

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Ш. О. АМИРЯН

О ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ РУД ОДНОГО
ИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Описываемое золоторудное месторождение находится в Армянской ССР. Оно представлено несколькими зонами оруденения широтного—северо-западного простирания, главным образом с южным крутым падением, среди измененных габбро, габбро-перидотитов, перидотитов, серпентинитов и вулканогенно-осадочных пород. Зоны оруденения прослеживаются по простиранию на несколько километров, при мощности от нескольких метров до десятков метров. Контролируются эти тектоническими разломами, представляющими собой зоны брекчирования или интенсивной трещиноватости. В пределах этих зон размещены жильные, гнездовидные и линзовидные кварцеворудные тела.

Месторождение характеризуется весьма своеобразным вещественным составом руд, что обусловлено многократностью рудного процесса.

На основании изучения рудных тел и их пространственного взаимоотношения в забоях выработок, минералогического состава, текстурных и структурных взаимоотношений на штуфных образцах и в шлифах, автором выделяется несколько стадий минерализации:

1. Дорудная кварцевая
2. Кварц-пирит-арсенопиритовая
3. Кварц-карбонат-сульфидная (золотоносная)
4. Кварц (халцедоновидный)-карбонат-золоторудная (с Ag, Bi и Te)
5. Кварц-карбонат сульфоантимонитовая
6. Кварц-карбонатная безрудная

Каждая стадия оруденения обособлена во времени и частично пространственно, что подтверждается;

а) полосчатым строением рудных жил, где отдельные полосы сложены минеральными агрегатами отдельных стадий и часто отделены тектоническими швами с тонкой глиной, содержащей минеральное вещество предыдущих стадий;

б) пересечением жил и прожилков, сложенных минеральными агрегатами различных стадий. Брекированием сцементированием агрегатов ранних стадий последующими.

Схема

последовательности выделения минералов

Минералогический состав	Стадии минерализации					
	I Дорудная кварцевая	II Кварц-пирит-арсенопиритовая	III Кварц-карбонат-сульфидная	IV Кварц-карбонат-золоторудная (с Ag, Bi, Te)	V Кварц-карбонат-сульфоантимонитовая	VI Кварц-карбонатовая безрудная
Кварц						
Хлорит						
Серицит						
Хромит*						
Ильменит*						
Магнетит*						
Рутил*						
Гематит*						
Пектландит*						
Пиррртин*						
Пирит						
Арсенопирит						
Халькопирит						
Блеклые руды						
Сфалерит						
Галенит						
Маркозит						
Линнеит						
Полидимит						
См-хлоантит						
Кобальтин*						
Леллингит						
Герсдорфит						
Глаукодит						
Никелин*						
Раммельсбергит*						
Миллерит*						
Золото						
Тетрадимит						
Алтайт						
Гессит						
Летцит						
Калаверит						
Сильванит						
Мелонит						
Теллуровисмутит						
Станнин						
X ₁						
X ₂						
X ₃						
Антимонит						
Гурнонит						
Буланжерит						
Джемсонит						
Кальцит						
Анкерит						
Сидерит						
Родохрозит						
Халцедон						
X ₄						
X ₅						

* Эти минералы встречаются редко и появление их связано с переотложением Sn, Te, Fe, Ni, связанных с вмещающими породами

Пространственное разобщение стадий рудоотложения на месторождении осложняется наложением их друг на друга в результате повторных приоткрываний ранних трещин; вследствие этого наблюдается совмещение минеральных агрегатов различных стадий.

Дорудная кварцевая стадия минерализации

К этой стадии мы относим линзы, гнезда, жилы кварца, которые развиваются как в рудных зонах, так и за их пределами, по всему рудному полю. Размер их колеблется до нескольких десятков метров в длину при мощности 0,1—3 м для жил и 0,2—15 м для гнезд и линз. Они сложены почти целиком молочно-белым, массивным, крупнозернистым кварцем.

Кварц-пирит-арсенопиритовая стадия минерализации

Рудные тела представлены жилами до 155—200 м длиной, при мощности 0,01—0,3 м и гнездами, расположенными в пределах тектонических зон дробления.

