

УДК 552.33

ХАРАКТЕР ОРУДЕНЕНИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ РУД ПХРУТСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ЗОЛОТА

Ս. Վ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ*, Օ. Ս. ԳՅՍՄԵՋՅԱՆ

Кафедра региональной геологии, петрологии и рудных месторождений ЕГУ, Армения

В статье приводятся результаты минералогических, геохимических и генетических исследований, проведенных на Пхрутском рудопоявлении Зангезурского рудного района. Впервые детально описаны молибденит-халькопиритовые, кварцевые, кварц-пиритовые, кварц-карбонат-полиметаллические, кварц-арсенопиритовые и кварц-карбонат-гипсовые парагенетические ассоциации минералов. Выявлена вертикальная зональность распределения оруденения. В рудах золото представлено как собственными минералами (самородное золото, петцит, калаверит, креннерит), так и изоморфной формой в сульфидах. Основным носителем золота является пирит. Наряду с золотом определенный интерес представляют также Ag, Bi, Zn, Cu, Pb, Cd, Se, Te, Ge, Ga, In. Основная часть перечисленных элементов образует собственные минералы, другая часть в виде изоморфных примесей находится в сульфидах, жильных и метасоматических минералах. По минеральному составу, геохимическим особенностям и условиям образования Пхрутское рудопоявление является кварц-золоторудной убогосульфидной формацией.

Keywords: Phkhurts's quartz-gold deposit, mineral paragenetic association, geochemical features.

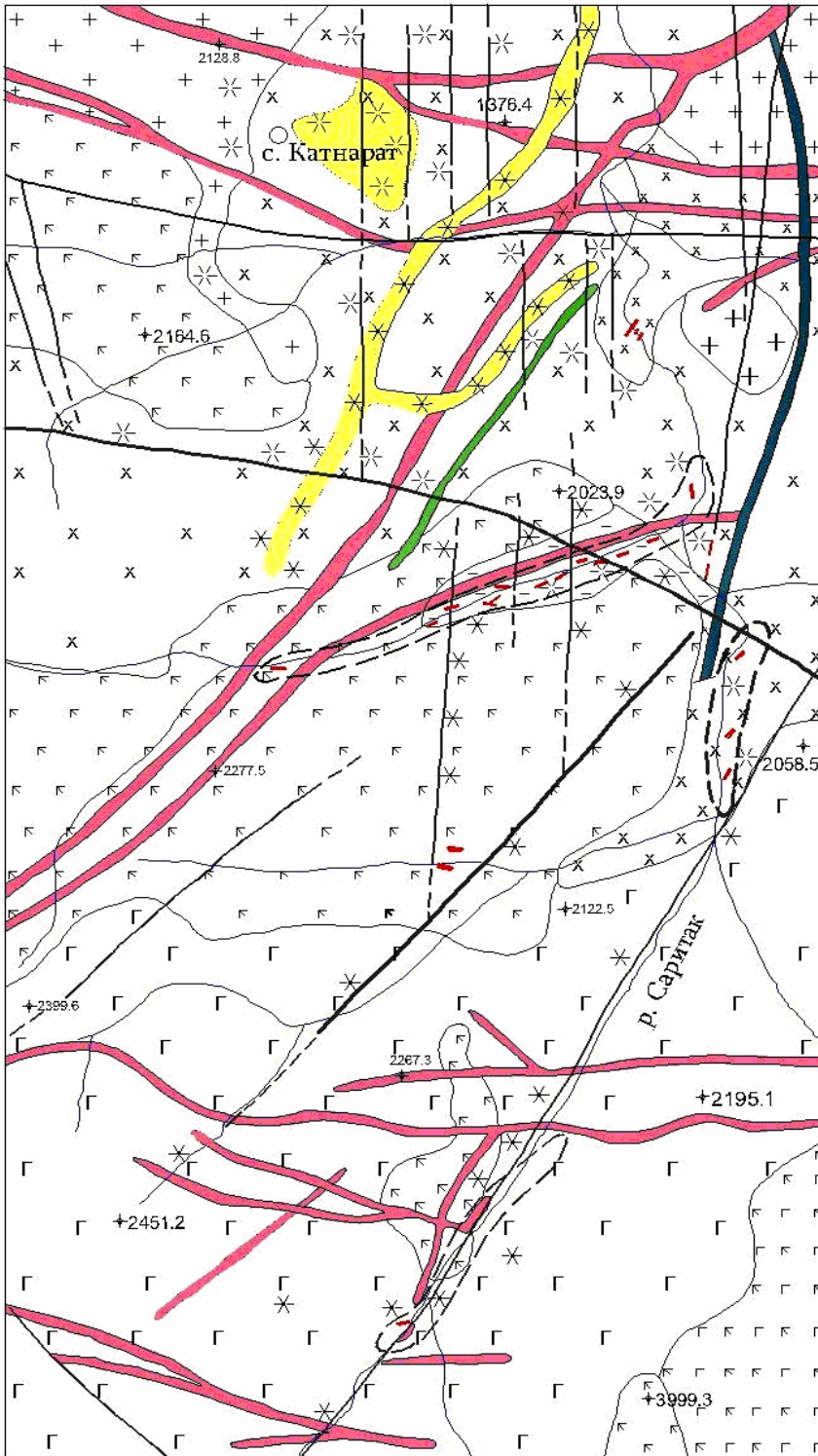
Введение. Пхрутское рудопоявление считается одним из перспективных объектов Зангезурского рудного района РА, заслуживающим внимания и постановки более детальных исследований. Рудопоявление выявлено в 1939 г. Гонтарем Б.Д., и др. Изучением геологии, петрографии рудовмещающих пород и метасоматических образования, минералогии и геохимии руд, а также разведкой в разные годы занимались И.Г. Магакьян [1], Ш.О. Амирян [2], А.И. Карапетян, В.О. Пароникян, О.П. Гуюмджян, Э.М. Налбандян (1982 г). Н.А. Васин, Е.П. Зильман, Ц.А. Галстян, С.Н. Степанян, Р.С. Чухаджян, А.С. Есян и др.

