионального совещания по термобарохимии процессов минералообразования. Ростов-на-Дону, 1973.
- Шер С. Д., Скляр А. М., Условия образования и локализация месторождений типа Мурунтау. В сб. «Металлогения Тянь-Шаня», М., 1968.
- Шер С. Д., Юдин И. М. Метасоматические преобразования рудовмещающей толщи на золоторудном месторождении Мурунтау. Тр. симпозиума «Критерии рудоносности метасоматитов», Алма-Ата, 1971.
- Щербина В. В. О генетическом значении соотношений золота и серебра. «Геохимия», 1956, № 3.
- Щукарев С. А. [и др.]. «Журнал неорганической химии», 1958, № 3.
- Юдалевич З. А., Сандомирский Г. Г., Никаноров Г. С. О содержании золота в гранитоидных и кварцевых жилах С. Нуратау и Букантау. «Узб. геол. ж.», 1973, № 5.
- Юдин И. М. Тонкорассеянная сульфидная минерализация вмещающих осадочно-метаморфических толщ месторождения Мурунтау и некоторые вопросы его генезиса. «Геология рудных месторождений», М., 1971, 2.
- Юдин И. М., Бондример Б. Н. Золото в постмагматических образованиях одного из золоторудных месторождений Западного Узбекистана. В сб. «Геохимия золота», Владивосток, 1974.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Типоморфные особенности минералов и типоморфные парагенетические минеральные ассоциации. Их значение при поисковых и геологоразведочных работах	5
Глава II. Типоморфные особенности кварца в золоторудных проявлениях и древних кремнисто-углеродистых сланцах с редкометальной минерализацией	9
Глава III. Типоморфные особенности золота и пирита золоторудных формаций Западного Узбекистана	42
Глава IV. Типоморфные особенности минералов и типоморфные минеральные ассоциации в золотых рудопоявлениях Восточного Узбекистана	70
Глава V. Некоторые общие и отличительные особенности типоморфных свойств минералов золотых рудопоявлений Западного и Восточного Узбекистана	128
Литература	136

18000 1 p. 50 s.

5080