Под микроскопом руды сложены из зернистых агрегатов пирита и арсенопирита с примесью леллингита. Порядок кристаллизации: пирит-арсенопирит-леллингит. Для этих руд характерны: массивная, вкрапленная и брекчиевая текстуры.

Эти руды практического интереса на Au и Ag не представляют, исключая те участки, где они подверглись воздействию позднейших минерализующих растворов.

Кварц-карбонат-сульфидная (золотоносная) стадия минерализации

На месторождении хорошо развита. Рудные тела развиваются как в основных зонах, так и за их пределами, в габбровых породах. Руды сложены кварцем и карбонатом в сопровождении сульфидов.

Жилы и прожилки в габбровых породах прослеживаются на 400—500 м по простиранию и 300—350 м по падению при мощности 0,5—6 см.

Боковые породы иногда слабо изменены: хлоритизированы, окварцованы, пиритизированы, карбонатизированы, каолинизированы.

Для жил характерны гребенчатые, массивные и полосчатые текстуры. Руды этой стадии сложного состава, в них присутствуют: кварц, карбонаты (кальцит, анкерит, родохрозит, сидерит), родонит, пирит, халькопирит, арсенопирит, марказит, сфалерит, блеклые руды, галенит, пирротин, смальтин-хлоантит, герсдорфит, линнеит, полидимит, кобальтин, станнин, бурнонит, золото, алтаит, гессит, сильванит, петцит.

Пирит один из распространенных минералов этой стадии, представлен как зернистыми агрегатами, так и идиоморфными кристаллами. Пирит выделился первым и замещается: сфалеритом, галенитом, халькопиритом и другими минералами. В полях пирита наблюдаются многочисленные включения золота и теллуридов округлой, овальной, каплевидной формы, размером 0,001—0,01 мм. Кроме включений, они образуют микроскопические прожилочки и выделения неправильной формы в трещинах пирита и интерстициях зерен.

Арсенопирит после пирита второй минерал по распространенности. Встречается в двух генерациях: одна коротко и толстопризматическая, другая низкотемпературная, игольчатая; последняя также представлена радиально-лучистыми агрегатами и зернами, размером 0,01—1 мм.

В местах развития низкотемпературного арсенопирита наблюдаются также выделения марказита в тесном срастании с пиритом, в виде тонко-кристаллических, перьевидных, копьевидных агрегатов и зерен, размером 0,001—0,01 мм.

Сфалерит представлен двумя разновидностями: темной, богатой железом и более светлой. Преобладает темная разновидность.

В темном сфалерите спектральными анализами обнаружены: Cd—3%, In—0,01%, Ag—0,01%, Au—0,01%. Под микроскопом в полях сфалерита наблюдаются эмульсионные включения халькопирита, станина, пирротина.

Халькопирит и *блеклые руды* являются здесь наиболее распространенными минералами. В полях этих минералов наблюдаются включения пирита, арсенопирита, полидимита, золота и других минералов. С другой стороны они замещаются теллуридами и сульфоантимонитами.

Блеклые руды тесно срastaются с халькопиритом, образуют прожилочки в полях его или каймы вокруг полей халькопирита. По-видимому, присутствуют: тетраэдрит, теннантит и фрейбергит (?).

Пирротин тесно ассоциирует с другими сульфидами этой стадии. Почти всегда в срастании с халькопиритом. Образует аллотриоморфно-зернистые агрегаты. Прожилочки и язычки халькопирита очень часты в полях пирротина. Пирротин также содержит включения золота и теллуридов.

Галенит встречается спорадически. Образует идиоморфные кристаллы и ксеноморфные агрегаты, размером 0,03—2 мм. С галенитом срastaется минерал, у которого $R < R$ галенита, но выше R блеклой руды, заметно двуотражающий, анизотропный, светло-серый с зеленоватым оттенком, с низкой твердостью. По всей вероятности является сульфосолю свинца (обозначен индексом X_4).

Линнеит-полидимит образуют идиоморфные выделения и цепочковидные агрегаты, размером 0,0—0,1 мм. Почти всегда замещаются золотом и теллуридами.

