

УДК 553.43(479.25)

Г. А. ТУНЯН

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДАХ ТЕЙ-ЛИЧКВАЗСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Геологическая характеристика месторождения

Тей-Личквазское золоторудное месторождение находится в Мегринском районе Армянской ССР и по схеме районирования И. Г. Магакьяна [2] входит в Памбак-Зангезурскую структурно-металлогеническую зону. Оно находится в пределах Айгедзорского рудного поля, где Айгедзорское и Марал-Заминское месторождения представлены медно-молибденовым оруденением, а Тейское и Личквазское—золото-сульфидным.

На месторождении широким развитием пользуются порфириты нижнеэоценового возраста, прорванные гранодиоритами, кварцевыми диоритами, диоритами и гранитами монзонитовой фазы Мегринского плутона.

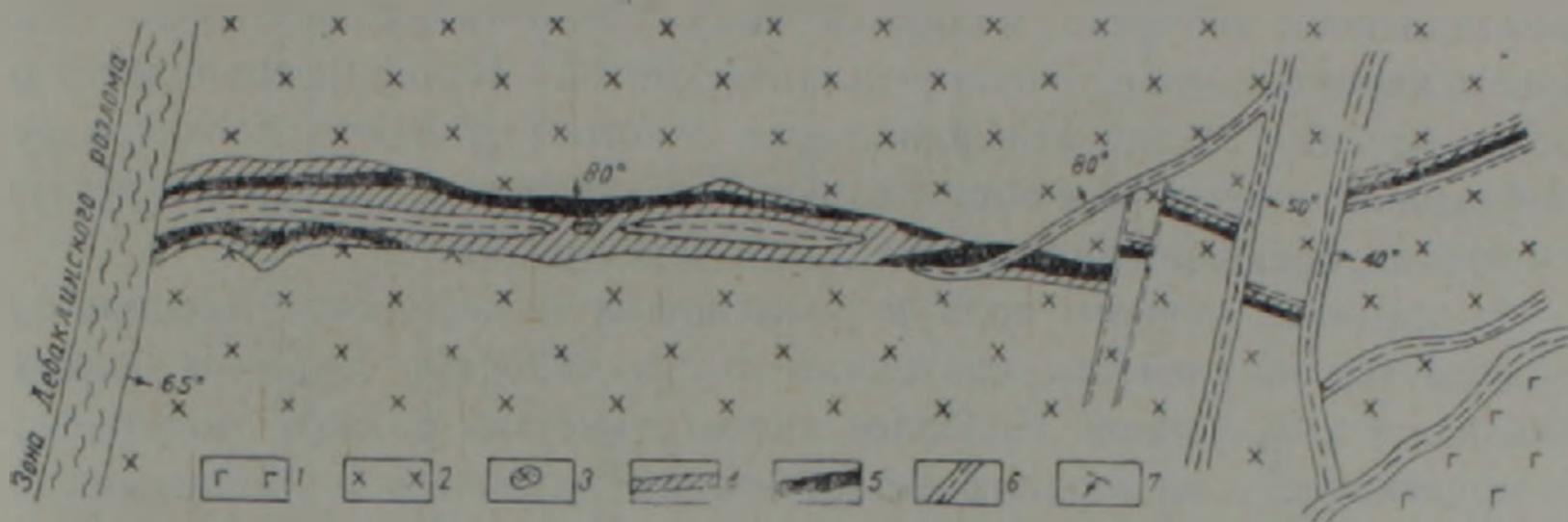
В структурном отношении район является крайней юго-западной оконечностью Мисхано-Зангезурской мегаантиклинальной зоны и в основной своей части представляет З—ЮЗ крыло крупного антиклинория близмеридионального общекавказского простирания.