В статье авторы приводят результаты детальных минерало-геохимических исследований, проведенных на Пхрутском рудопоявлении с применением новейших высокочувствительных и точных методов анализа минерального сырья.

Геологическая характеристика. Пхрутское рудопоявление золото-сульфидных руд расположено на северных склонах Мегринского хребта в 3 км к югу от с. Катнарат Сюникского марза РА на высоте 2000–2450 м над уровнем моря. Площадь охватывает около 5 км² и расположена между сс. Пхрут, Катнарат и вершиной г. Саббеткечмаз (2691,2 м).

* E-mail: sh_khach@ysu.am

Схематическая структурно-геологическая карта Пхрутского рудного поля
(О.П. Гуюмджян, 1982 г.)



1. Г Г	4. x x x	7. /	10. *	13. /
2. Г Г Г	5. x x x	8. /	11. *	14. /
3. Г Г Г	6. + +	9. /	12. /	15. /

Условные обозначения:

Габро-монцит-сиенитовый комплекс, нижний олигоцен:

- 1 – габбро, калишпатовое габбро;
- 2 – габбро-монциты;
- 3 – монциты.

Габро-диорит-гранодиоритовый комплекс, нижний олигоцен:

- 4 – кварцсодержащие и кварцевые диориты (кварцевые монцодиориты);
- 5 – кварцевые рогообманковые монциты (монцогранодиориты);
- 6 – гранодиориты и кварцевые рогообманковые монциты (монцогранодиориты).

Жильно-магматический комплекс, нижний олигоцен–нижний миоцен:

- 7 – диорит-порфиры, кварцевые, бескварцевые, плагиоклазовые, плагиоклаз-рогообманковые;
- 8 – спессартиты;
- 9 – гранодиорит-порфиры.

Гидротермальные метасоматиты:

- 10 – кварц-серицитовые, кварц-серицит-карбонатные (\pm пирит) метасоматиты (серицитовые березиты) и березитизированные породы;
- 11 – кварц-эпидот-кальцит-хлоритовые метасоматиты и пропилитизированные породы.

12. *Рудные жилы.*

13. *Тектонические нарушения:* региональные (а), локальные (б).

14. *Контакты пород:* резкие, интрузивные (а), постепенные, фацальные (б).

15. *Контуры рудоносных жильных зон.*

Проявление принадлежит Зангезурскому рудному району Памбак-Зангезурской структур-металлогенической зоны Малого Кавказа [1] и является восточным флангом Каджаранского рудного поля медно-молибденовых руд.

Пхрутское рудопроявление состоит из трех участков: Саритакского (СТ) в 1,2 км к ЮЗ от с. Пхрут, Катнаратского (К) – около одноименного села и Ахвесидзорского (АД), расположенного между предыдущими участками.

В геологическом отношении рудопроявление размещается в эндоконтактной зоне Мегринского плутона и охватывает его СВ окраину. Площадь слагают интрузивные породы габбро-монцонитовой и габбро-гранодиоритовой серий. Наибольшее развитие (порядка 4 км²) имеют гранитоиды, которые прорывают породы габбро-монцонитовой серии: кварцсодержащие и кварцевые диориты, гранодиориты, кварцевые роговообманковые монцониты (монцогранодиориты). Габбро-монцонитовую серию интрузивных пород слагают габбро, калишпатовое габбро, габбро-монцониты (монцогаббро), монцониты (см. карту на вкладыше).

Возраст пород этих двух серий, составляет 28–41 млн. лет, по данным Rb-Sr метода [3]. В пределах рудного поля широкое развитие имеют также дайки гранодиорит-порфиров и спессартитов. Гранодиорит-порфиры прослеживаются на расстоянии от нескольких десятков метров до 2–3 км при мощности до 50 м. Простираение даек преимущественно северо-восточное, отмечаются также дайки широтного и близмеридионального простираний. По возрасту жильные породы подразделяются на две группы: нижнеолигоценую и нижнемиоценовую. Дайки нижнеолигоценного возраста имеют в основном северо-восточное простирание (диорит-порфириты, спессартиты), а для даек нижнемиоценового возраста (гранит-порфиры) более характерно широтное направление.

В структуре Пхрутского рудопроявления важную роль играют разрывные нарушения СВ, СЗ, субширотного и субмеридионального простираний. Они контролируют размещение зон гидротермально измененных, милонитизированных, катаклазированных пород и рудную минерализацию. Последняя охватывает площадь пересечения разломов субширотного, СЗ и СВ простираний. При этом рудные жилы в своей основной массе приурочены к разломам СВ простирания. Очень редко такую роль играют и нарушения широтного и северо-западного простираний. Местами (уч. АД) рудные жилы прослеживаются вдоль мощной дайки гранодиорит-порфира северо-восточного простирания, но в целом строгой приуроченности рудных жил к дайкам не наблюдается.

В пределах рудного поля рудовмещающие породы подвергнуты гидротермальному метасоматозу, интенсивность которого меняется в широких диапазонах. Выделяются зоны пропилитизации, монокварцитовых, кварц-серицит-карбонатных метасоматитов с высокотемпературной модификацией серицита. В гранитоидах и дайковых породах кислого состава гидротермальные околожильные метасоматиты представлены серицитовыми березитами, а в целом весь комплекс изменений с учетом всех парагенезисов метасоматитов рудного поля от флангов до околорудных зон – пропилитовой, березитовой и вторично-кварцитовых формациями. В отношении рудоносности устанавливается определенная приуроченность к гранитоидам кварцевых и кварц-пиритовых жил, а к габбро и монцонитоидам – кварц-полиметаллических жил.