R у этих минералов меньше чем R пирита, двуотражения нет, изотропные, линнеит кремово-белого цвета, а полидимит кремово-белый с розовым оттенком. Полируются хорошо. Твердость у них вы-

сокая. Характерны идиоморфные, изометрические выделения кубической сингонии.

Наличие этих минералов подтверждается спектральными анализами, по которым содержание Co и Ni доходит до 0,01—0,03%.

Смальтин-хлоантит представлены мелкими идиоморфными кристаллами и зернистыми агрегатами. Самостоятельные выделения имеют зональную структуру, что хорошо выявляется после травления HNO_3 . Неоднородность этих минералов наблюдается и в иммерсии, где в агрегатах отдельные зерна отличаются оттенками цветов: одни имеют сиреневый оттенок, другие—кремовый.

R у этих минералов выше чем R пирита, двуотражения нет, изотропные, белого цвета, с высокой твердостью. Травятся HNO_3 .

Эти минералы выделялись одновременно с другими арсенидами и сульфидами Co и Ni , из коих в незначительных количествах присутствуют: герсдорфит, кобальтин, никелин, миллерит и раммельсбергит. Из них никелин, миллерит и раммельсбергит в тесном срастании, находятся в гнездовидных телах, в измененных габбро.

Станнин $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ встречается очень редко, в незначительных количествах в той же ассоциации. Образует выделения неправильной формы на краях агрегатов сфалерита и эмульсионные включения в полях последнего. Содержание олова в сфалеритах по спектральным анализам составляет 0,003—0,04%.

Бурнонит $2\text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ встречается в незначительных количествах в ассоциации с сульфидами, а также в пятой стадии минерализации с антимонитом и сульфоантимонитами. Представлен изометрическими выделениями размером 0,05—0,1 мм. В зернистых агрегатах отчетливо наблюдаются пластинчатые, параллельные двойники.

Кварц-карбонат-золоторудная (с Ag , V и Te) стадия минерализации

Эта стадия самая интересная по составу и содержанию золота и серебра. Здесь встречаются следующие минералы: кварц, карбонаты, золото, алтаит, тетрадимит, теллуrowисмутит, мелонит, сиванит, калаверит, гессит, петцит, нагиагит (X_3), X_2 .

Преобладающими являются: тетрадимит, теллуrowисмутит, алтаит, калаверит, нагиагит, золото.

Рудные тела: гнезда, жилы, прожилки, столбы развиваются по зальбандам кварцевых жил и тектонических зон. По простиранию жилы прослеживаются на 100—150 м при мощности 0,1—0,5 м. Размер изометрических тел составляет 0,1—0,5 м в поперечнике, но часто руды этой стадии наложены на другие и пространственно не обособлены.

Золото один из главных компонентов на месторождении и в рудах этой стадии в особенности. Образует различные формы: пластинчатые, изометрические, неправильные, нитевидные, дендритовидные, комковидные и другие.

Размер золотинок варьирует от микроскопических до 1 см^2 для пластинчатых при мощности пластинок $0,05—0,1 \text{ мм}$, до $2—3 \text{ мм}$ для изометрических и до $0,5 \text{ см}$ в длину для удлинённых.

Преобладающим является тонкодисперсное золото. Кроме самостоятельных выделений, золото образует тесные сростания с теллуридами.

Встречаются золотины с различными цветными оттенками: светло-желтые, зеленовато-желтые, красно-желтые и темножелтые, что, по-видимому, обусловлено примесями.

Спектральными анализами в нем обнаружены Ag, Bi, Cu, Fe, Pb, Hg, Co, Ni и другие элементы. Проба золота колеблется в пределах $700—800$.

На верхних горизонтах присутствует также вторичное золото бледно-желтого цвета, большие скопления которого наблюдаются в местах окисления теллуридов. Выделения вторичного золота червеобразные, в виде точек и скоплений различных форм. Золото в виде округлых и чешуйчатых выделений наблюдается и в лимоните.

Таким образом, по форме нахождения в рудах присутствует: а) самородное свободное золото, б) самородное тонкодисперсное золото в сульфидах, в) золото в соединении с Te и Ag и г) вторичное золото, высвобожденное при окислении теллуридов и сульфидов.