Структурным контролем оруденения Тей-Личквазского месторождения являются Дебаклинский разлом меридионального и Тейский разлом близмеридионального направления. Первый из них проходит по западному флангу месторождения, а второй—по восточному. Дебаклинский разлом является региональным разломом [3, 4] и в меридиональном направлении прослеживается от Каджаранского медно-молибденового месторождения, через Джиндаринское медное и Тей-Личквазское золоторудное месторождения к Агаракскому медно-молибденовому месторождению. Далее он переходит за реку Аракс и прослеживается на территории Ирана, с падением на восток, под углом 60—65°.

Приуроченность большого количества месторождений (Каджаранского, Айгедзорского, Марал-Заминского, Агаракского медно-молибденовых, Джиндаринского медного, Тей-Личквазского золоторудного и других рудопроявлений) к зоне Дебаклинского разлома дает основание считать его региональной рудоконтролирующей структурой. Однако, в дальнейшем пострудные подвижки, имеющие место вдоль разлома, привели к срезанию и смещению рудовмещающих структур (рудных жил и рудоносных зон). Такое взаимоотношение четко наблюдается на Личквазском месторождении, где на горизонте штольни 10 кварц-сульфидные жилы смещены вдоль разлома (фиг. 1), а окатанные брекчии руд находятся в мощной глинке трения. Рудовмещающие структуры Тей-Личквазского

месторождения являются сопряженными с Дебаклинским разломом трещинами и прослеживаются в северо-восточном направлении с крутым углом падения, в основном, на северо-запад.

Формирование Тей-Личквасского месторождения происходило длительное время, в результате нескольких последовательных стадий минерализации, связанных с неоднократной пульсирующей деятельностью магматического очага.



Фиг. 1. Смещение кварц-пиритовой и полиметаллической жил у Дебаклинского разлома. Личквасское месторождение, штольня 10, штрек 4. 1. Габбро. 2 Гранит. 3. Ксенолит гранитов. 4. Пиритовая жила. 5. Полиметаллическая жила. 6. Тектоническая трещина с глиной притирания. 7. Элементы залегаия.

На месторождении выделяются пять золоторудных зон, которые представлены раздробленными, местами перетертыми и обеленными породами, характеризующимися интенсивной окварцованностью и частично серицитизацией. Рудная минерализация приурочена к гидротермально измененным, окварцованным породам и локализуется в узлах пересечений тектонических нарушений, в зонах интенсивной трещиноватости и дробления, в которых кварцево-золоторудные жилы и прожилки расположены кулисообразно.

Мощность рудных зон колеблется в пределах от 2—3 м до 5—7 м, достигая иногда в раздувах 10 и более метров. Простираание зон северо-восточное, с падением СЗ 320—330°, под углом 60—70°. Зоны по простиранию прослеживаются на несколько сот метров. Юго-западный фланг рудных зон залегает в гранодиоритах, средняя часть—в контакте гранодиоритов с порфиритами, а северо-восточный—в порфиритах. Оруденение в рудных зонах неравномерное. По простиранию участки убогих руд сменяются обогащенными золотом и медью участками.

2. Минеральный состав руд

Руды месторождения имеют сложный минеральный состав [1]. Около 16% жильного выполнения составляют сульфиды, среди которых преобладают пирит, халькопирит, галенит, сфалерит и арсенопирит. Кроме сульфидов, в рудах участвуют сульфосоли сурьмы, меди, висмута и мышьяка совместно с тетрадимитом и теллуrowисмутитом. Из жильных

минералов преобладают кварц, кальцит, анкерит и доломит. Золото в рудах представлено, в основном, самородными частицами с размерами до 0,3 мм в поперечнике. Перечисленные выше минералы образуют несколько ассоциаций, являющихся продуктами следующих стадий минерализации (табл. 1): безрудной-кварцевой, кварц-пиритовой, кварц-пирит-халькопиритовой, золото-полиметаллической, кварц-арсенопиритовой (золотоносной) и кварц-карбонатной. Роль отдельных стадий минерализации на месторождении не одинакова. Наиболее важными, имеющими промышленное значение, являются кварц-пирит-халькопиритовая (для меди и висмута), золото-полиметаллическая и кварц-арсенопиритовая (золотоносная) стадии минерализации. Многостадийность процесса рудообразования привела к образованию всевозможных текстур и структур замещения, брекчирования, катаклаза и пересечения.

