18. *Карапетян А. И.* Роль узлов пересечений кольцевых и локальных структур в размещении руд для прогноза вулканогенного оруденения.—Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Структуры рудных полей вулканических поясов». Владивосток, 1985, с.84—86.
19. *Карапетян А. И.* О генетической связи и возрастных взаимоотношениях месторождений медноколчеданной и медно-молибденовой рудных формаций.—Тез. докл. VI Всесоюз. вулканолог. совещ. «Вулканизм и связанные с ним процессы», вып. 2. Петропавловск—Камчатский, 1985, с. 62—65.
20. *Карапетян А. И.* О пространственной связи и возрастных взаимоотношениях пород вулканических центров и полигенно-полихронных месторождений вулканогенно-гидротермальных рудных формаций (на примере рудных формаций АрмССР).—Тез. докл. VII Всесоюз. палеовулк. симп. «Сводные палеовулканологич. карты СССР. Вулканизм и металлогения Сред. Азии. Общие вопросы палеовулканизма». Ташкент, 1986, с. 245—246.
21. *Карапетян А. И., Гуюмджян О. П., Налбандян Э. М.* Об основном принципе построения геолого-генетической модели полиформационно-полиэтапных месторождений на примере рудных формаций Малого Кавказа.—Тез. докл Всесоюз. совещ. «Генетические модели эндогенных рудных формаций», т. III. Новосибирск, 1985, с. 72—73.
22. *Карапетян А. И., Гуюмджян О. П., Налбандян Э. М.* О некоторых особенностях размещения месторождений вулканогенных рудных формаций вокруг центров вулканической активности Армянской ССР.—Тез. докл. VII Всесоюз. палеовулк. симп. «Вулканические структуры (проблемы образов. и связанная с ними металлогения)», часть II, Ташкент, 1986, с. 155—156.
23. *Лордкипанидзе М. Б., Адамия Ш. А., Асанидзе Б. З.* Эволюция активных окраин океана Тетис (на примере Кавказа). Тр. 27-го МГК. Палеовулканология, т. 3. М.: Наука, 1984, с. 72—83.
24. *Милановский Е. Е., Короновский Н. В.* Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973, 279 с.
25. *Мирзоян Г. Г., Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Саркисян Р. А.* Об обнаружении продуктов палеогенового вулканизма в Кафанском рудном районе.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. 37, № 4, с. 53—59.
26. *Мнацаканян А. Х.* Петрология верхнемеловой вулканической серии северной Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1981, 241 с.
27. *Мурадян К. М.* Геодинамическая модель Малого Кавказа и ее прикладное значение в металлогении Армянской ССР. В сб. V Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. 1, Киев: Наукова думка, 1981, с. 122—123.
28. *Мурадян К. М., Джрбашян Р. Т.* Юрско-меловые вулканические структуры и связанная с ними металлогения (на примере Армянской ССР). Тез. докладов VII Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. II, Ташкент, 1986, с. 153—155.
29. *Остроумова А. С.* Палеогеновый вулканизм Западного Айоцдзора. В кн.: Геология АрмССР, т. IV, Петрография. Вулканические породы. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1970, с. 305—308.
30. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Кавказа. Ереван. Изд. АН АрмССР, 1959, 505 с.
31. *Саркисян Р. А., Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Мирзоян Г. Г.* Новые данные о структуре Кафанского рудного района.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. 36, № 5, с. 28—40.
32. *Хачатурян Э. А., Мурадян К. М.*—Вулканогенные формации и колчеданное оруденение Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. 35, 1982, № 2, с. 21—26.
33. *Хоренян Р. А.* Раннемеловые вулканические структуры северного обрамления Центрального нагорья Армении. Тез. докл. VII Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. II. Ташкент, 1986, с. 156—158.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL., № 4, 31—44, 1987

УДК: 553.2 (479.25)

Ш. О. АМИРЯН, Г. О. ПИДЖЯН, А. С. ФАРАМАЗЯН

СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЫ РУД ТЕХУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе рассмотрены стадийность развития процесса рудообразования, минеральные парагенезисы и типоморфные особенности минералов. Установлено, что формирование руд происходило в восемь стадий минерализации, из которых продуктивными по молибдену и меди являются: кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая. По минеральному составу и характеру оруденения Техутское месторождение относится к медно-молибденовой порфировой формации руд штокверкового типа.

Техутское медно-молибденовое порфировое месторождение изучается и разведуется многие годы [1, 2, 3, 4], однако специальные, си-

стематические минералого-геохимические исследования руд были начаты с 1978 года Институтом геологических наук АН АрмССР. Детальными исследованиями в первую очередь был охвачен Центральный участок месторождения, как наиболее интересный по геологическому строению и перспективный в отношении медно-молибденового штокверкового оруденения. При проведении минералого-геохимических исследований большое внимание было уделено выявлению парагенетических ассоциаций минералов и минерального состава руд.

1. Стадийность развития процессов рудообразования

Геологические и минералого-геохимические исследования показывают, что формирование Техутского месторождения происходило длительное время, в сложных термодинамических и физико-химических условиях [2]. Начальный период рудного процесса характеризуется интенсивным гидротермальным изменением вмещающих пород (хлоритизацией, окварцеванием, серицитизацией, каолинизацией и др.). Собственно рудообразовательный процесс представляет собой проявление нескольких импульсов трещинообразования и последовательного отложения различных парагенетических ассоциаций минералов.

На основании изучения минерального состава, текстурно-структурных особенностей руд, возрастных взаимоотношений различных парагенетических ассоциаций минералов авторы в процессе гидротермального рудообразования выделяют следующие стадии минерализации: кварцевую (безрудную); кварц-молибденитовую; кварц-пиритовую; кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовую; кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовую; кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовую; кварц-карбонатную и гипсовую—безрудные (рис. 1). Вопросы стадийного развития рудообразовательных процессов сложные и часто спорные, поэтому при дальнейших исследованиях возможны некоторые изменения; в частности, на наш взгляд, недостаточно четко определены время проявления кварц-пиритовой и ангидритовой стадий минерализации [2].

Среди отмеченных стадий минерализации продуктивными являются кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая.

По морфологическим особенностям и способу отложения рудных компонентов выделяются прожилковые, прожилково-вкрапленные, вкрапленные, жильные, брекчиевидные разности руд. Широким распространением пользуются прожилково-вкрапленные руды, образующие достаточно протяженные и мощные зоны. Именно они представляют интерес в отношении молибдена и меди, образуя штокверковый тип оруденения.

Кварцевая стадия представлена жилами и прожилками сливного серовато-белого кварца. Жилы и прожилки приурочены к близширотным, северо-восточным и северо-западным трещинам. В местах наложения рудной минерализации в кварцевых жилах и прожилках отмечаются пирит, халькопирит, молибденит в виде вкрапленности и небольших гнезд. Эта стадия минерализации имеет широкое площадное распространение и является наиболее ранней, прожилки кварца секутся продуктами более поздних стадий минерализации (рис. 2).