Тетрадимит $2\text{Bi}_2\text{Te}_3 \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$ один из распространенных теллуридов. Встречается в виде таблитчато-зернистых и листоватых агрегатов, размером до $1—2 \text{ см}^2$.

В тесном сростании с тетрадимитом находится еще один минерал белого цвета с высокой отражательной способностью, двуотражением, анизотропностью, со спайностью, низкой твердостью, который предварительно определен как теллуровисмутит.

Кроме тетрадимита, на месторождении И. Г. Магакьяном определена сурьмянистая разновидность теллуровисмутита с формулой $\text{Bi}_{10}\text{SbTe}_{17}$.

Мелонит NiTe_2 встречается спорадически. Представлен в виде таблитчатых-листоватых агрегатов розового цвета, в сростании с другими теллуридами.

Имеет высокую отражательную способность, двуотражающий (в розовых тонах), анизотропный (в фиолетовых тонах), розовый, мягкий, но рельеф у него выше чем у остальных теллуридов. Спектральные анализы показали больше 10% Ni и Te.

В тесном сростании с мелонитом присутствует еще один минерал, R которого ниже R мелонита, но выше R пирита. Слабо двуотражающий, анизотропный, мягкий, темно-красно-розового цвета, с плохой полировкой. Травится HNO_3 . Предварительно определен как фробергит (обозначен индексом X_1).

Алтаит PbTe совместно с тетрадимитом, нагнагитом, риккардитом описан Т. А. Твалчрелидзе. Распространенный теллурид в рудах. Встречается в двух ассоциациях: с сульфидами и с другими теллуридами.

Образует ксеноморфные выделения размером 0,01—0,5 мм. Имеет высокую отражательную способность ($R \sim 60\%$), ΔR нет, изотропный, белого цвета, с зеленоватым оттенком, мягкий, со спайностью, иногда с треугольниками выкрашивания, от HNO_3 вскипает. Присутствие подтверждается также микрохимически.

Калаверит AuTe_2 , *сильванит* $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$ описываются здесь впервые. Встречаются в ассоциации с тетрадимитом, золотом, гесситом, петцитом, алтаитом, мелонитом. Представлены чешуйчатыми, листоватыми агрегатами, размер которых составляет 1 см^2 , мощность пластинок 0,005—0,01 мм.

Сильванит встречается также в ассоциации с сульфидами. Присутствие этих минералов подтверждается минераграфическими, микрохимическими и спектральными данными.

На верхних горизонтах за счет них образуется вторичное золото.

Гессит Ag_2Te , *петцит* $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$ встречаются в двух ассоциациях: с сульфидами и с теллуридами. Представлены выделениями изометрической и неправильной формы.

Отражательная способность гессита меньше отражательной способности галенита, но выше R блеклой руды; минерал двуотражающий, анизотропный, серого цвета с коричневым оттенком, мягкий, с пластинчатой сдвойникованностью, от HNO_3 буреет.

У петцита $R < R$ гессита, двуотражение не заметно, изотропный, светлосерый с голубоватым оттенком, мягкий, без спайности, от HNO_3 буреет.

В полях тетрадимита наблюдаются выделения еще двух минералов (обозначены: X_2 и X_3).

У минерала X_2 $R > R$ галенита, двуотражение заметное, сильно анизотропный, светлосерого цвета, мягкий, без спайности, внутренних рефлексов не имеет. Образует выделения неправильной формы. От HNO_3 травится (пильзенит?).

У минерала X_3 R близко к R галенита, двуотражение слабое (в иммерсии), слабо анизотропный, белого цвета, по сравнению с тетрадимитом серый с голубоватым оттенком, мягкий. Образует удлиненные, тонкопризматические выделения. Травится от HNO_3 . Предположительно определен как нагиагит. Спектральные анализы тетрадимита показали высокое содержание свинца, сурьмы.