В пределах рудного поля в размещении минеральных ассоциаций наблюдается зональность, связанная со стадийностью процесса формирования месторождений. На более низких отметках развито молибденовое оруденение, а на верхних—золото-полиметаллическое. Медно-молибденовая минерализация приурочена к интрузивным массивам, а золото-полиметаллическая, в основном,—к вулканогенно-осадочным породам кровли.

Генетическое единство руд медно-молибденовой и золото-сульфидной формаций подтверждается приуроченностью их к одним и тем же структурам, пространственным расположением, взаимоотношением с гранодиоритами и дайками аплитов, диоритов, и кресантитов и наконец, наличием типоморфных минералов и минеральных ассоциаций, устанавливаемых в обеих формациях. Так, например, медно-молибденовая ассоциация минералов в небольших количествах проявляется в рудах Тейского месторождения золота. Молибденит здесь встречается в виде второстепенной примеси в рудах пирит-халькопиритовой и полиметаллической стадий минерализации.

Золото-полиметаллическая ассоциация минералов, козалин, висмутин, арсенопирит, являющиеся основными в рудах Тейского месторождения, в небольших количествах встречаются в рудах Айгедзорского медно-молибденового месторождения. Единство руд подтверждается также их геохимическими особенностями.

На Тейском месторождении, как и на всех месторождениях умеренно-сульфидных руд, первая ассоциация ранней рудной стадии представлена кварцем с небольшой примесью серицита. Для этой стадии характерны шестоватые, гребенчатые агрегаты кварца. Иногда жилы сложены массивным крупнозернистым кварцем белого цвета с включениями вмещающих порфиринов. Мощность жил не превышает 0,2—0,3 м. Эта стадия отчетливо представлена в первой рудной зоне в штоколах 11 и 12 штолен 16 и 19.

Ранняя сульфидная ассоциация представлена кварцем и пиритом, распространена широко и образует прожилки, жилы, гнезда и зоны про-

Таблица 1

Минеральные ассоциации Тей-Личквасского золоторудного месторождения, их минералы и степень распространения

Ассоциации минералов	М и н е р а л ы р у д				Степень распространения
	г и п о г е н н ы е		г и п е р г е н н ы е		
	главные	второстепенные	главные	второстепенные	
1. Кварцевая	Кварц	Серицит, карбонаты	—	—	Широко
2. Кварц-пиритовая	Кварц, пирит	Пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда	Лимониты	Малахит, азурит	Очень широко
3. Кварц-пирит-халькопиритовая	Кварц, пирит, халькопирит, висмутин, козалин	Сфалерит, блеклая руда, галенит, вентихенит, тетрадимит, теллуриды, висмутит, молибденит, пирротин, золото	Лимониты, малахит, азурит, борнит	Ковеллин, халькозин, гипс	Очень широко
4. Золото-полиметаллическая	Кварц, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, золото	Пирит, пирротин, киноварь, геокразит, марказит	Церуссит, смирновит, лимониты	Малахит, азурит, борнит, ковеллин, гипс	Очень широко
5. Кварц-арсенопиритовая	Кварц, арсенопирит, золото	Пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, блеклая руда	Лимониты, скородит	Гипс	Мало
6. Кварц-карбонатная	Кварц, карбонат (кальцит, анкерит)	Доломит	—	—	Слабо

жилково-вкрапленной минерализации. Для этой стадии характерными являются полосчатая, вкрапленная и прожилковая текстуры руд.