Характер оруденения и особенности минерального состава руд. В пределах рудного поля геологоразведочными работами установлены 35 рудных жил и одна рудоносная зона. Простираение жил преимущественно (80%) северо-восточного, 30–70°, и реже (20%) северо-западного, 320–330°. Падение в северные и южные румбы под крутыми углами (50–80%). Мощность их варьирует в пределах

0,08–0,55 м. На поверхности отдельные жилы прослеживаются до 100 м, а в штольнях – до 40 м. В сильно пиритизированных зонах измененных гранодиоритов и габбро-диоритов преобладает вкрапленный тип оруденения.

Наиболее детально изучены рудные жилы №№ 2, 3 и 4 уч. СТ, в которых среднее содержание свинца составляет соответственно 12,8; 5,7 и 1,8%, а цинка – 8,4; 6,1 и 7,2%. В жилах уч. АД и К содержания указанных элементов не превышают 1,2%. На уч. СТ геологоразведочными работами установлено 16 рудных жил, которые расположены вдоль линии, прослеживающейся на 400 м в СВ направлении, и контролируются дайкой диоритового порфирита. Участок расположен на уровне 2125–2200 м. Устанавливаются два типа руд: пиритовый (пирита до 98%, сфалерита до 2%, очень мало галенита) и полиметаллический (сфалерита до 53–55%, галенита до 35%, пирита до 12%, очень мало халькопирита и пирротина). В первом типе руд главными жильными минералами являются кварц и серицит, во втором – карбонат, роль кварца небольшая.

На уч. АД на уровне 1950–2175 м выявлены три рудные жилы (шт. 6, 7 и 10), которые слагают две жильные зоны. Первая расположена в 600 м к северу от уч. СТ и в близширотном направлении прослеживается на 300 м, а вторая – в 500 м к северу от первой; по простиранию она прослеживается (от шт. 9 до шт. 11 и 12) на 400 м. В обоих случаях жильные зоны расположены четкообразно.

Уч. К изучен на уровне 2000, 2050 (шт. 5 и 6) и 1900 м. Кроме этого, около с. Катнарат при строительстве дороги вскрыта мощная зона гидротермально измененных пород, в которой отмечаются многочисленные жилы и прожилки на СВ (20–30°), падение их СЗ (70–90°), мощность до 10–20 см. Внутри зоны встречаются небольшие гнездообразные тела (50×100 см) ячеисто-охристого кварца с вкрапленной рудной минерализацией. На верхних штольнях оруденение карбонат-сфалерит-пиритовое с наибольшей ролью галенита и халькопирита. На нижних горизонтах (отвал старой штольни) отмечаются многочисленные прожилки кварц-пиритового (с карбонатом) состава.

По минеральному составу и их взаимоотношениям среди рудных тел выделяются кварцевые, кварц-пиритовые, кварц-карбонат-полиметаллические и кварц-карбонат-гипсовые ассоциации [2]. Нами выделяются также кварц-арсенопиритовая и молибденит-халькопиритовая парагенетические ассоциации минералов (ПАМ). Возрастные взаимоотношения выделенных ПАМ не совсем ясны, так как не установлены их макропересечения, хотя под микроскопом почти всегда можно заметить, как катаклазированные агрегаты пирита секутся микропрожилками галенит-сфалеритового состава.

По степени золотоносности руды Пхрутского рудопроявления подразделяются на полиметаллические (слабо золотоносные, уч. СТ), кварцевые (золотоносные, уч. АД) и кварц-пиритовые (умеренно золотоносные, уч. К).

Молибденит-халькопиритовая ассоциация представлена прожилками и вкрапленниками в рудовмещающих гранитоидах. Иногда встречаются пегматитовые тела 1–2-метровой длины с огромными (3–4 см) агрегатами молибденита в ассоциации с полевым шпатом. В молибденит-халькопиритовом парагенезисе главными минералами являются молибденит и халькопирит. Иногда встречаются также ковелин, малахит и повелит. Содержания молибдена и меди здесь составляют соответственно 0,014 и 0,18 % (сред. по 5 обр.).

Кварцевые руды (кварцевая стадия) образуют самостоятельные четковидные жилы и прожилки в зонах дробления и гидротермально измененных гранитоидах. В основном они состоят из молочно-белого, иногда дымчатого кварца. Часто в нем наблюдаются вкрапленники пирита, иногда галенита и сфалерита, а также

субмикроскопические зернышки самородного золота. Пржилки и жилы кварца золотоносные. В кварцевых телах уч. Ахвесидзор выявлено высокое содержание золота (6,7 г/т) и серебра (58,5 г/т).

Кварц-пиритовая ассоциация является одной из распространенных и продуктивных. Образует самостоятельные прожилки, жилы, гнезда, вкрапленники в зонах дробления пород; часто раздроблена, иногда сцементирована и замещена другими минеральными ассоциациями. Наблюдаются полосчатые, брекчированные текстуры руд. В этом парагенезисе главными минералами являются пирит и кварц, иногда также присутствует кальцит, второстепенное значение имеют пирротин, галенит, сфалерит, самородное золото, айкинит, петцит, калаверит и крейнерит. Является продуктивной ассоциацией в отношении золота и серебра. Средние содержания хим. элементов в этих рудах приводятся в табл. 1 (см. вкладыш).