Кварц-молибденитовая стадия представлена маломощными прожилками, гнездами, примазками и вкрапленностью рудной минерализации. Состав кварц-молибденитовых прожилков довольно простой—кроме главных минералов—кварца и молибденита, встречаются включения пирита и реже халькопирита. Кварц представлен различной структурой и многообразием оттенков; местами развит темно-серый кварц, цвет которого обусловлен тончайшей рассеянной вкрапленностью молибденита. Мощность кварц-молибденитовых прожилков колеблется в пределах 0,1—2,0 *см*, редко достигая 5—8 *см*. Обычно в прожилках молибденит развивается в зальбандах в виде тонкой ото-

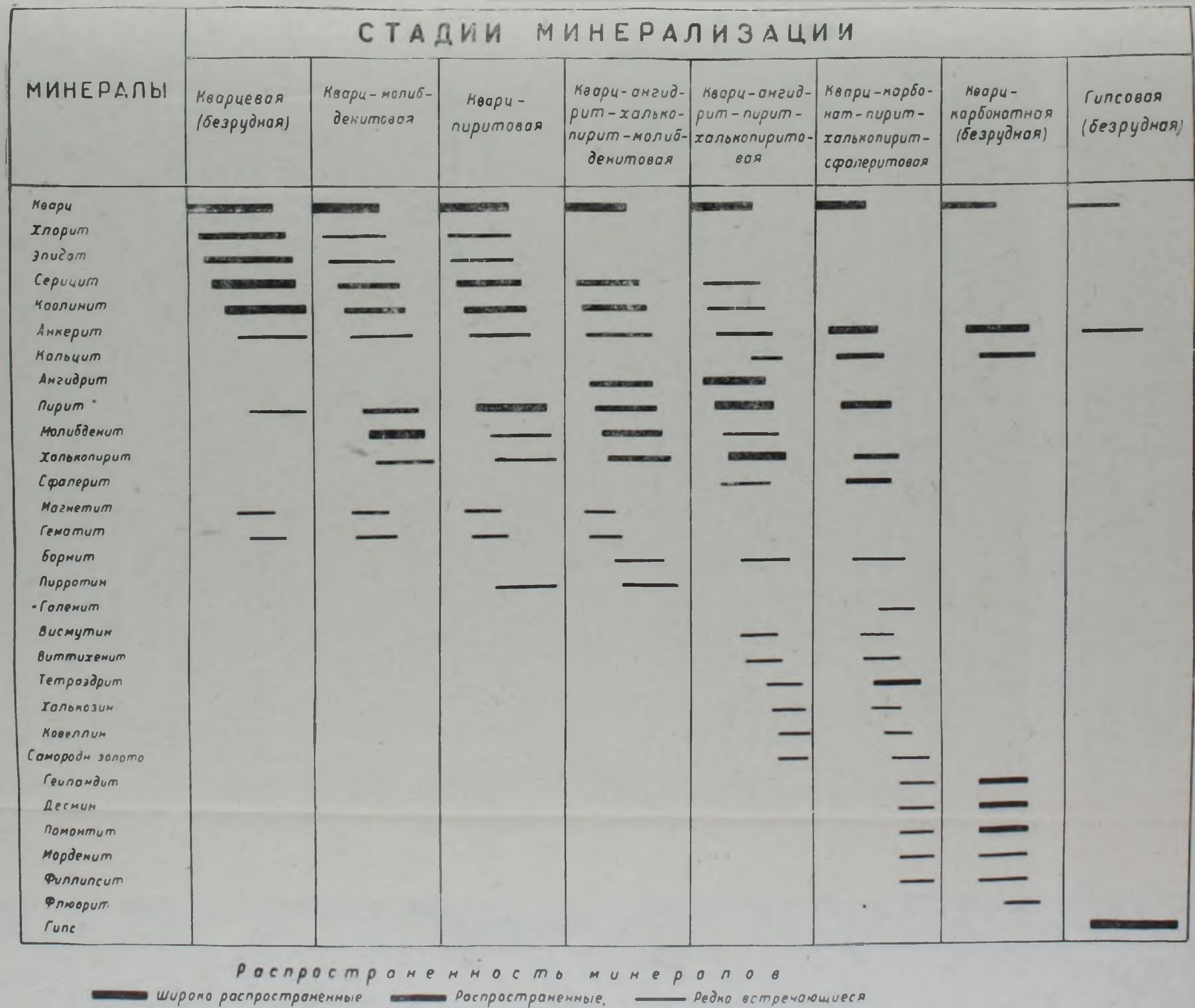

Рис. 1. Схема стадийности рудообразования и последовательности выделения минералов.

рочки чешуйчатых агрегатов. В брекчиевидных типах руд кварц-молибденитовая минерализация цементирует брекчии раннего кварца и сильно гидротермально измененных пород.

Кварц-молибденитовая стадия является главной продуктивной стадией для молибдена, с которой связано примерно 70% молибдена месторождения. Эта стадия минерализации сопровождается хлоритизацией, серицитизацией и каолинизацией вмещающих пород.

Кварц-пиритовая стадия представлена мощными зонами прожилково-вкрапленной минерализации, жилами, гнездами, карманами, а также массивными скоплениями крупнокристаллического пирита. Выделения пирита встречаются пентагон-додекаэдрическими, ромбододекаэдрическими кристаллами и их комбинациями, размеры которых иногда достигают 3—4 *см*. Наряду с кварцем и пиритом в этой ассоциации развиты прожилковые и гнездовидные скопления тонко-среднечешуйчатого молибденита. В полях грубозернистых агрегатов пирита этой генерации под микроскопом отмечаются мельчайшие оваловидные выделения борнита, пирротина и халькопирита.

Кварц-пиритовая стадия минерализации сопровождается околожильным окварцеванием, серицитизацией и каолинизацией вмещающих пород.

Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая стадия является одной из продуктивных. Руды этой стадии представлены протяженными зонами прожилково-вкрапленной минерализации, обычно образуя многочисленные пересечения с другими, более ранними образованиями (рис. 3). Эти зоны контролируются нарушениями северо-восточного и близмеридионального простирания. В составе руд главными жильными минералами являются кварц и ангидрит; рудные минералы представлены молибденитом, халькопиритом, пиритом с преобладанием последних двух.

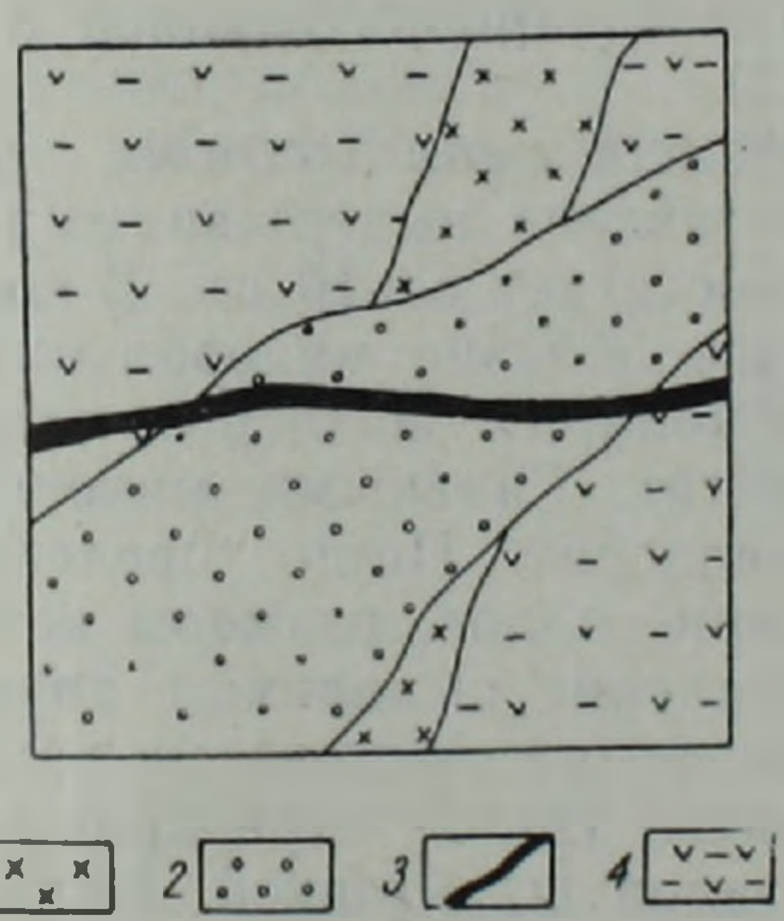

Рис. 2. Взаимоотношение прожилков различных стадий минерализации (шт. 2, штр. 2). 1. Ранний безрудный кварц. 2. Ангидрит. 3. Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовый прожилок. 4. Сильно гидротермально измененная порода.

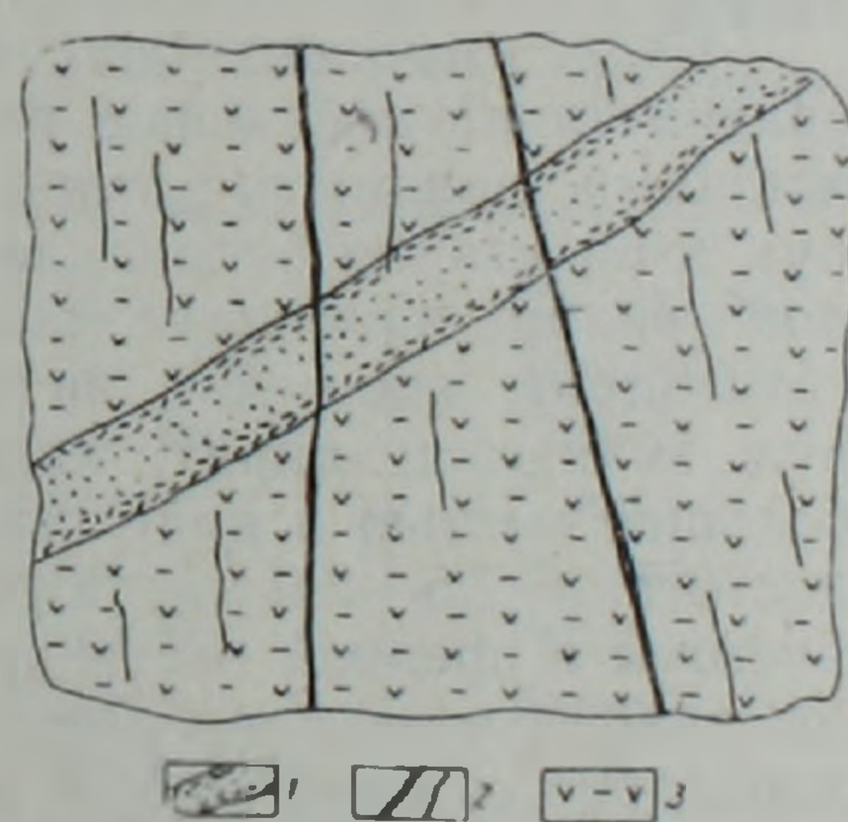

Рис. 3. Взаимоотношение прожилков различных стадий минерализации (шт. 2, ствол, 680 *м*). 1. Кварц-молибденитовый. 2. Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовый. 3. Сильно гидротермально измененная порода.

Наиболее ранним минералом в этом парагенезисе является кварц, минерализация ангидрита цементирует и замещает массивные образования кварца. Ангидрит иногда представлен мощными жилами и гнездами, образуя крупнокристаллические агрегаты сиреневого цвета. Пирит-халькопирит-молибденитовые руды сопровождаются окварцеванием, серицитизацией и каолинизацией вмещающх пород.

Прожилки этой стадии минерализации пересекают кварц-молибденитовые и кварц-пиритовые руды (рис. 4), а сами секутся более поздними пирит-халькопиритовыми и пирит халькопирит-сфалеритовыми прожилками.

Кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая стадия является продуктивной в отношении меди. Она представлена прожилками, вкрапленностью, гнездами и маломощными жилами, где преобладающими минералами являются пирит и халькопирит. В прожилках халькопирит выделяется после пирита, разъедая и цементируя его ксеноморфные, раздробленные обломки.

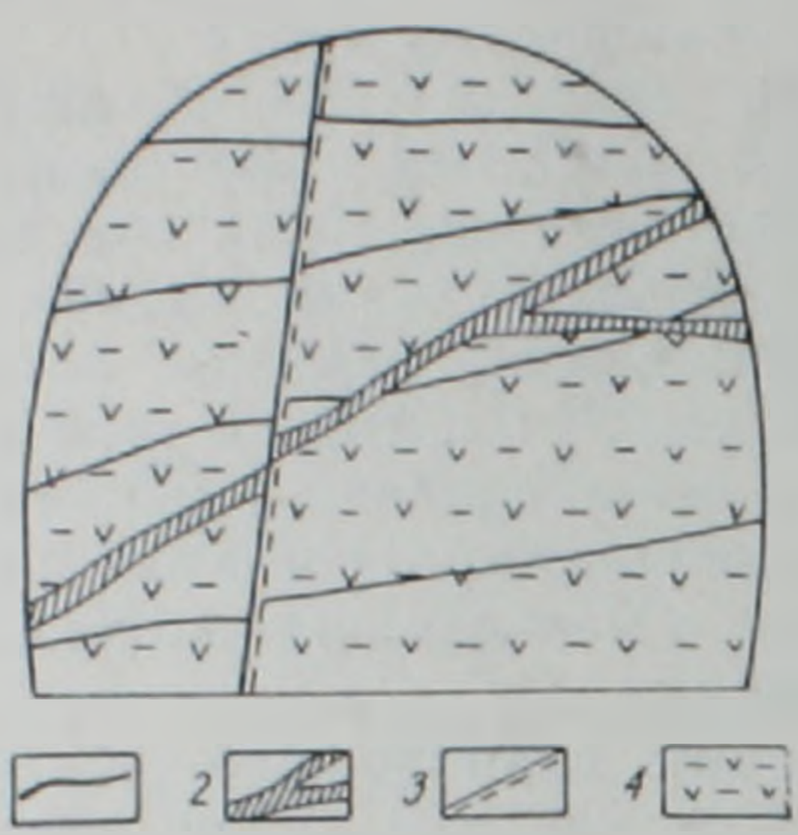

Рис. 4. Взаимоотношение прожилков различных стадий минерализации (шт. 2, ствол, 630 *м*). 1. Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовый. 2. Кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовый прожилок. 3. Тектоническое нарушение. 4. Сильно гидротермально измененная порода.

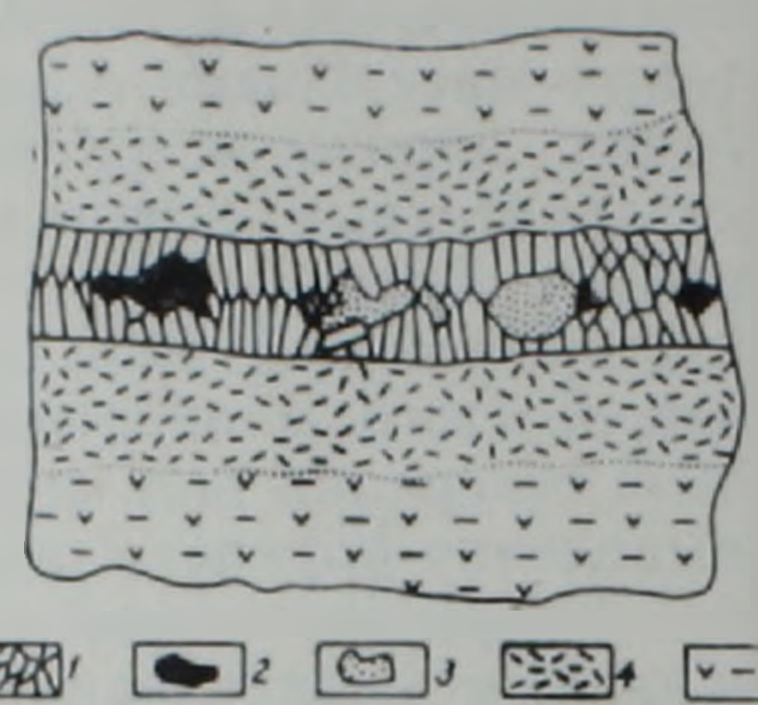

Рис. 5. Выполнение друзовых пустот гребенчатого кварца. 1. Гребенчатый кварц. 2. Пирит. 3. Халькопирит с ангидритом. 4. Полоса околожильной серицитизации. 5. Полоса цеолитизации. Зарисовка штуфа (шт. 2, ствол, 450*м*).

Жильные минералы представлены кварцем и ангидритом, которые выделились из рудоносных растворов раньше сульфидов. Следует отметить, что ангидрит здесь имеет подчиненное значение. Образование пирит-халькопиритовых руд сопровождалось окварцеванием, серицитизацией, каолинизацией и незначительной карбонатизацией и цеолитизацией рудовмещающих пород (рис. 5).

Кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовая стадия имеет сравнительно небольшое развитие и представлена выдержанными прожилками, мощность которых в раздувах достигает 5—10 *см*. В составе руд этой стадии установлено большое разнообразие минеральных видов—кварц, карбонат, гипс, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, висмутин, виттихенит, эмплектит. Главными минералами руд являются: пирит, халькопирит и сфалерит. Пирит представлен большей частью в виде гексаэдрических кристаллов, размеры которых достигают 1,5—2,0 *см*. Халькопирит и сфалерит выполняют друзовые пустоты в средней части прожилков, нарастая на шестоватые кристаллы кварца и нередко имеют хорошо развитые грани тетраэдров и скаленоэдров с характерной для этих минералов штриховкой. Галенит и блеклая руда представлены небольшими выделениями в тесных срастаниях с сфалеритом, халькопиритом и кальцитом. Эта стадия минерализации сопровождается окварцеванием, серицитизацией, пиритизацией и огипсованием вмещающих пород.

Кварц-карбонатная стадия минерализации представлена маломощными (1—4 *см*) прожилками. Кварц обычно представлен мелко-среднезернистыми агрегатами, которые цементируются и замещаются массивным сахаровидным карбонатом. Последний представлен главным образом анкеритом и доломитом.

Гипсовая стадия минерализации представлена серовато-желтыми прожилками гипса мощностью от 2—3 до 5—10 *см*. Иногда гипсовая минерализация образует небольшие гнезда.

Кварц-карбонатная и гипсовая стадии минерализации являются завершающими гидротермальный процесс рудообразования.

Изучение характера распространения оруденения показывает, что продукты различных стадий минерализации размещены в рудном поле неравномерно. По-видимому, этим можно объяснить отсутствие кор

реляционных связей между рудными компонентами на различных участках штокверкового оруденения.

2. Минеральный состав руд

Руды Техутского месторождения характеризуются довольно сложным минеральным составом. В них к настоящему времени установлен 51 минеральный вид, из коих 35—гипогенные (рудные и жильные), а 16—гипергенные. Они по степени распространенности подразделяются на главные, второстепенные и редкие (табл 1).

Среди рудных минералов широко развитыми являются пирит, молибденит и халькопирит, из которых промышленную ценность представляют молибденит и халькопирит. Из жильных минералов большое распространение и важное поисковое значение имеют кварц и ангидрит. Многие рудные и жильные минералы в гидротермальном процессе проявляются неоднократно в различных стадиях минерализации и в нескольких генерациях (рис. 1), что устанавливается парагенетическими ассоциациями минералов, их структурными особенностями, формами выделения и характерными элементами-примесями.

Минералы руд описаны с различной детальностью, в зависимости от их значения, распространенности, научного и практического интереса.

Молибденит является одним из главных и промышленно ценных минералов руд. На месторождении имеет широкое распространение и представлен несколькими генерациями. Обычно молибденит встречается в кварц-сульфидных жилах и прожилках, редко отмечается вкрапленность пластинчатых агрегатов в сильно гидротермально измененных—серицитизированных, окварцованных, каолинизированных вмещающих породах.

Таблица 1

Минеральный состав руд Техутского медно-молибденового месторождения

Распространенность минералов	Гипогенные минералы		Гипергенные минералы
	Рудные	Жильные	
Главные	Молибденит Халькопирит Пирит	Кварц Ангидрит Анкерит Кальцит Гипс Серицит Каолинит Гидрослюда	Лимониты Халькозин Борнит Ковеллин Малахит Гетит Бирюза Тенорит
Второстепенные	Сфалерит Галенит Висмутин Пирротин Халькозин Ковеллин Борнит Тетраэдрит Магнетит Гематит Рутил	Хлорит Эпидот Доломит Ломонтит Десмин Гейландит	Азурит Гидрогетит Хризоколла Ферримолибдит Псиломелан-вад
Редкие	Энаргит Люцонит Виттихенит Самород. золото	Филлипсит Морденит	Самород. медь Куприт Галлуазит

Наиболее ранняя и широко распространенная генерация молибденита отмечается в рудах кварц-молибденитовой стадии минерализации. Здесь молибденит представлен в виде средне-мелко- и тонкочешуйчатых агрегатов, лишь редко крупночешуйчатых, розетковидных разностей, где размеры пластинок достигают 1,5×1,0 *см*. Сравнительно крупночешуйчатые разности молибденита обычно отмечаются в жильных образованиях, где его пластинчатые выделения в виде тонких оторочек приурочены к зальбандовым участкам жил. Пластинки молибденита в этом случае растут преимущественно перпендикулярно к плоскостям зальбандов. Широко распространен молибденит в маломощных (1,0—1,5 *см*) кварц-молибденитовых и мономинеральных молибденитовых прожилках, где обычно он представлен средне- и мелкочешуйчатыми агрегатами (рис. 6*а*) в ассоциации мелких и редких выделений пирита и халькопирита. В рудах этой стадии минерализации часто встречаются также прожилки полосчатого и микробрекчиевого строения. Нередко тонкие полосчатые прожилки состоят из «черного» кварца, цвет которого обусловлен густой, тонкой микроскопической вкрапленностью—сыпью чешуек молибденита (рис. 6*б*). Содержание молибденита в пробах «черного» кварца достигает 2,5—3,0%.

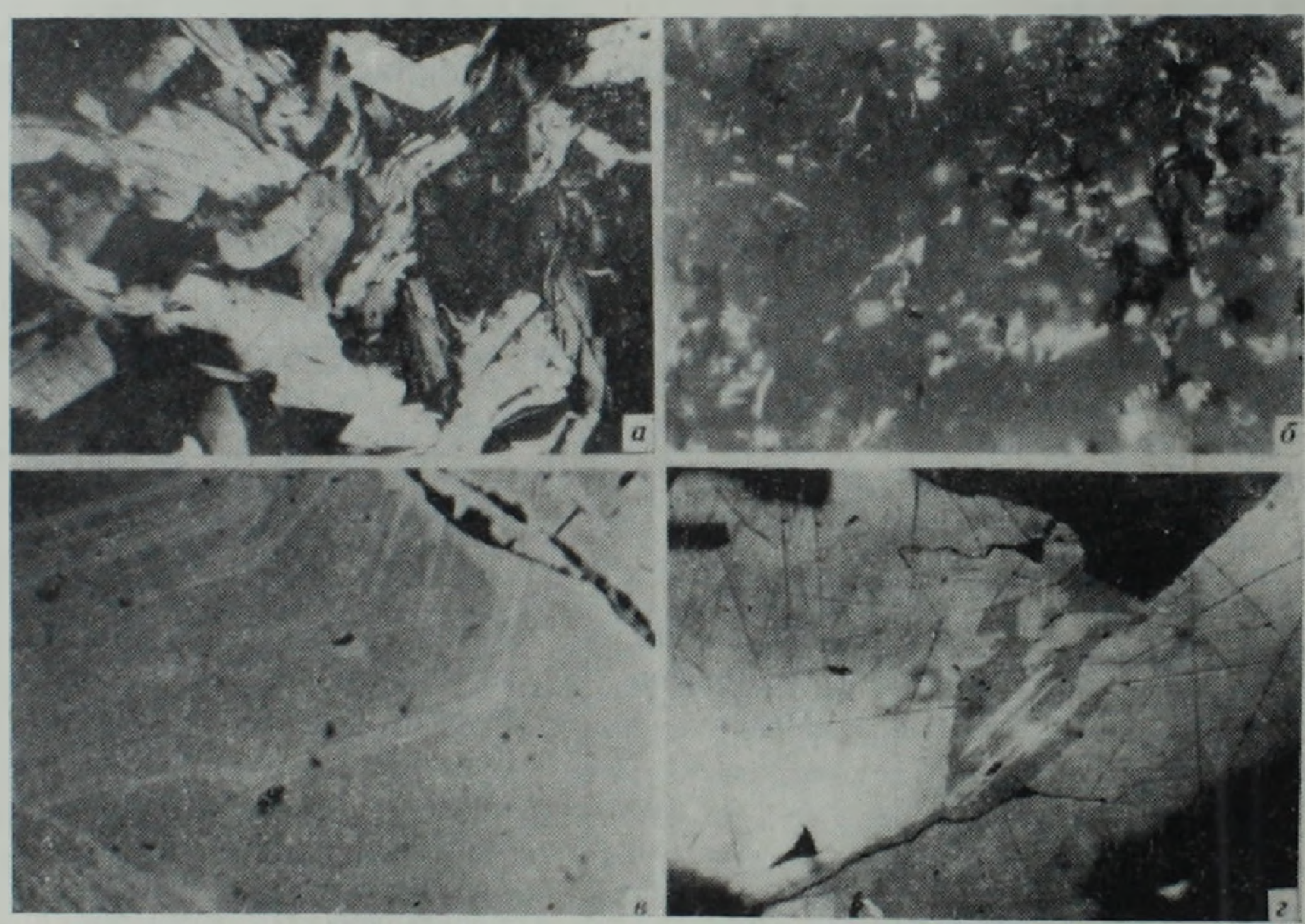

Рис. 6. Микрофото полированных шлифов. *а*—Розетки молибденита в кварце. Ув. 60×. *б*—Тонкочешуйчатые агрегаты молибдена (белое) в «черном кварце» (серое). Ув. 210×. *в*—Многоугольники роста метакристаллов пирита. Выявлено травлением. Ув. 60×. *г*—Пластинчатые выделения висмутина (белое) в срастании с виттихенитом (серое) в полях халькопирита (светло-серое) Ув. 210×.

Сравнительно ограниченным распространением пользуется вкрапленная форма выделений молибденита во вмещающих породах. Обычно мелкочешуйчатая вкрапленность молибденита приурочена к сильно гидротермально измененным породам, развитым около мощных рудоносных структур—жил и прожилковых зон.

На основании структурных взаимоотношений отмечается следующая последовательность выделения минералов: кварц-пирит-молибденит-халькопирит.

В молибденитах кварц-молибденитовой стадии минерализации химическими и пробирными анализами установлены в *г/т*: Re от 32,0 до 740,0, в среднем 230; Se до 120,0, в среднем 49,0; Te—не обн.; Bi до

11,0, в среднем 3,0; Ge 1,0—4,0, в среднем 2,0; Au—не обн.; Ag 1,0—8,0, в среднем 3,0.

Следующая генерация молибденита приурочена к рудам кварц-пиритовой стадии минерализации, где он представлен средне—мелкочешуйчатыми агрегатами, рассеянными в кварц-пиритовых прожилках. Молибденит также отмечается в виде извилистых мономинеральных прожилков, пересекающих массивные и линзоподобные образования пирита. В этой стадии минерализации молибденит встречается в парагенезисе с пиритом и кварцем, выделяясь из растворов последним. Молибденит этой генерации имеет ограниченное развитие, и его роль в составе промышленных руд подчиненная.

Поздняя генерация молибденита развита в кварц-ангидрит-пирит--халькопирит-молибденитовой стадии минерализации. Молибденит представлен мелкочешуйчатыми агрегатами (в кварц-сульфидных прожилках, линзоподобных телах), интерстиции которых выполняются халькопиритом. Молибденит этой генерации играет определенную роль в формировании промышленных руд. Мельчайшие и редкие выделения молибденита отмечаются также в рудах кварц-ангидрит-халькопиритовой стадии минерализации.

Рентгеноструктурными исследованиями[1] изучены 37 проб молибденита, отобранных из руд различных минеральных типов. Установлено, что все изученные молибдениты (выполнено более 100 определений) полностью принадлежат к гексагональному, сравнительно высокотемпературному политипу 2H.

Халькопирит является одним из главных и промышленно ценных минералов руд. На месторождении имеет широкое распространение и встречается в различных генерациях во многих стадиях минерализации.

Наиболее ранняя генерация халькопирита отмечается в рудах кварц-молибденитовой стадии, где его редкие и мелкие включения отмечаются в ассоциации с молибденитом, пиритом и кварцем. Следующая генерация халькопирита отмечается в рудах кварц-пиритовой стадии минерализации. Здесь его редкие и мельчайшие оваловидные и неправильные выделения находятся в полях аллотриоморфнозернистых агрегатов пирита. Часто в ассоциации с этими выделениями халькопирита устанавливаются мельчайшие сростки пирротина.

Самое широкое распространение халькопирит имеет в кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой ассоциациях минералов. Именно руды этих стадий минерализации являются продуктивными в отношении медного оруденения. Халькопирит в этих стадиях минерализации развит в маломощных жилах, прожилках, вкрапленностях и в виде небольших гнездовидных тел. Как правило, образует ксеноморфные выделения, выполняя интерстиции кварца, пирита, иногда молибденита. Выделяясь из растворов после пирита, выполняет тонкие прожилки и трещиноватости зерен пирита, метасоматически замещая его агрегаты.

В ассоциации с халькопиритом в рудах из жильных минералов встречаются кварц и ангидрит, а из рудных—пирит, молибденит, магнетит, гематит, рутил, очень редко висмутин и сульфовисмутиты.

Поздняя генерация халькопирита проявляется в рудах кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии минерализации. Здесь халькопирит развивается в маломощных сульфидных прожилках, выполняя интерстиции шестоватого кварца и часто нарастая на монокристаллические индивиды сфалерита. Нередко халькопирит образует небольшие (2—3*мм*) монокристаллы, растущие в друзовых пустотах, иногда выполненных белым или розоватым кальцитом. В срастаниях с халькопиритом встречаются микроскопические включения борнита, халькозина, ковеллина, висмутина, виттихенита, эмплектита и тетраэдрита. Кроме ксеноморфных и монокристаллических выделений,

[1] Рентгеноструктурные исследования молибденитов выполнены в лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян.

халькопирит образует эмульсионную вкрапленность в сфалерите. Халькопирит выделяется после кварца, ангидрита, пирита, сфалерита и до висмутина, сульфосолей висмута и блеклой руды.

Спектральными анализами в халькопирите установлены примеси Mo, Zn, Pb, Bi, Sn, Ag, Sb, Ni, Co. Химическими и пробирными анализами определены следующие элементы (в *г/т*): Se—32,0, Te—4,0, Bi—260,0, Au—0,1, Ag—14,0.

Пирит является одним из самых распространенных рудных минералов месторождения. Редкие включения пирита встречаются в безрудных кварцевых жилах и прожилках. Значительно шире мелкая вкрапленность пирита развита в гидротермально измененных вмещающих породах. Наибольшим развитием пирит пользуется в рудах кварц-пиритовой стадии минерализации, где он представлен главным образом в виде пентагон-додекаэдрических кристаллов, обычно крупнокристаллических выделений, размеры которых достигают 1,5—2,0 *см* с хорошо выраженной зональностью роста (рис. 6 *в*).

Небольшое развитие пирит имеет в прожилках кварц-молибденитовой стадии минерализации, где отмечается в виде мелких кристаллических агрегатов, выделившихся в кварц-молибденитовых прожилках и жилах до образования чешуйчатых скоплений молибденита.

Сравнительно широко распространен пирит в рудах кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой стадий минерализации, где он является одним из ведущих минералов. Обычно аллотриоморфнозернистые агрегаты пирита катаклазированы, цементируются или метасоматически замещаются халькопиритом и молибденитом.

Поздняя генерация пирита связана с рудами кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии минерализации, где его крупнозернистые выделения представлены в виде идиоморфных кристаллов гексаэдрического габитуса. В полосчатых прожилках этой стадии минерализации пирит, как правило, занимает внешние, призальбандовые участки, указывая на его раннее выделение из гидротермальных растворов по сравнению с ассоциирующими с ним минералами—сфалеритом, халькопиритом, карбонатом, висмутином.

Спектральными, химическими и пробирными анализами установлено, что различные генерации пирита отличаются содержаниями и набором элементов-примесей. Так, например, пирит из кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии характеризуется большим набором элементов и сравнительно повышенными содержаниями цинка, серебра, мышьяка, сурьмы, висмута, а пирит из кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой стадии—повышенными содержаниями никеля, кобальта и меди.

Сфалерит является одним из главных минералов кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии; в этой ассоциации встречаются также тетраэдрит, галенит, борнит, халькозин, висмутин, виттихенит и эмплектит. Обычно сфалерит распространен в прожилках симметрично-полосчатого строения, где он в виде небольших (2—3 *мм*) монокристаллов нарастает на гребенчатый кварц или гексаэдрические метакристаллы пирита. С халькопиритом сфалерит образует структуры взаимных прорастаний. Грани монокристаллических выделений сфалерита обычно покрыты характерной тетраэдрической штриховкой, указывающей на сравнительно спокойные условия роста кристаллов. Цвет сфалерита обычно темный, темно-бурый, однако встречаются и более светлые разности медово-желтых оттенков. При изучении распределения сфалерита в прожилках заметно, что более светлые разности тяготеют к внутренним участкам, а смена темноокрашенных выделений светлоокрашенными происходит постепенно. Часто поля сфалерита усеяны тонкой эмульсионной вкрапленностью халькопирита, образованного в результате распада твердого раствора. Нередко встречаются также пластинчатые и веретенообразные выделения халь-

копирита, которые развиваются и замещают сфалерит по трещинкам спайности кубической симметрии.

Спектральными, химическими и пробирными анализами в сфалеритах установлены примеси: Cu, Pb, Sb, Bi, As, Ag, Cd, Ga, Se, Te, Au (следы).

Галенит встречается редко и только в рудах кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии минерализации, в виде мельчайших выделений (до 1—2 *мм*) в срастаниях с халькопиритом, сфалеритом, тетраэдритом и минералами висмута.

Пробирными анализами в галените установлены Au, Ag.

Висмутин установлен в рудах кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой и кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадий минерализации в виде идиоморфных, удлиненных, игольчатых, пластинчатых кристаллов и зернистых агрегатов в тесной ассоциации с халькопиритом, пиритом, сфалеритом, тетраэдритом, галенитом, виттихенитом, эмплектитом (рис. 6 *г*). Размеры выделений висмутина не превышают десятых долей миллиметра. Обычно в срастаниях с халькопиритом совместно с висмутином отмечаются мельчайшие реакционные выделения эмплектита и виттихенита, образование которых обусловлено взаимодействием висмутсодержащих растворов с халькопиритом.

Игольчатые кристаллы висмута встречаются в ассоциации с белым или розовым кальцитом, выполняющим друзовые пустоты кварц-карбонат-халькопирит-сфалеритовых прожилков.

Висмутин подтвержден данными рентгеноструктурного анализа (табл. 2).

Пирротин установлен в виде оваловидных, мелких выделений размерами в тысячные и сотые доли миллиметра и пойкилитовых включений в грубозернистых агрегатах пирита кварц-пиритовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой стадий минерализации. В срастаниях с пирротином часто отмечаются мельчайшие выделения гипогенного борнита и халькопирита.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния висмутина*

I	d_a/n	I	$d_г/n$	I	$d_г/n$
6	3,67	2	2,500	9	1,755
10	3,14	2	2,345	1	1,684
6	2,83	1	2,283	8	1,580
2	2,69	3	2,156	7	1,510
2	2,586	2	1,914	5	1,405

* Анализ выполнен в рентгеноструктурной лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: излучение Fe, шарик, экспоз. 12.

Борнит, халькозин и ковеллин встречаются в ассоциации с пиритом, халькопиритом, пирротином, висмутином. Мельчайшие выделения борнита редко отмечаются в жильном кварце, где он представлен в виде тесных срастаний с халькозином и ковеллином.

Тетраэдрит установлен в рудах кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой и кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадий минерализации в срастаниях с халькопиритом, пиритом, сфалеритом. Тетраэдрит образует структуры взаимных прорастаний с халькопиритом, а нередко метасоматически замещает его.

Спектральными и пробирными анализами в тетраэдрите установлены высокие содержания цинка (до 7,0%), что, по-видимому, обусловлено как механической примесью сфалерита, так и вхождением Zn^{2+} в структуру тетраэдрита с образованием цинкистой разновидности—зандбергита. Кроме того спектральными и пробирными анализами установлены примеси As (1,15%), Bi (0,39), Cd (0,18%), Pb (0,037%), Au (2,8 *г/т*) и Ag (1660 *г/т*).

Энаргит и люцонит встречаются редко и только в рудах поздних стадий минерализации, в ассоциации с халькопиритом, борнитом и сфалеритом. Выделения этих минералов представлены в виде тонких прожилков, каемок, развитых в зернистых агрегатах халькопирита, тетраэдрита и сфалерита. Размеры выделений энаргита и люцонита не превышают сотых долей миллиметра в поперечнике.

Виттихенит и эмплектит встречаются в продуктах поздних стадий минерализации в ассоциации с халькопиритом, висмутином, борнитом, сфалеритом, энаргитом и люцонитом. Размеры их выделений составляют сотые и тысячные доли миллиметра, редко достигая десятых долей.

Образование этих минералов связано с взаимодействием висмутсодержащих растворов с халькопиритом, где вокруг последнего отмечаются реакционные каемки виттихенита и эмплектита. В табл. 3 приведена рентгенограмма виттихенита с примесью эмплектита.

Таблица 3

Межплоскостные расстояния виттихенита*

I	d_α/n	I	d_α/n	I	d_α/n
7	3,12	6	1,91	3р	1,411
10ш	2,86	7	1,824	3	1,265
7	2,04	7ш	1,752	3	1,232
4	2,43	7	1,685	3р	1,201
4	2,29	3	1,590	3	1,160
4	2,20	5	1,516	3	1,082
5	2,01	8	1,454	4	1,021

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: Cu_2 шарик, экспозиция 12.

Самородное золото отмечается в аллювиальных отложениях в виде редких знаков. Кроме того в штуфных пробах поздних стадий минерализации пробирными и атомно-абсорбционными анализами установлено золото, что, по-видимому, обусловлено наличием в рудах тонкодисперсного, субмикроскопического самородного золота.

Магнетит и гематит в виде мелких включений установлены в рудах ранних стадий минерализации в срастаниях с кварцем, пиритом, халькопиритом и молибденитом. Они развиты также в виде вкрапленности во вмещающих породах.

Рутил встречается в околожильных измененных породах и прожилках кварц-пиритовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой стадий минерализации. Он представлен в виде мелких скоплений в ассоциации с кварцем, пиритом и халькопиритом.

Жильные минералы руд представлены кварцем, карбонатами (анкерит, доломит, кальцит), ангидритом, гипсом, серицитом, цеолитами и др. Среди жильных минералов наибольшим распространением пользуются кварц, карбонаты, ангидрит и гипс.

Кварц представлен в виде жильного выполнения и метасоматического образования. Рудная минерализация ассоциирует с кварцем обоих типов, однако большая роль в рудоносности принадлежит кварцу первого типа. На месторождении выделяются многочисленные генерации кварца, отличающиеся парагенезисом минералов, агрегатным состоянием и примесями; небольшим развитием пользуется скрытокристаллическая разновидность кварца—халцедон.

Ангидрит представлен в виде крупнокристаллических агрегатов фиолетово-сиреневого цвета в безрудных, иногда довольно мощных жилах и прожилках, а также небольших гнезд в рудах. Химический анализ ангидрита показал следующий состав (в %): CaO—40,36, SO_3—57, 43, нерастворимый остаток—1, 22, сумма—99,01. Спектраль-

ными анализами в ангидритах обнаружены следующие элементы-примеси (в %): Ni, Co, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Sr, It, Ib La. Ангидрит подтвержден рентгеноструктурными анализами.

Карбонаты. Среди карбонатов наиболее распространенными являются анкерит и кальцит. Доломит встречается реже и главным образом в кварц-карбонатных прожилках и гидротермальных метасоматитах. В табл. 4 приведены результаты химического анализа кальцита.

Таблица 4

Результаты химического анализа кальцита

№№ п/п	CaO	MgO	CO_2	Влага	Сумма	Аналитик
1	53,04	1,98	41,80	0,20	97,02	Тунянц Р.
2	53,04	0,99	43,05	0,09	87,17	—„—

Гипс—широко распространенный минерал в продуктах наиболее низкотемпературной стадии минерализации. Встречается в виде прожилков мощностью до 3—4 *см*, небольших гнезд и метасоматических образований. Химический анализ показал следующий состав (в %): CaO—31,26, SO_3—44,34, H_2O—20,12, нераств. ост.—3,48, сумма 99,20.

Серицит имеет широкое распространение в рудах. Образуется в результате гидротермального изменения вмещающих пород, в предрудную стадию, а также синхронно с образованием руд различных стадий минерализации, где его количество в сильно гидротермально измененных породах достигает 50—60%.

Гидрослюда встречается в сильно гидротермально измененных породах в ассоциации с серицитом, каолинитом, мусковитом в виде чешуйчатых, листоватых, жирных на ощупь, агрегатов светло-зеленого цвета. Рентгеноструктурными исследованиями зеленоватая гидрослюда определена как гидромусковит политипа $2M_1$.

Цеолиты довольно широко распространены в рудных зонах. Они образовались главным образом в результате метасоматических процессов около прожилков кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритового и кварц-карбонатного состава во внешней зоне метасоматической колонки, после кварц-серицитовых метасоматитов. Интенсивность цеолитизации в метасоматитах зависит от мощности кварц-сульфидного прожилка, около которого развивается цеолитизация.

Цеолиты встречаются также в виде самостоятельных прожилков, которые образуются, по-видимому, в средне-низкотемпературные стадии гидротермального процесса. Из группы цеолитов в рудах определены ломонтит, гейландит, филлипсит, морденит, десмин, которые подтверждены рентгеноструктурными исследованиями.

Каолинит и монтмориллонит встречаются в гидротермально измененных породах как результат метасоматоза рудовмещающих пород.

Эпидот и хлорит встречаются в эпидот-хлоритовых метасоматитах, развитых, главным образом, за счет вулканических пород.

Гипергенные минералы развиты в зоне окисления и вторичного сульфидного обогащения и образовались за счет разложения и переотложения гипогенных руд месторождения. В зоне окисления месторождения гипергенные минералы представлены окислами, гидроокислами, карбонатами, сульфатами, фосфатами, молибдатами и самородными элементами. Наиболее широко развитыми минералами являются: лимонит, гетит, гидрогетит, бирюза, халькозин, ковеллин, борнит; редко встречаются—тенорит, куприт, самородная медь, ферримолибдит, хризоколла, азурит, малахит, галлуазит.

При изучении кернового материала буровых скважин на Центральном участке месторождения над шт. 2 была выявлена зона вторичного сульфидного обогащения. По имеющимся данным, эта зона начинается от поверхности на глубине 25—30 *м* и прослеживается до 55—65 *м*. По данным скважины 32—К, зона начинается с глубины 33,5*м*

от поверхности и прослеживается до 51,5 *м* Результаты опробования этой скважины показали высокие содержания меди—от 0,8 до 2,35%. Выявленная достаточно мощная зона вторичного сульфидного обогащения имеет определенный интерес и расширяет перспективы медного оруденения.

Руды месторождения характеризуются большим многообразием структурно-текстурных рисунков, что обусловлено сложностью процессов рудообразования, сопровождающихся обычно неоднократным наложением последовательных стадий минерализации.

Среди текстур руд широко развитыми являются: массивная, вкрапленная, прожилковая, полосчатая, пятнистая, брекчиевая, реликтовая, кокардовая, разъедания, пересечения. Часто встречающимися структурами руд являются: идиоморфнозернистая, радиально-лучистая, друзовая, замещения, ветвистая, зональная, распада твердых растворов.

Руды образовались в результате проявления восьми последовательных стадий минерализации, среди которых продуктивными в отношении меди и молибдена являются кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая.

Минеральный состав руд, парагенетические ассоциации минералов, многостадийность рудообразующего процесса, характер метасоматических изменений позволяют Техутское месторождение отнести к типу медно-молибденовой порфировой формации руд, образование которых происходило в условиях средних температур (320—170°С) и умеренных глубин.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 21.V.1987.

Շ. Հ. ԱՄԻՐՅԱՆ, Գ. Հ. ՓԻՋՅԱՆ, Ա. Ս. ՖԱՐԱՄԱԶՅԱՆ

ԹԵՂՈՒՏԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼԱՑՄԱՆ ՓՈՒԼԵՐԸ ԵՎ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ

Ամփոփում

Թեղուտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրն ուսումնասիրվում է երկար տարիներ, սակայն մանրակրկիտ մինեալոգիական և երկրաքիմիական հետազոտություններ կատարվել են սկսած 1978 թ.՝ ՀՍՍՀ ԳԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի կողմից։ Այդ ժամանակից սկսած հոդվածի հեղինակները զբաղվել են հանքադաշտի և հատկապես Կենտրոնական տեղամասի հանքանյութերի մինեալային կազմի, երկրաքիմիայի, հանքավայրի առաջացման պայմանների և հանքանյութերի տեղաբաշխման օրինաչափությունների մանրամասն ուսումնասիրությամբ։ Սույն հոդվածում ամփոփված են հանքանյութերի մինեալային կազմի ու մինեալացման փուլերի ուսումնասիրման արդյունքները։

Թեղուտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրն առաջացել է բարդ ֆիզիկա-քիմիական պայմաններում։ Հանքայնացումն իրենից ներկայացնում է ճեղքառաջացման և հաջորդական մինեալառաջացման պրոցեսների մի ամբողջություն։

Հանքանյութերի մինեալային կազմի, նրանց ստրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների ու հասակային փոխհարաբերությունների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հանքայնացման պրոցեսներն ընթացել են մի շարք հաջորդական մինեալառաջացման փուլերով՝ քվար-

ցային քվարց-մոլիբդենային, քվարց-պիրիտային, քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտ-մոլիբդենիտային, քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտային, քվարց-կարբոնատ-պիրիտ-խալկոպիրիտ-սֆալերիտային և ոչ հանրաբեր՝ քվարց-կարբոնատային և գիպսային։ Պղնձի և մոլիբդենի կուտակումներ առաջացնելու տեսակետից կարևոր նշանակություն ունեն քվարց-մոլիբդենային, քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտ-մոլիբդենային և քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտային միներալացման փուլերը։

Հանքառաջացման բոլոր փուլերն էլ ուղեկցվել են ներփակող ապարների ջրաջերմային փոփոխություններով՝ քվարցմամբ, սերիցիտացմամբ, կաոլինիտացմամբ, քլորիտացմամբ, կարբոնատացմամբ, ցեոլիտացմամբ։

Միներալային փուլերի հանքանյութերը ներկայացված են երակներով, երակիկներով, բներով ու ցանավոր ներփակումներով, որոնք առաջացնում են հանքայնացման երակիկա-ցանավոր (շտոկվերկային) տիպը։

Թեղուտի հանքանյութերը բնորոշվում են միներալային բարդ կազմով. հայտնաբերված են 51 միներալային տեսակներ, որոնցից 35-ը հիպոգեն են, այդ թվում՝ բնածին մետաղներ, սուլֆիդներ, սուլֆաաղեր, օքսիդներ, կարբոնատներ, սուլֆատներ, սիլիկատներ։ Ամենատարածված և գլխավոր միներալներն են՝ մոլիբդենիտը, պիրիտը, խալկոպիրիտը, խալկոզինը, կովելինը, բորնիտը, քվարցը անհիդրիտը, կալցիտը, անկերիտը, գիպսը, սերիցիտը կաոլինիտը, փնրուզը։ Հազվադեպ հանդիպող միներալներն են՝ բիսմուտինը, լյուցոնիտը, վիտիխենիտը, էմպլեկտիտը, էնարգիտը, տետրահեդրիտը, բնածին ոսկին ու պղինձը։

Հիպոգեն միներալներից մոլիբդենիտը, պիրիտը, խալկոպիրիտը, քվարցը, կալցիտը, անհիդրիտը ներկայացված են մի քանի գեներացիաներով, որոնք միմյանցից տարբերվում են միներալային ասոցիացիաներով, անջատման ձևերով, խառնուրդ-տարրերի պարունակություններով, օպտիկական առանձնահատկություններով և այլն։

Հիպոգեն միներալների օքսիդացման շնորհիվ երկրորդային սուլֆիդային հարստացման գոտում առաջացել են հիպերգեն միներալներ՝ խալկոզին, կովելին, բորնիտ, որոնք բնորոշվում են պղնձի բարձր պարունակություններով։ Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ երկրորդային սուլֆիդային գոտին ունի 18—20 մ հզորություն և պարունակում է 1,5—2 տոկոս պղինձ։

Հանքանյութերին բնորոշ է ստրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների բազմազանությունը։ Տեքստուրաների մեջ գերակշռող են երակիկա-ցանավոր, շերտավոր, բծավոր,ներփակումային, բեկորային տիպերը։ Ամենատարածված ստրուկտուրաներն են՝ հատիկայինը, թերթայինը, թեփուկավորը, ճառագայթայինը, տեղակալմանը և տրոհմանը։

Հանքանյութերի միներալային կազմի, նրանց առաջացման պայմանների ու ստրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հանքավայրը պատկանում է պղինձ-մոլիբդենային պորֆիրային ֆորմացիոն տիպին, որն առաջացել է միջին ջերմաստիճանային և չափավոր խորության պայմաններում։

Sh. H. AMIRIAN, G. H. PIDJIAN, A. S. FARAMAZIAN

MINERALIZATION STAGES AND ORES MINERALS OF TEGHUT ORE DEPOSIT

A b s t r a c t

The mineralization process development by stages, mlueral paragenesises and minerals typomorphic pecularities are considered. It is esta-

blished, that ore formation has taken place during 8 stages of mineralization, among which for molybdenum and copper productiveness the following ones are important: quartz-molybdenitic, quartz-anhydrite-pyrite-chalcopyrite-molybdenitic and quartz-anhydrite-pyrite-chalcopyritic. By its mineral composition and mineralization character the Teghut ore deposit belongs to the porphyry copper-molybdenum ore formation.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акопян М. С., Мелконян Р. Л., Пароникян Б. О.* К вопросу генезиса Техутского медно-молибденового месторождения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 6, с. 38—43.
2. *Асланян А. Т., Гулян Э. Х., Пиджян Г. О., Амирян Ш. О., Фарамазян А. С., Овсепян Э. Ш., Арутюнян С. Г., Галстян Х. Г.* Техутское медно-молибденовое месторождение.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, № 5, с. 3—24.
3. *Кекелия С. А., Чичинадзе Л. Л., Старостин В. И.* Геолого-структурные особенности локализации медно-порфирового оруденения в колчеданоносной провинции.—Геол. рудн. м-ний, 1985, № 1, с. 71—79.
4. *Сейранян В. Б. Саркисян С. Ш.* Новый тип медно-молибденового оруденения в Сомхето-Карабахской зоне (Малый Кавказ).—Сов. геология, 1977, № 8, с. 77—82.

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, XL, № 4, 44—51, 1987

УДК: 551.343.4

Р. П. МАРТИРОСЯН, С. А. ПИРУЗЯН

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

Анализируя существующие экспериментальные и теоретические методы сейсмического микрорайонирования (СМР), рассматриваются возможности учета остаточных деформаций мягких грунтов и взаимодействия фундамента сооружения с основанием при сильных землетрясениях.

Сделана практическая рекомендация о том, что для определения реального сейсмического воздействия, задачи сейсмостойкости сооружений и СМР следует решать совместно, с учетом взаимодействия между фундаментом сооружения и его основанием. Это означает, что при выполнении СМР, особенно для площадок ответственных сооружений, целесообразно использовать спектры реакций, построенные с учетом неупругих деформаций грунтов и фактора взаимодействия.

Существуют две группы методов сейсмического микрорайонирования (СМР)—эмпирические и теоретические.

В настоящее время основными приемами СМР первой группы методов являются инструментальные исследования слабых землетрясений, сейсмовзрывных волн или микросейсм. При этом для определения приращения сейсмической балльности сравниваются спектральные характеристики и параметры колебания (амплитуда, ускорение, скорости, смещения и др.) поверхностных слоев и подстилаемых скальных пород, или же исследуемых и эталонных грунтов [8, 11].

Идеалом инструментального сейсмомикрорайонирования было бы получение и анализ записей и инженерных спектров сильных и разрушительных землетрясений [8, 12]. Сопоставление спектров для различных точек районируемой площади позволило бы дать оценку приращения интенсивности землетрясения в зависимости от локальных грунтовых ускорений. Однако эта задача практически трудно решима, поскольку сильные землетрясения происходят редко—один раз в течение десяток и сотен лет. Поэтому в последние годы интенсивно разви-