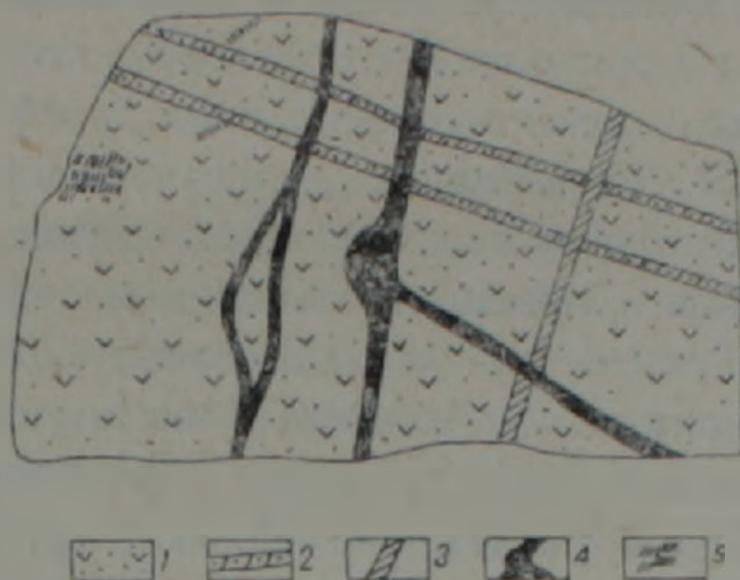
Кварц-пирит-халькопиритовая стадия является одной из основных. Эта стадия наиболее широко развита на Тейском месторождении, где она приурочена к тем же структурам СВ простирания, что и остальные стадии. Как правило, медные жилы и участки богатых массивных руд с медной минерализацией залегают в висячем боку рудной зоны, а в лежащем контакте развита полиметаллическая минерализация. Кварц-пирит-халькопиритовая минерализация образует маломощные невыдержанные жилы, нередко крупные массивные гнездообразные тела с промышленным содержанием меди и висмута. Наиболее богатое оруденение меди установлено в штреках 11 и 12 штольни 16. В составе пирит-халькопиритовых руд участвуют: халькопирит, пирит, сфалерит, блеклая руда, галенит, висмутин, козалит, виттихенит, тетрадимит, теллуровисмутит, молибденит и пирротин. Содержание золота в этих рудах низкое (1—3 г/т), но в местах наложения последующей золото-полиметаллической стадии минерализации оно повышается.

Наиболее важными в промышленном отношении являются ассоциации минералов поздних рудных стадий, ибо для этих ассоциаций характерна высокая концентрация золота. Пробирными анализами установлено, что промышленные концентрации золота связаны с полиметаллической и арсенопиритовой ассоциациями, где золото из растворов выделялось после отложения сульфидов и сульфосолей.