Кварц-карбонат-сульфоантимонитовая стадия

В минералогическом составе этой стадии участвуют: кварц (водяно-прозрачный), карбонат, антимонит, джемсонит, геокронит, бурнонит, в виде редкой и мелкой вкрапленности пирит, халькопирит. Из вторичных: кермесит, сенормантит, валентинит.

Эти руды образуют жилы и гнезда и секут тела предыдущих стадий. Для них характерны вкрапленные, друзовые текстуры.

Антимонит встречается часто. Представлен идиоморфными крис-

таллами призматической формы и радиально-лучистыми агрегатами. Размер агрегатов 1—3 см, длина шестоватых зерен до 2—3 см. Иногда совместно с водяно-прозрачным кварцем заполняет друзовые пустотки молочно-белого кварца.

Джемсонит $2\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, *геокронит* $5\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ встречаются спорадически. Образуют удлиненные, волосовидные, короткопризматические выделения с ромбическим сечением. Часто они нарастают на агрегаты антимонита или совместно с фукситом заполняют друзовые пустотки кварца.

Отражательная способность у джемсонита больше R блеклой руды, ΔR слабое, анизотропный, белый с зеленоватым оттенком, мягкий, спайность перпендикулярно удлинению заметна хорошо, но иногда не наблюдается. От HNO_3 травится слабо.

Отражательная способность у геокронита ниже чем у джемсонита, двуотражение с трудом заметно в иммерсии, анизотропный, мягкий, светло-серого цвета, наблюдается тонкая сдвойникованность. Травится от HNO_3 .

Спектральными анализами установлены целые проценты Pb, Sb, As.

В ассоциации с этими минералами участвует еще один минерал светлосерого цвета с отражательной способностью около 30—35%, слабым двуотражением, анизотропностью, низкой твердостью, волосовидными выделениями (обозначен индексом X_5). Спектральными анализами в мономинеральной пробе установлены целые проценты Pb, Sb, As и 0,3% Ni.

Кварц-карбонатная безрудная стадия

Безрудные тела сложены кварцем, хальцедоном, кальцитом. Образуют маломощные, невыдержанные прожилки, жилы и секут руды ранних стадий по всевозможным направлениям.

Подводя итог вышеизложенному, можно отметить, что из приведенных шести стадий минерализации по золотоносности важными являются две: кварц-карбонат-сульфидная (золотоносная) и кварц-карбонат-золоторудная (с Ag, Bi и Te). Значение минеральных агрегатов других стадий повышается в связи с наложением на них вышеуказанных стадий.

Золото — Висмут — теллурические руды широко представлены в верхних горизонтах.

Из приведенных минералов (см. список) при комплексной переработке руд практическое значение могут иметь теллуриды, минералы Cu, Sb, As, Au и Ag.

СПИСОК
минералов описываемого месторождения

Первичные минералы				Вторичные минералы	
Рудные		Нерудные		часто встречающиеся	редко встречающиеся
часто встречающиеся	редко встречающиеся	часто встречающиеся	редко встречающиеся		
Хроцит*	Магнетит*	Кварц*	Барит*	Окислы и гидроокислы железа*	Медь самород.*
Пирит*	Ильменит*	Анкерит*	Магнезит**		Куприт*
Арсенопирит*	Гематит*	Кальцит*	Доломит**		Эритрин*
Пирротин*	Кобальтин*	Хальцедон*	Сидерит		Борнит*
Кубанит*	Никелин*	Родонит			Аннабергит*
Сфалерит*	Пентландит*	Родохрозит			Бисмит**
Халькопирит*	Герсдорфит*				Хризопраз**
Бл. руды*	Виоларит*				Диккит**
Марказит*	Галенит*				Брусит**
Линнеит*	Миллерит*				Керолит**
Полидимит*	Раммельсбергит				Сепиолит**
Золото*	Петцит				Заратит**
Тетрадимит*	Наггагит*				Золото
	Висмутин*				Серебро
Золит***	Купровисмутит*				Эммонсит
Гессит	Теллур самородн.*				Балентинит
Алтаит*	Риккардит*				Сенармонтит
Ангимонит*	Леллингит				Кермезит
X ₁	Смальтин				Хрисоколла
X ₂	Бравоит*				
X ₃	Хлоантит				
	Сильванит				
	Калаверит				
	Мелонит				
	Бурнонит				
	Джемсонит				
	Геокронит				
	Станнин				
	Глаукодот				
	Рутил*				
	Теллуrowисмутит				
	X ₄				
	X ₅				

* Минералы определены Г. А. Твалчрелидзе.