Кварц-карбонат-полиметаллическая ПАМ имеет широкое развитие. Образует жилы, прожилки и параллельные жильные зоны, приуроченные к трещинам и гидротермально измененным породам. В минеральном составе полиметаллических руд присутствуют пирит, галенит, сфалерит, блеклые руды, самородное золото. Из жильных минералов преобладает кварц, подчиненное развитие имеют также анкерит и манганокальцит. В этой ПАМ количество главных сульфидных минералов изменяется. В верхних горизонтах рудопроявления (в штольнях) преобладает кварц-карбонат-сфалерит-пиритовая ассоциация с небольшой ролью галенита и халькопирита. Сфалерит представлен светлыми разновидностями, которые считаются более поздними образованиями.

Кварц-карбонат-гипсовая минерализация завершает гидротермальный процесс. Представлена прожилками, которые иногда пересекают пиритовые и полиметаллические ПАМ. В основном сложена молочно-белым, дымчато-прозрачным кварцем, карбонатом и гипсом. В этих прожилках редко наблюдаются тонкозернистые агрегаты пирита, сфалерита и галенита.

Минералогия и геохимия руд. Руды Пхрутского рудопроявления характеризуются сложным минеральным составом. В составе руд установлены пирит, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, марказит, пирротин, галенит, блеклая руда, самородное золото, теллуриды золота, бисмута и серебра (алтаит, крейнерит, калаверит, теллуробистутит, айкинит). В рудовмещающих породах, особенно в низких гипсометрических уровнях рудопроявления, часто встречаются вкрапленники и прожилки молибденита, иногда в ассоциации с халькопиритом. Основными жильными минералами являются кварц, кальцит, анкерит, доломит и гипс. Встречаются также ангидрит и манганокальцит. Из гипергенных минералов встречаются лимонит, гематит, малахит, азурит, ковеллин, халькозин и церуссит.

Пирит – самый распространенный среди рудных минералов. Его количество доходит до 98% рудной массы. Встречается как в жилах, так и в гидротермально измененных зонах в виде тонких прожилков и вкраплений. Присутствует во всех типах минеральной ассоциации. Характерны кубические и пентагон-додекаэдрические формы. Пирит выделяется раньше всех рудных минералов, поэтому среди всех сульфидов он больше всего носит влияние динамических усилий, иногда сильно брекчирован и катаклазирован, этим обусловлено концентрирование в нем Au (табл. 1). В ранних генерациях пирита наблюдается повышенное содержание никеля (до 0,8 %). В полях пирита установлены тонкодисперсные выделения самородного золота и теллуридов (табл. 1).

Галенит и *сфалерит* являются главными минералами полиметаллических руд. Встречаются также в пиритовых и арсенопиритовых ПАМ. Образуют кварц-карбонат-галенит-сфалеритовые ассоциации.

Таблица 1

Средние содержания химических элементов в рудах и минералах Пхрутского рудопоявления

Наименование продукта / количество проб / участок	Элементы												
	Cu	Pb	Sb	Bi	As	Zn	Cd	Ba	Ge	Ga	La	Au	Ag
	%											г/т	
Пиритовая руда / 3 / СТ	0,02	0,04	0,07	0,003	0,22	0,15	0,0037	0,1	0,00044	0,00220	0,0100	н.о.	1,87
Кварц–карбонат–пиритовая ассоциация / 24 / К	0,062	0,11	0,0051	0,0042	0,14	0,62	0,0033	0,038	0,00032	0,00081	0,0053	н.о.	2,4
Полиметалл. руда / 8 / СТ	0,4	2,8	0,078	0,018	0,21	5,0	0,32	0,055	0,00024	0,00092	0,0061	1,1	17,8
Кварцевая руда / 6 / АД	0,23	0,04	0,0025	0,0008	0,032	0,03	0,01	0,013	0,00029	–	0,0044	1,2	4,8
Кварцевая руда западный фланг / 4 / АД “Новый”	0,18	0,27	0,0062	0,012	0,14	0,07	0,0018	0,057	0,00038	0,00050	0,0064	6,7	58,5
Кварцевая руда / 7 / Кв*	0,02	0,25	0,0049	0,00059	0,047	0,05	0,0022	0,022	0,00015	0,00054	–	0,5	10,9
Кварц-пиритовая ассоциация / 23 / Кн*	0,061	0,11	0,0001	0,004	0,031	0,82	0,0014	0,012	0,00012	0,00041	–	0,7	5,4
Полиметалл. руда / 12 / К	0,06	0,12	0,0075	0,0006	0,01	3,56	0,11	3,6	0,00046	0,00092	–	0,5	7,2
Пирит из кварц-пиритовой ассоциации / 19 / Кн*	0,12	0,3	0,0062	0,0081	0,33	1,47	0,022	0,046	0,00114	–	–	26,0	281,0
Пирит из пиритовой ассоциации / 5 / СТ	0,0044	0,56	0,0014	0,0015		0,045	0,012		0,00110	–	0,0014	3,5	5,3
Пирит из полиметалл. ассоциации / 7 / СТ	0,066	0,83	0,012	0,00047	0,21	1,55	0,0425	0,0587	0,00170	0,00091	0,0010	4,7	46,0
Сфалерит / 10 / СТ	0,46	1,82	0,017	0,0051	0,068		0,63	0,038	0,00022	0,0016	0,0037	0,46	354,0
Галенит / 10 / СТ	0,062	–		0,04		2,26						0,37	500,0
Кварц из кварц-пиритовой ассоциации / 15 / К	0,0060	0,0067	0,0015	0,0018	–	0,031	0,0012		0,00010	0,0012	–	0,02	5,9
Мусковит / 2 / К	0,0058	0,0064	0,0001	0,00038	–	0,026	–					н.о.	1,2
Кальцит / 2 / К	0,096	0,012	–	0,00016	–	0,09	–					н.о.	22,5
Доломит / 1 / СТ	0,0024	0,027	–	н.о.	–	0,61	0,001					н.о.	6,5
Анкерит / 1 / К	0,0024	0,015	–	н.о.	–	0,035	–					н.о.	4,2

* Кн, Кв – участок Катнарат нижний и верхний горизонты соответственно.

Сфалерит встречается в двух разновидностях – светлой и темной. Темная разновидность встречается в основном в ранних ассоциациях. В ней наблюдаются высокие содержания железа, меди, свинца, серебра. В светлой разновидности сфалерита наиболее высокие содержания имеют кадмий, галлий и индий. Среднее содержание золота в сфалерите составляет 0,46 г/т. Сфалерит образует зернистые агрегаты до 2–2,5 см. Часто в полях сфалерита наблюдаются пойкилитовые включения халькопирита и микропрожилки самородного золота.

Галенит образует агрегаты размером до 1–2 см, обычно ассоциирует с сфалеритом, халькопиритом, пиритом, блеклыми рудами, редко с теллуридами. В полях галенита иногда видны прожилочки самородного золота.

Самородное золото установлено в полях пирита, кварца и карбонатов в виде микроскопических выделений размером 0,001–0,05 мм в кварц-пиритовой ассоциации участка Катнарат. В пирите золото образует тончайшие прожилки, длина которых не превышает 0,1 мм. Цвет минерала густо-желтый, изотропный. Проба золота, согласно микроскопическими исследованиям, высокая (750–850). Количество обнаруженных частиц самородного золота явно не коррелирует с данными спектрохимических исследований. Почти во всех проанализированных пробах пирита содержание золота превышает несколько г/т и нередко достигает десятков г/т, что дает основание считать, что часть золота находится в дисперсном состоянии и в основном связана с пиритом.

Молибденит – нехарактерный минерал. Однако в виде прожилков и включений часто встречается в рудовмещающих монзонитах. Часто ассоциируется с халькопиритом. В зоне гипергенеза молибденит замещается повеллитом.

Халькопирит является одним из главных минералов полиметаллических руд. Встречается также в рудовмещающих породах в виде прожилков и включений. Часто встречается также в других ПАМ. Обычно ассоциирует с пиритом, галенитом, сфалеритом. Иногда с пиритом образует пирит-халькопиритовые ассоциации. Основная часть халькопирита из гидротермальных растворов осадилась в средних стадиях гидротермального процесса. Количество халькопирита в рудах Пхрутского рудопроявления уступает галениту и сфалериту, по этой же причине содержание меди в рудах низкое. В зоне гипергенеза халькопирит замещается ковеллином, борнитом и малахитом.

Айкинит – редкий минерал. Установлен в кварц-пиритовой ассоциации участка Катнарат. В этих рудах количество айкинита достигает 2% площади аншлифа (1,8×2,4 см), величина зерен до 0,1 мм в поперечнике, образует тонкую вкрапленность в кварце и короткие микропрожилки в пирите. В айкините в качестве микровключений отмечались тонкопластинчатые выделения теллуру-висмутита, реже самородного золота. Во всех пробах проанализированного айкинита установлено золото (от 3,4 до 80,0 г/т, в среднем 22 г/т). Установлены также сурьма (0,02–0,07%), мышьяк (до 0,2%), цинк (до 16%), кадмий (0,006–0,074%), а в двух пробах – теллур (0,2–0,27%).

Калаверит-креннерит-петцит были отмечены в полях пирита участка Катнарат в виде мельчайших выделений в тесных сростаниях. Размер микровключений до 0,02 мм.

Характер распределения химических элементов в минералах и рудах. В рудах и минералах различными видами анализа (пробирный, химический, спектральный) Пхрутского рудопроявления установлены многочисленные химические элементы, которые имеют неравномерное распределение. Среди этих элементов практическое значение могут иметь золото, серебро, цинк, свинец, медь, висмут, кадмий, селен, теллур, галлий, германий и индий.

Золото в рудах Пхрутского рудопроявления имеет крайне неравномерное распределение. Его содержание отчетливо зависит от парагенетической ассоциации (табл. 1–3), причем концентрация золота возрастает в ряду полиметаллического (1,1 г/т), кварцевого (1,2 г/т) и кварц-пиритового (6,2 г/т) парагенезисов. Подобная смена парагенетических ассоциаций, наблюдаемая сверху вниз в вертикальном разрезе рудопроявления (от уч. СТ до К), указывает на значительное обогащение золотом руд нижних горизонтов месторождения. В последнем случае содержание Au в отдельных пробах достигает до 50 г/т. Во всех случаях Au проявляет индивидуальное распределение, не коррелируя с концентрациями какого-либо рудообразующего компонента (табл. 2). Повышенные содержания Au приурочены к уровню 1900–2000 м (до 2100 м) на уч. К и АД.

Таблица 2

Значения коэффициента корреляции между парами элементов в рудах и минералах

Пары элементов	Кварц-пиритовая руда, уч. К	Пирит из кв.-пиритов. ассоциации, уч. К	Пирит из полимет. ассоциации, уч. СТ	Сфалерит, уч. СТ	Галенит, уч. СТ
Ag–Au	–0,15	+0,20	+0,37		+0,37
Cu–Au	–0,05	+0,61			
Pb–Ag	+0,46	+0,47	+0,56	+0,02	
Bi–Ag	+0,70			–0,30	
Cu–Ag		+0,28		+0,65	
As–Ag	+0,28			+0,03	
Cu–Bi	–0,03	+0,26		+0,40	
Pb–Bi	+0,15	+0,21			
Sb–As		+0,21		+0,49	
Cu–As		+0,12		+0,30	+0,12
Zn–Cd	+0,88	+0,86			
Zn–Ge	+0,40	+0,58			
Zn–Ga	+0,10				
Zn–In	+0,62	+0,15			+0,88

Результаты спектрохимических исследований показывают, что концентратом золота в рассматриваемых рудах является пирит. В пирите из полиметаллической ассоциации уч. СТ установлено в среднем 4,7 г/т золота, содержание значительно возрастает в пирите из кварц-пиритовой ассоциации (уч. К) и, доходя до 300 г/т в ураганной пробе, в среднем составляет 26,0 г/т. Повышенное содержание золота (в среднем 22 г/т) приурочено и к медно-висмуту сульфиду – айкиниту, который развивается преимущественно в кварц-пиритовых рудах (уч. К, нижний горизонт). Но, поскольку айкинит имеет ограниченное распространение, он почти не влияет на распределение Au, которое в рассматриваемом рудном поле контролируется, в основном, распределением пирита. Небольшие примеси Au отмечаются также в кварце, сфалерите и галените. В них средние содержания золота варьируют в пределах 0,02–0,46 г/т (табл. 1).

В рудах Пхрутского рудопроявления золото в своей значительной массе представлено самородной формой и в виде соединения с теллуром – теллуридами (петцит, калаверит, креннерит). Значительная часть золота представлена в дисперсной форме, т.к. результат спектральных и химических анализов не всегда коррелирует с частотой встречаемости этих минералов в полированных шлифах.

Руды Пхрутского рудопроявления обогащены также серебром, которое проявляет противоположное золоту распределение. Наибольшие содержания его устанавливаются в более высокотемпературных кварцевой (до 120 г/т в среднем

58,5 շ/մ, уч. АД) и полиметаллической (до 100 շ/մ, в среднем 17,8 շ/մ, уч. СТ, верхние горизонты) парагенетических ассоциациях минералов. Подобное распределение серебра в различных типах руд соответствует его распределению в рудообразующих минералах.

По данным микроскопических исследований и корреляционного анализа, серебро в пирите связано с микровключениями галенита (гPb–Ag, +0,47, +0,56), айкинита (гAg–Bi, +0,70) и, в меньшей степени, блеклой руды (гAg–As, +0,28). Повышенные содержания серебра в сфалерите (в среднем 335 շ/մ) обусловлены, очевидно, наличием медно-висмутового минерала (гCu–Ag, +0,65; гCu–Bi, +0,40) айкинита, который установлен в кварц-пиритовой ассоциации уч. Катнарат. Нахождение серебра в пирите и сфалерите в составе концентратов минералов указывает также высокое значение коэффициента вариации ($V=77-11\%$) его содержаний (табл. 2). Главными концентраторами серебра в рудах являются галенит (500 շ/մ) и сфалерит (354 շ/մ). Галенит, как и следовало ожидать, обогащен также висмутом (табл. 1), что характерно для относительно более высокотемпературных образований.

Противоположные тенденции в распределении золота и серебра отчетливо заметны в их количественных соотношениях (табл. 3). В рудах кварцевой и кварц-пиритовой ассоциаций (т.е. в рудах нижних горизонтов) устанавливаются низкие значения Ag : Au (0,8–8,1), которые резко возрастают в полиметаллических рудах (100) в верхних горизонтах месторождения. Эта тенденция обусловлена отношением Au : Ag в главных рудообразующих минералах, которое для пирита составляет 1,5–9,3 и резко возрастает в сфалерите (418) и галените (3500). Таким образом, проявляется тенденция накопления Au в относительно более высокотемпературных рудах и минералах, а у Ag – в низкотемпературных.

Таблица 3

Количественные соотношения элементов в рудах и главных рудообразующих минералах

Ассоциация, минерал	Участок	Ag : Au	Cu : Mo	Zn : Pb	Sb : Ag	Ag : Bi	Zn : Cd	Pb : Ag
Кварцевая	Ахвесидзор	0,8	73,3	82,5	7,5	0,4	3,3	12,1
Та же	“Новый”	2,1	100,0	0,3	1,2	0,5	41,1	50,9
Та же	Катнарат	8,1	10,0	0,35	5,0	1,7	15,9	103,1
Пиритовая	Саритак	5,6	4,9	3,4	15,5	0,2	37,8	91,1
Кварц-карбонат-пиритовая	Катнарат	2,4	22,1	5,6	3,4	0,3	92,5	73,3
Полиметаллическая	Катнарат	4,0	12,2	54,7	10,4	3,8	37,3	104,1
Та же	Саритак	100	135,7	2,0	–	–	15,6	–
Пирит из кварц-пиритовой ассоциации	Катнарат	1,5	42,3	4,9	3,6	1,1	66,8	153,8
Пирит из полиметалл. ассоциации	Саритак	9,3	32,8	1,86	2,1	12,3	3,75	141,8
Сфалерит	Саритак	418	109,0	–	0,5	9,6	106,5	51,5
Галенит	Саритак	3500,0	30,7	–	0,6	87,5	117,1	242,8
Кварц из кварц-пиритовой ассоциации	Катнарат	42,0	6,8	4,65	3,3	0,4	42,2	6,3
Серицит	Катнарат	12,0	8,4	4,1	1,0	3,1	44,2	5,3
Карбонат	Катнарат	12,0	–	10,1	–	–	114,7	13,8

Аналогично многим золотосульфидным месторождениям Памбак-Зангезурской зоны, руды Пхрутского проявления содержат значительные концентрации висмута. Наибольшие содержания его (в среднем 6–8 շ/մ) отмечаются в золотоносных

кварцевых жилах и прожилках уч. АД и К. Концентрация его существенно возрастает в кварц-пиритовых рудах уч. К (до 300 г/т, в среднем 40 г/т) и уч. СТ (30 г/т). Повышенной висмутоносностью (в среднем 180 г/т) отличаются полиметаллические руды уч. СТ и кварцевые жилы западной части уч. АД (уч. “Новый”, 120 г/т). Неравномерное распределение висмута, с одной стороны, определяется особенностями распределения его собственного минерала айкинита, с другой – неравномерностью распределения его минералов-носителей. Низкие содержания висмута при этом отмечаются в кварце (18 г/т), пирите (4,7–81 г/т) и сфалерите (50 г/т) из различных парагенетических ассоциаций, в которых коэффициент вариаций достаточно велик ($V=55-74\%$). Галениты отличаются повышенной висмутоносностью (до 650 г/т, в среднем 400 г/т), небольшое значение $V=35\%$ может свидетельствовать о изоморфной форме главной части содержаний Вi в этом минерале.

Серебро-висмутовое отношение повторяет особенности отношения серебро-золото. Оно ниже в кварцевой (0,4–1,7 : 1) и кварц-пиритовой (0,2–0,3 : 1) ассоциациях и резко возрастает в полиметаллических рудах верхних горизонтов (3,8 : 1). В рудообразующих минералах Ag : Вi возрастает в последовательности, соответствующей последовательности образования сульфидов: в пирите 1,1–12,3:1, сфалерите 9–6 : 1, галените 87,5 : 1; аналогично золоту висмут также проявляет склонность концентрироваться (в отличие от серебра) в относительно более высокотемпературных образованиях. Наряду с Au и Ag, висмут может рассматриваться как ценный комплекс руд Пхрутского рудопроявления.

Медь – характерный элемент и встречается во всех типах руд. Однако повышенное содержание наблюдаются в полиметаллических (0,017–1,2%, сред. 0,4%) рудах уч. СТ и в кварцевых жилах (0,18–0,23%) уч. АД. В рудах медь представлена в основном халькопиритом, второстепенное значение имеют блеклые руды (теннантит и тетраэдрит). Незначительная часть Cu в изоморфном виде находится в сульфидах (в пирите, галените, сфалерите). Наиболее высокое содержание меди установлено в сфалерите полиметаллических руд уч. СТ (0,041–1,78%, сред. 0,46%).

Цинк – также характерный элемент. Установлен во всех типах руд и ПАМ. Основная часть сконцентрирована в полиметаллических рудах (3,1–11,5%, уч. СТ), где он представлен сфалеритом. В других типах руд содержание цинка низкое. В виде изоморфной примеси Zn проявляется в галените (0,32–5,9%), пирите (1,0–5,4%), халькопирите (0,4–1,5%), блеклых рудах. В пирите из кварц-пиритовой ассоциации уч. К (нижний горизонт) содержание цинка варьирует в пределах 0,13–5,2%, из полиметаллических руд уч. СТ – 0,09–2,15%. Среди жильных минералов наиболее высокое содержание цинка наблюдается в доломите – 0,1–0,92%.

Свинец – один из главных элементов руд. Содержание Pb повышается в ходе гидротермального рудообразования, максимальная концентрация наблюдается в полиметаллических рудах. Свинец в основном представлен в виде галенита, редко теллурида. Более широко в рудах распространен в качестве изоморфной примеси, особенно в сфалерите (0,01–3,4%, в среднем 1,82%) уч. СТ, пирите (0,3–0,83%), халькопирите (0,01–2,5%, в среднем 0,48%) и в других сульфидах и минералах рудовмещающих пород.

Селен и теллур концентрируются в основном в пирите (Se – 19, Te – 7 г/т), еще меньше в сфалерите и галените при соотношении Se : Te = 2 : 1. В галените отмечены повышенные содержания теллура (до 300 г/т). Селен рассеивается в

сульфидных минералах, изоморфно замещая серу. Физико-химические характеристики пары сера–теллур настолько различны, что даже при ничтожных содержаниях теллур обособляется в форме собственных минералов (в нашем случае теллуrowисмутита-тетрадимита, петцита, калаверита-креннерита), которые контролируют часть содержаний золота, серебра и висмута.

Элементы группы индия (Cd, Ge, Ga, In) также являются характерными примесями Пхрутского рудопоявления. Геохимическое поведение их определяется в основном цинком, сульфид которого (сфалерит) является основным минералом-концентратором. Средние содержания их в сфалерите составляют: Cd – 0,63%; Ge – 2,2 г/т; Ga – 16 г/т. Особый интерес представляет индиенность сфалерита (136 г/т), по которой он приближается к сфалеритам золото-сульфидных месторождений РА [2]. Другой элемент этой группы – германий, помимо сфалерита, повышенные содержания образует также в кварце, сериците и карбонате (3,0–4,8 г/т) и, в особенности, в пирите (11–17 г/т). Серициты Пхрутского рудопоявления богаты также галлием (25 г/т). Корреляционный и дисперсионный анализы (Табл. 2, 3) показывают, что Cd и In концентрируются в сфалерите в основном в виде изоморфной примеси, а Ge и Ga – в пирите и сериците.

Генетические особенности и перспективы рудопоявления. Пхрутское проявление расположено в пределах Каджаранского (Охчинского) рудного поля Зангезурского рудного района и составляет один генетический ряд с известными медно-молибденовыми, золоторудными и уран-молибденовыми оруденениями, которые генетически связаны с верхнетретичным интрузивным магматизмом [4].

Минеральный состав, геохимические особенности руд, а также характер гидротермально измененных пород свидетельствуют о средне-низкотемпературных условиях образования руд. Возраст, по аналогии с Тертерасарским и Личквас-Тейским месторождениями, считается нижнемиоценовым, отложение руд происходило на малых и средних глубинах. По составу руд и соотношениям слагающих руды компонентов Пхрутское рудопоявление может быть отнесено к кварц-золоторудной убогосульфидной формации. Аналоги имеются в Памбак-Цахкуняцком (Зар, Ванкидзор), Айоцзорском (Капутсар), Зангезурском (Меграсар), Шамшадинском (Лалигюх) и других районах РА [2, 5, 6].

На основании установленной геологоразведочными работами общей протяженности рудоносных зон 1,5–2,0 км, глубины распространения оруденения 300 м и среднего содержания золота 2,0–2,5 г/т ожидаемые запасы золота Пхрутского проявления могут быть оценены цифрой ~7–10 т. Поскольку Пхрутское проявление является восточным флангом Каджаранского рудного поля, можно предполагать о прослеживании рудоносных структур между ними (протяженностью 5 км); в этом случае прогнозные запасы золота значительно возрастут (~20 т).

Исходя из всего изложенного авторы статьи считают, что Пхрутское рудопоявление представляет практический интерес, в связи с чем необходимо возобновить здесь систематические геологоразведочные работы.

Поступила 19.10.2016

ЛИТЕРАТУРА

1. Магакьян И.Г. Металлогения Армении. Ер.: Изд. АН Арм. ССР, 1954, 371 с.
2. Амирян Ш.О. Золоторудные формации Армянской ССР. Ер.: Изд. АН Арм. ССР, 1984, 303 с.
3. Мелконян Р.Л., Гукасян Р.Х., Таян Р.Н., Арутюнян М.А. Геохронометрия монцитов Меграинского плутона (Армения) – результаты и следствия. // Изв. НАН РА. Науки о Земле, 2008, № 2, с. 3–9.

4. Алоян П.Г., Алоян А.П. Ресурсный потенциал рудного сырья Армении. Ер.: ГЕОИД, 2008, 604 с.
5. Амирян Ш.О., Тунян Г.А., Хачатрян Н.Д. О характере оруденения Тертерасарского золото-полиметалл. рудопоявления. // Изв. АН Арм.ССР. Науки о Земле, 1982, т. 35, № 2, с. 27–37.
6. Амирян Ш.О. К минералогии и геохимии Лалигюхского золото-сульфидного месторождения. // Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, 1974, т. 27, № 2, с. 57–62.

Շ. Վ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Հ. Պ. ԳՈՒՅՈՒՄՅԱՆ

ՓԵՐՈՒՏԻ ՈՍԿՈՒ ԵՐԵՎԱԿՄԱՆ ՀԱՆՔԱՅՆԱՅՄԱՆ ԲՆՈՒՅԹԸ,
ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱՆ ԵՎ ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրվել են ՀՀ Չանգեզուրի հանքային շրջանի Փխրուտի ոսկու երևակման հանքայնացման տեղայնացման բնույթը, հանքաքարերի միներալային-երկրաքիմիական առանձնահատկությունները և ծագումնաբանությանն և հեռանկարներին առնչվող հարցեր: Առաջին անգամ նկարագրվել են մոլիբդենիտ-խալկոպիրիտային, քվարցային, քվարց-պիրիտային, քվարց-կարբոնատ բազմամետաղական, քվարց-արսենապիրիտային քվարց-կարբոնատ-գիպսային միներալային պարագենետիկ ասոցիացիաները: Նշված բոլոր հանքաքարերը ոսկեբեր են: Ոսկու հիմնական կրող միներալը պիրիտն է, որտեղ այն ներկայացված է նրբադիսպերս բնածին հատիկների և իզոմորֆ խառնուրդների տեսքով: Բացի ոսկուց հանքաքարերում հետաքրքրություն են ներկայացնում մաս արծաթը, կապարը, ցինկը, պղնձը, բիսմութը, սելենը, թելուրը, կադմիումը, գերմանիումը, գալիումը և ինդիումը: Վերջիններս հանդես են գալիս սեփական միներալների և իզոմորֆ խառնուրդների տեսքով: Նշված մետաղները հանքաերևակման հանքանյութերին տալիս են համալիր նշանակություն: Փխրուտի երևակումը վերագրվում է ցածր սուլֆիդներ կրող ոսկի-քվարցային ֆորմացիոն տիպին, որն առաջացել է փոքր-միջին խորություններում և ծագումնաբանորեն կապված է Մեղրու պլուտոնի հետ:

Sh. V. KHACHATRYAN, H. P. GUYUMJYAN

CHARACTER OF MINERALIZATION, MINERALOGY AND
GEOCHEMISTRY OF PHKHRUT GOLD ORES

Summary

In the article the results of mineralogical, geochemical and genetic studies are presented which have been conducted in Phkhrut ore deposit of Zangezur ore region of RA. For the first time the molybdenite-chalcopyrite, quartz, quartz-pyrite, quartz-carbonate-base metal, quartz-arsenopyrite and quartz-carbonate-gypsum paragenetic mineral associations are described and vertical zonation of mineralization is revealed. All these types of ores are gold-bearing. In the ores gold is presented as own mineral (native gold, petzite, calaverite, krennerite) and isomorphic form in sulfides, particularly in pyrite. Along with gold Ag, Bi, Zn, Cu, Pb, Cd, Se, Te, Ge, Ga, in are interesting. The bulk of these elements form their own minerals, the other part in the form of isomorphic impurities are present in the sulfides and rock-forming minerals. By mineral composition, geochemical features and conditions of their formation, Phkhrut ores belong to quartz-gold sulfide formation.