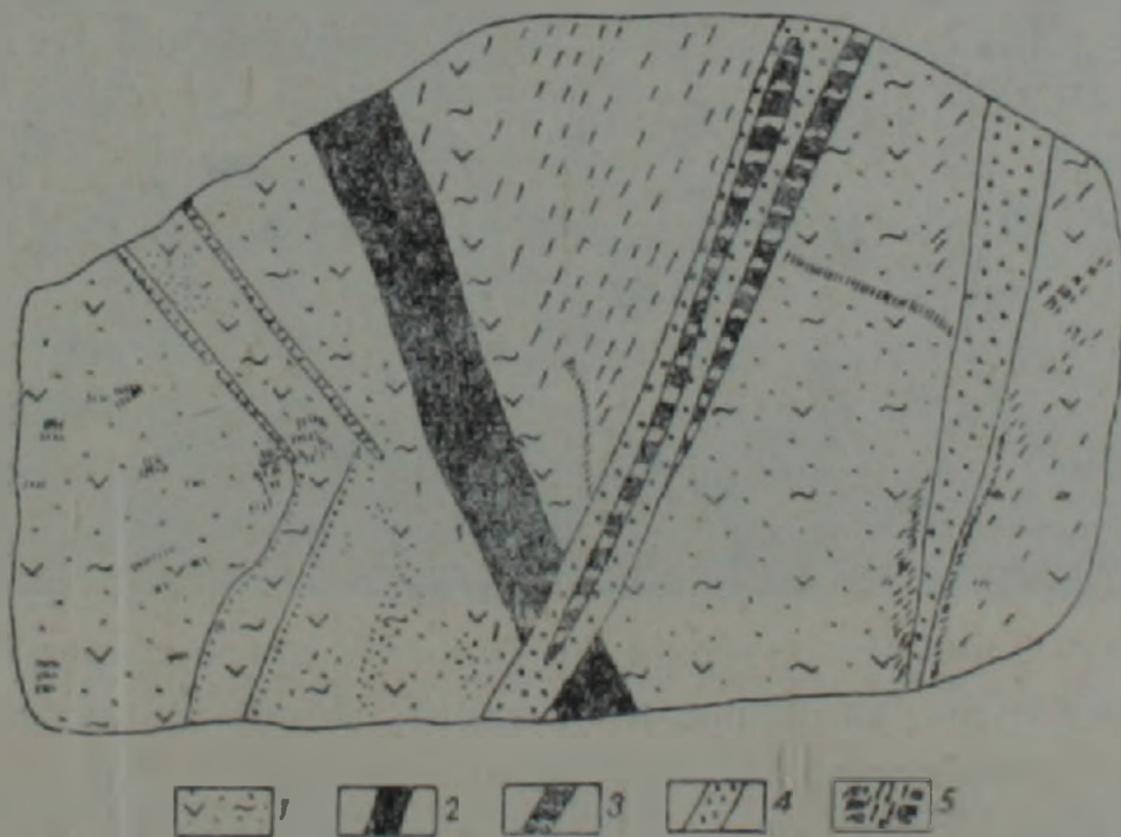
Золото-полиметаллическая стадия минерализации широко развита на Личквасском и особенно на Тейском месторождении золота. На Личквасском месторождении эта стадия представлена самостоятельными, но сравнительно небольшими по мощности и по простиранию жилами и прожилками. На Тейском же месторождении она образует выдержанные по простиранию мощные жилы и зоны прожилковой минерализации, а также крупные гнездообразные и жилообразные метасоматические тела, сложенные исключительно из рудных минералов (сфалерита, галенита, блеклой руды и халькопирита) и жильного кварца. Такие крупные гнездообразные скопления наблюдаются на горизонте штолеи 16 и 19, в штреках 11 и 12 (первая рудная зона), 13 и 14 (четвертая рудная зона). Очень четко устанавливается взаимоотношение золото-полиметаллических жил и прожилков с ранними кварц-пиритовыми, кварц-пирит-халькопиритовыми (фиг. 2, 3) и наиболее поздними арсенопиритовыми и кварц-карбонатными. Для руд этой стадии характерна пятнистая текстура. В раздувах отдельных жил наблюдается полосчатая текстура последовательного заполнения, представленная чередующимися полосами халькопирита, сфалерита и галенита. Последовательность выделения минералов: пирит, сфалерит, халькопирит, блеклая руда, галенит, золото.

Жилы полиметаллического состава приурочены к структурам СВ простирания $30-40^\circ$, с азимутом падения СЗ, под углом $60-65^\circ$. Золото-полиметаллические жилы прослеживаются на несколько сот метров. Они выдержаны как по простиранию, так и по мощности и падению. В ми-

неральном составе полиметаллических руд установлены: пирит, халькопирит, блеклая руда, сфалерит, галенит и самородное золото. Для некоторых полиметаллических жил наблюдаются элементы вертикальной зональности. На верхних горизонтах (штольни 20 и 13) в рудах преобладают блеклые руды, а сфалерит более светлый. На нижних горизонтах (штольни 16 и 19) сфалерит более темного цвета, а блеклая руда имеет подчиненное значение. В верхних горизонтах, по сравнению с нижними,



Фиг. 2. Взаимоотношения между кварц-пиритовой, кварц-пирит-халькопиритовой, золото-полиметаллической стадиями. Месторождение Тей, штольня 16, штрек 14. Зарисовка штуфа натуральной величины 1. Окварцованный порфирит с вкрапленниками пирита 2. Кварц-пиритовые прожилки. 3. Кварц-пирит-халькопиритовые прожилки. 4. Золото-полиметаллические прожилки. 5. Арсенопирит.



Фиг. 3. Взаимоотношения между золото-полиметаллической, кварц-арсенопиритовой (золотоносной) и кварц-карбонатной стадиями. Месторождение Тей, штольня 16, штрек 12. Зарисовка штуфа натуральной величины 1. Гидротермально-измененный пиритизированный порфирит 2. Полиметаллическая жила 3. Кварц-арсенопиритовая жила 4. Кварц-карбонатная жила. 5. Серый кварц с арсенопиритом и мелкокристаллическим пиритом.

содержится в два раза больше серебра: здесь Au:Ag составляет 1:20, а на нижних горизонтах—1:6. Абсолютные содержания золота в средних го-

ризонтах повышаются в 1,5 раза, по сравнению с верхними, а на нижних еще больше.

Кварц-арсенопиритовая ассоциация представлена только на Тейском месторождении, где она образует жилы небольшой мощности, прожилки и зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Обычно арсенопиритовая минерализация развивается по тем же структурам, что и предыдущие, поэтому для этих руд характерны текстуры и структуры цементации, пересечения, замещения, кокардовые и другие. В составе арсенопиритовых руд установлены: пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, халькопирит, кварц и анкерит. Среди отмеченных минералов преобладающим является арсенопирит, который представлен низкотемпературной, игольчатой разновидностью. Последовательность выделения минералов в этой ассоциации такова: пирит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, блеклая руда, галенит и золото. Пирит образует идиоморфные выделения среди мелкозернистых агрегатов арсенопирита, а остальные замещают агрегаты арсенопирита и нередко находятся в их трещинах. Арсенопиритовая ассоциация, по содержанию золота, является одной из продуктивных.

Рудный процесс завершается невыдержанными кварц-карбонатными прожилками с небольшими и редкими включениями рудных минералов.

3. Характер распределения благородных элементов

Золото. Вопросами приуроченности золота к определенным типам руд и минералам занимались многие исследователи, и данные этих исследователей показали, что важнейшими концентраторами золота в преобладающей части месторождений являются сульфиды.

На Тей-Личквасском золоторудном месторождении также выделяется отчетливая приуроченность золота к сульфидам. Анализ зависимости концентрации золота от минерального состава руд показывает, что участки богатой золотоносности повсеместно характеризуются увеличением количества сульфидов, усложнением состава рудного агрегата и развитием минералов, отлагавшихся в полиметаллическую и арсенопиритовую стадии минерализации. Основными концентраторами золота в рудах Тей-Личквасского месторождения являются следующие сульфиды (по убывающему значению содержания золота): арсенопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, халькопирит и пирит. Наиболее высокие содержания золота установлены в арсенопирите и сфалерите. Так, содержание золота в арсенопирите доходит до 125 г/т, в сфалерите от 6 до 23 г/т, а в галените от 2 до 17,6 г/т. Блеклые руды из пирит-халькопиритовой ассоциации характеризуются более низкой концентрацией золота, чем из полиметаллической. Наиболее низкими содержаниями золота характеризуются пириты и халькопириты, при этом халькопириты и пириты из пирит-халькопиритовой стадии содержат меньше золота, чем из полиметаллической. Пробирными анализами установлено, что характер распределения золота в различных минеральных типах руд различен.

Так, по данным 7 анализов, в пиритовых рудах содержание золота составляет 0,9 г/т, в пирит-халькопиритовых рудах (18 анализов) — 2,1 г/т, полиметаллических (30 анализов) — 50,1 г/т, а в арсенопиритовых рудах (11 анализов) — 26,8 г/т. В безрудном кварце установлено золото 0,4 г/т (два анализа). Как следует из приведенных данных, основные концентрации золота связаны с полиметаллическими и арсенопиритовыми типами руд, т. е. золото накапливается в поздних рудных стадиях минерализации. Изучение руд под микроскопом и результаты технологических исследований показывают, что золото в рудах представлено в виде самородных частиц с размерами до 0,3 мм с преобладанием более мелких классов. Установлено, что свободное золото составляет от 18,4 до 27,5%, связанное золото — от 19,6 до 29,0%. От 39,4 до 43,0% золота находится в сульфидах в виде механической примеси, а до 6,4% покрыто пленками окислов железа. Последнее обстоятельство указывает на незначительную роль окисленных руд в технологической пробе, которая взята из верхних горизонтов месторождения.

Самородные частицы золота характеризуются изометрическими палочковидными, дендритовыми и, редко, пластинчатыми формами (фиг. 4). Преобладающими являются изометрические формы. Проба золота, по определению на пробирном камне, составляет 850—870.



Фиг. 4. Крупные и мелкие формы золотины. Увелич. $\times 12$.

Серебро. В рудах Тей-Личквасского месторождения собственные минералы Ag не образуются, но, несмотря на это, в них содержится значительное количество серебра, что нами объясняется изоморфным вхождением его в кристаллические структуры сульфидов и сульфосолей.

Концентрация серебра в различных минеральных типах руд различна и выглядит следующим образом. В пиритовых рудах содержание серебра составляет 46,4 г/т, пирит-халькопиритовых — 93 г/т, полиметаллических — 377 г/т, а в арсенопиритовых — 47,3 г/т. В безрудном кварце определено 3,2 г/т серебра.

Как видно, наиболее высокие концентрации серебра установлены в полиметаллических (377 г/т) и пирит-халькопиритовых (93 г/т) типах руд, где оно связано, в основном, с галенитом, блеклой рудой и сульфосолями висмута.

В основных рудообразующих минералах серебро распределяется следующим образом. Наиболее высокие концентрации серебра пробирным анализом установлены в блеклой руде—1000 г/т, в галените—910 г/т, за ними следует сфалерит с содержанием серебра 142 г/т, при этом в светлых сфалеритах оно составляет 80 г/т, а в темных—162 г/т. По-видимому, высокие содержания серебра в темных сфалеритах обусловлены наличием свинца, так как между содержанием свинца и серебра наблюдается прямая корреляционная зависимость. Вслед за сфалеритом следует арсенопирит с содержанием серебра 135 г/т. В пиритах оно составляет 22 г/т, в халькопирите из полиметаллической стадии—100 г/т, а в халькопирите из пирит-халькопиритовых руд—4,5 г/т.

Как следует из приведенных данных, наиболее высокие концентрации серебра связаны с блеклой рудой, галенитом и сфалеритом, т. е. с теми минералами, которые являются главными компонентами полиметаллических руд.

В связи с характеристикой распределения золота и серебра в рудах, следует остановиться на золото-серебряном отношении. По данным опробования, золото-серебряное отношение в рудах в среднем составляет 1:6. На верхних горизонтах оно составляет 1:20 (Au—6 г/т, Ag—120 г/т), на средних—1:6 (Au—10 г/т, Ag—60 г/т), а на нижних—1:4. Как видно, изменение золото-серебряного отношения связано с повышением концентрации золота и понижением серебра с глубиной, что объясняется геохимическими свойствами этих элементов (летучесть паров, растворимость солей, электроотрицательность и др.).

Из всего изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Тей-Личквасское золоторудное месторождение является типичным примером умеренно-сульфидной формации, где рудообразование происходило в результате нескольких стадий минерализации.

2. Промышленная концентрация золота связана с полиметаллической и арсенопиритовой стадиями минерализации, где основными концентраторами золота являются арсенопирит, галенит, сфалерит и блеклая руда.

3. Наиболее высокие концентрации серебра связаны с полиметаллической и кварц-пирит-халькопиритовой стадиями минерализации. Среди минералов повышенными содержаниями Ag характеризуются блеклая руда, галенит, сфалерит и арсенопирит.

4. Золото-серебряное отношение для руд месторождения в целом составляет в среднем 1:6; оно увеличивается при переходе от верхних горизонтов к нижним и обусловлено повышением концентрации золота наряду с понижением содержания серебра.

Գ. 2. ԹՈՒՆՑԱՆ

ԹԵՅ—ԼԻՃՔՎԱԶԻ ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԻՆԵՐԱԿԱՅԻՆ ԿԱԶՄԸ ԵՎ ԱԶՆԻՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՏԵՂԱԹԱՇԵՈՒՄԸ ՆՐԱՆՑ ՄԵՁ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Թեյ-Լիճքվազի ոսկու հանքավայրը գտնվում է Հայկական ՍՍՀ Մեղրու շրջանում և մտնում է Փամբակ-Ջանգեղուրի մետաղածին գոտու մեջ: Հանքավայրում հայտնաբերված են հինգ ոսկերեք: մարմիններ, որոնք հարում են ապարների խզման և կոտրատման ճեղքերին ու գոտիներին: Հանքային մարմիններն ունեն հյուսիս-արևելյան տարածում և գտնվում են հրաբխային (պորֆիրիտների) և ինտրուզիվ (գրանոդիորիտների) ապարների մեջ: Հանքայնացման տարածումը նշված մարմիններում անհավասարաչափ է:

Հանքավայրի միներալային կազմը բարդ է: Նրակների պարունակության 16 տոկոսը կազմում են սուլֆիդները, որոնց մեջ գերակշռում են՝ պիրիտը, խալկոպիրիտը, գալենիտը, սֆալերիտը և արսենոպիրիտը:

Հանքային դաշտում նկատվում է միներալային դուգորդությունների զոնալականություն: Խորը հորիզոններում տարածված է մոլիբդենի հանքայնացումը, իսկ ավելի բարձր՝ ոսկի-բազմամետաղայինը: Հստ որում, մոլիբդենի հանքայնացումը տարածականորեն հարում է ինտրուզիվ ապարներին, իսկ ոսկի-բազմամետաղայինը՝ հրաբխածին:

Հանքավայրում ոսկին հանդես է գալիս բազմամետաղային և արսենոպիրիտային միներալային դուգորդություններում: Ոսկերեք են հանդիսանում արսենոպիրիտը, սֆալերիտը, գալենիտը, պիրիտը, խալկոպիրիտը և խունացած հանքանյութերը:

Ոսկին լուծույթներից անջատվել է հանքայնացման պրոցեսի վերջում: Ոսկու հարգը տատանվում է 850-870 սահմաններում: Ոսկու և արծաթի միջին հարաբերությունը հանքանյութերում կազմում է 1:6, որն աճում է ըստ խորության:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Амирян Ш. О., Тунян Г. А. Минералого-геохимическая характеристика руд Тейского золоторудного месторождения. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXIV, № 5, 1971.
2. Магакьян И. Г. Закономерности размещения и прогноз оруденения на территории Арм. ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XIX, № 4, 1966.
3. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1958.
4. Мовсесян С. А. Интрузии Центральной части Зангезурского (Конгуро-Алангёзского) хребта и связанные с ними полезные ископаемые. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1953.
5. Тунян Г. А. Взаимоотношение медно-молибденового и золото-сульфидного оруденения и стадии минерализации на Айгедюрском рудном поле. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXIV, № 4, 1971.