** Минералы определены Г. А. Мачабели.

*** Зодит определен И. Г. Магакьяном.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 14.III.1959.

Շ. Հ. ԱՄԻՐՅԱՆ

ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻՑ ՄԵԿԻ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻ ՆՅՈՒԹԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նկարագրվող ոսկու հանքավայրը գտնվում է Հայկական ՍՍՌ-ում: Այն ներկայացված է մի քանի զոնաներով, նրանց ճյուղավորութուններով, երակներով, երակիկներով և այլ ձևի հանքամարմիններով:

Հանքավայրի նրկրարանական կառուցվածքում մասնակցում են պերիդոտիտներ, գարրո-պերիդոտիտներ, գարրոներ, սերպենտինիտներ և հրաբխանստվածքային ապարներ: Ոսկու հանքավայրը բնորոշվում է հանքաքարերի յուրահատուկ նյութական կազմով, որը պայմանավորված է հանքային պրոցեսի բազմակիտվածքով:

Հանքամարմինների և նրանց տարածական փոխհարաբերությունների ուսումնասիրությունը հանքախորշերում, ինչպես նաև հղկված նմուշների ուսումնասիրությունները միկրոսկոպի տակ հնարավորություն են տալիս առանձնացնելու հանքայնացման մի քանի ստադիաներ՝

1. Մինչհանքային՝ կվարցային: 2. Կվարց-պիրիտ-արսենոպիրիտային: 3. Կվարց-կարբոնատ-սուլֆիդային (ոսկերեր): 4. Կվարց (խալցեդոնանման) կարբոնատ-ոսկերեր (արծաթի, բիսմութի և թելուրի հետ): 5. Կվարց-կարբոնատ-սուլֆոանտիմոնիտային: 6. Ոչ հանքաքար կվարց-կարբոնատային:

Ներկայացված ստադիաներից ոսկերերության և արծաթի պարունակության տեսակետից կարևոր են երկուսը՝ կվարց-կարբոնատ-ոսկերերը և կվարց-կարբոնատ-սուլֆիդայինը: Սրանցից առաջինը գերակշռում է վերին հորիզոններում:

Ոսկին հանքավայրում գտնվում է չորս ձևով՝ ա) բնածին՝ ինքնուրույն, բ) նուրբ դիսպերսիոն՝ սուլֆիդներում՝ գ) քիմիական միացությունների և դ) երկրորդական, որն առաջացել է թելուրիդների քայքայումից:

Քանի որ հանքայնացման առանձին ստադիաները վերադրված են մեկը մյուսի վրա, ապա բացի վերը նշված երկուսից, որոշակի նշանակություն են ձևաք բերում նաև մյուս ստադիաները:

Կվարց-կարբոնատ-սուլֆիդային ստադիայում ոսկու մի մասը և թելուրիդներից՝ ալթաիտը, հեսիտը, պետցիտը, սիլվանիտը ներկայացված են մանրահատիկ, կլորավուն, կաթիլանման անջատումներով, որոնք հիմք են տալիս ենթադրելու, որ սուլֆիդները և հիշատակված միներալներն անջատվել են միաժամանակ:

Բացի նման ձևի անջատումներից, նրանք առաջացնում են աչքով անտեսանելի երակիկներ և անկանոն անջատումներ, բայց այս անգամ արդեն սուլֆիդների ճեղքերում և միջհատիկային տարածություններում:

Կվարց-կարբոնատ-ոսկերեր ստադիան ներկայացված է շատ հետաքրքիր միներալոգիական կազմով: Այդ ստադիայում գործող լուծույթներից անջատվել են՝ ալթաիտը, մելնիտը, հեսիտը, պետցիտը, կալավերիտը, սիլվանիտը, թելուրոբիսմութիտը, նագիագիտը և այլ թելուրիդներ: