

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ, БЛАГОРОДНЫХ И РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДАХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АХТАЛА И ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО – АРМАНИС

© 1999 г. Ш. О. Амирян, М. С. Азизбекян,
А. З. Алтунян, А. С. Фарамазян

*Институт геологических наук НАН РА
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
Поступила в редакцию 18.03.98*

Выяснение характера распределения и формы нахождения цветных, благородных и редких элементов в рудных телах и минеральных парагенезисах имеет важное значение в разработке прогрессивных методов освоения месторождений и комплексной обработке руд. В рудах Ахтальского полиметаллического и Арманисского золото-полиметаллического месторождений установлены различные парагенезисы минералов с характерными для них цветными, благородными и редкими элементами, которые представлены собственными минералами и в виде изоморфных примесей.

Ахтальское месторождение относится к типичной полиметаллической формации, а Арманисское – к золото-полиметаллической.

Рудные тела Ахтальского месторождения, в основном, представлены линзами, гнездами различных размеров, реже зонами прожилково-вкрапленной минерализации и жилами. В строении линз по вертикали наблюдается зональное проявление минеральных типов – сверху выступает барит, затем идут массивные полиметаллические руды, дальше – прожилково-вкрапленные полиметаллические, пиритовые и пирит-халькопиритовые. Нередко отдельные линзы, гнезда и участки полиметаллических тел сложены пирит-халькопиритовыми и барит-теннантитовыми [5,6].

По составу руды относятся к барит-полиметаллическому типу, где установлены пиритовая, пирит-халькопиритовая, полиметаллическая, баритовая и карбонатная ассоциации минералов.

И.Г.Магакьян [6] и В.О.Пароникян [7] выделяют также барит-теннантитовую ассоциацию. Руды характеризуются сложностью минерального состава [3,6,7]. В них установлены пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, борнит, теннантит, энаргит, самородное серебро, ковеллин, халькозин, аргентит, алтаит, штрмейерит, полибазит, стефанит, германит, реньерит, барит, кварц, кальцит, анкерит и другие минералы, приуроченные к отдельным минеральным парагенезисам.

По характеру, морфологическим особенностям и типу минерализации на Арманисском золото-полиметаллическом месторождении выделяются жилы, жильные зоны, зоны прожилково-вкрапленной минерализации и очень редко – рудные столбы. В рудах месторождения по минеральному составу, структурно-текстурным особенностям и времени образования выделяются кварцевый, кварц-пиритовый, кварц-пирит-халькопирит-гематитовый, карбонат-кварц-халькопирит-галенит-сфалеритовый (полиметаллический), карбонат-галенит-сфалеритовый и кварц-карбонат-гипс-цеолитовый парагенезисы минералов [1,2].

Главными минералами руд являются: кварц, кальцит, гематит, пи-

рит, халькопирит, галенит, сфалерит, самородное золото, самородное серебро. Редко встречаются сафлорит, висмутин, теннантит, бурнонит, айкинит, тетрадимит, алтаит, гессит, электрум, стильбит, гипс и другие, проявленные в различных количествах и в разных парагенезисах.

Главные элементы руд представлены собственными минералами (различными их генерациями) – пиритом, халькопиритом, гематитом, сфалеритом, галенитом, золотом, второстепенные – как собственными минералами, так и в виде изоморфной примеси (Se, Te, Bi, Cd, Zn, Ni, Co, Ga, Ge и др.). По способу образования выделяются руды метасоматического замещения и простого выполнения. Метасоматическое замещение хорошо проявлено в зонах прожилково-вкрапленной минерализации и на участках наложения различных стадий минерализации (в рудных столбах), а простое выполнение – в жилах.

По геолого-генетическим, минералого-геохимическим особенностям и форме рудных тел, а также формационной принадлежности месторождения Ахтала и Арманис резко отличаются друг от друга. Даже ахтальские полиметаллические руды отличаются от аналогичных Алавердского и Шамлугского месторождений, несмотря на то, что они находятся в одном рудном поле.

Главными рудообразующими элементами на Ахтальском и Арманисском месторождениях являются медь, свинец, цинк, железо, сера, барий, кремний, кальций, золото, серебро, висмут, кадмий, селен, теллур, индий, второстепенное значение имеют ртуть, сурьма, мышьяк, галлий, германий, никель, кобальт и др. элементы [1,2,6,7].

Ниже приводится характер распределения наиболее ценных элементов руд:

Медь является главным элементом в пирит-халькопиритовых (4,5%) и полиметаллических (2,5%) минеральных типах руд. Второстепенное значение имеет в пиритовом (0,12%) типе. На Ахтальском месторождении основными носителями меди являются халькопирит, борнит, теннантит, халькозин, энаргит, эмплектит, виттихенит. Она в виде примеси установлена и в других сульфидах – пирите (0,3%), сфалерите (10%), галените (2,3%). На Арманисском месторождении основная масса меди проявляется в пирит-халькопирит-гематитовых рудах (более 5%), где основными носителями ее являются халькопирит, теннантит и бурнонит. Значительные концентрации меди установлены также в полиметаллических (1,2%) и сфалерит-галенитовых (0,33%) минеральных типах руд. В виде примеси она находится также в пирите (0,13%), сфалерите (0,51%), галените (0,32%). В технологических пробах содержание меди составляет 0,76-1,25%, в среднем 1,04%. Cu:Pb:Zn составляет 1:2,6:1,3.

Свинец – характерный элемент полиметаллических (4,6% – Ахтала, более 10% – Арманис) и сфалерит-галенитовых (более 10% – Арманис) руд. Небольшие концентрации свинца установлены в пиритовых (0,03% – Ахтала, 0,25% – Арманис) и пирит-халькопиритовых (0,17% – Ахтала, 0,33% – Арманис) рудах. В виде примеси свинец установлен в пирите – 0,02% (Ахтала), 0,1% (Арманис), халькопирите – 1,0% (Ахтала), 0,085% (Арманис), сфалерите – 2,8% (Ахтала), 1,16% (Арманис), теннантите – 1,2%, борните – 0,05% (Ахтала), марказите – 0,03%, гематите – 0,02% (Арманис). Концентрация свинца в технологических пробах руд из Арманисского месторождения составляет от 0,68 до 4,64%, Pb:Zn составляет 1:1,23–1:1,25. Так как основным носителем свинца в рудах является галенит, то его неравномерное распределение обусловлено количественным проявлением последнего.

Цинк является одним из основных компонентов полиметаллических

(7,6% – Ахтала, более 10% – Арманис) и свинцово-цинковых (более 10% – Арманис) руд. В пиритовых рудах содержится цинк – 0,05% (Ахтала), 0,14% (Арманис), а в пирит-халькопиритовых – 0,45% (Ахтала), 0,14% (Арманис). В некоторых главных минералах содержание цинка составляет: в пирите – 0,003% (Ахтала), 0,32% (Арманис), халькопирите – 1,0% (Ахтала), 0,33% (Арманис), галените – 0,1% (Ахтала), 0,58% (Арманис), теннантите и борните – 0,05% (Ахтала), марказите – 0,1%, гематите – 0,01%, магнетите – 0,008% (Арманис). Концентрация цинка в технологических пробах из Арманисского месторождения варьирует в пределах от 1,74 до 24%.

Главным носителем цинка в рудах является сфалерит, поэтому его распределение связано с количественным проявлением сфалерита в том или ином минеральном типе руд.

Золото и серебро являются главными элементами руд Арманисского месторождения и второстепенными – Ахтальского. Они постоянно присутствуют во всех минеральных типах руд, но в неравнозначном количестве. Сравнительно высоким содержанием золота характеризуются полиметаллические (3,4 г/т – Ахтала; 4,45 г/т – Арманис) и пирит-халькопиритовые (0,44 г/т – Ахтала; 1,21 г/т – Арманис) руды, низкими – пиритовые – 0,2 г/т (Ахтала), 0,46 г/т (Арманис) и галенит-сфалеритовые – 0,29 г/т (Арманис). Среднее содержание золота в различных типах руд и рудных телах обычно составляет от 0,5 до 20 г/т. По данным В.Г.Грушевого [5], в полиметаллических и борнитовых рудах содержание золота достигает свыше 8 г/т, серебра – 300 г/т.

Содержание серебра в пиритовых рудах составляет 8,2 г/т (Ахтала), 4,62 г/т (Арманис), пирит-халькопиритовых – 22,44 г/т (Ахтала), 99,2 г/т (Арманис), полиметаллических – 169,1 г/т (Ахтала), 41,6 г/т (Арманис) и сфалерит-галенитовых – 185 г/т (Арманис). Концентрация золота и серебра в главных сульфидах варьирует в широких пределах: Au от 10,0 до 82,5 г/т, Ag – от 65,5 до 700,0 г/т. Концентрация золота и серебра в минеральных типах руд и главных сульфидах зависит от формы их нахождения (минеральная и изоморфная) и наличия их минералов в том или ином минеральном типе.

Основной формой нахождения золота и серебра является минеральная (самородные золото и серебро, электрум, гессит, стефанит, аргентит, штроемейерит, алтаит, полибазит). Кроме того, значительная часть серебра, возможно и золота (в гессите и других минералах серебра), представлена в качестве изоморфной примеси в блеклых рудах, борните, энаргите, галените, халькопирите и других минералах.

В связи с формой нахождения золота и серебра и преобладанием той или иной формы в различных минералах и минеральных типах руд, а также проявлением определенных минеральных типов руд и содержащих их сульфидов, различные рудные тела и их горизонты отличаются резкими вариациями концентраций золота и серебра. Золото-серебряное отношение варьирует от 1:10 до 1:460. Оно уменьшается от глубоких горизонтов к верхним.

Висмут является одним из ценных примесей руд. Повышенными концентрациями висмута характеризуются (химические анализы по штуфным образцам) сфалерит-галенитовые (112,0 г/т – Арманис), пирит-халькопиритовые (109,0 г/т – Ахтала; 83,0 г/т – Арманис) и полиметаллические (75,0 г/т – Ахтала; 62,0 г/т – Арманис) руды. Пиритовые руды содержат сравнительно низкие концентрации висмута – 45,3 г/т (Ахтала) и 18,0 г/т (Арманис). В технологических пробах смешанных руд в среднем установлено – 18,0 г/т (Арманис) и 45,3 г/т (Ахтала).

Повышенные концентрации висмута связаны с наличием висмутовых минералов – висмутина, тетрадимита, теллуrowисмутита, виттихенита (Ахтала), матильдита, воынскита, тетрадимита и висмутина (Арманис).

Кроме собственных минералов часть висмута представлена в виде изоморфной примеси и продуктов распада в главных минералах руд – пирите (15,0-32,0 г/т), сфалерите (от 10,0 до 144,0 г/т), галените (от 50,0 до 580,0 г/т), халькопирите (от 26,0 до 144,0 г/т), блеклой руде (до 500,0 г/т), так как в них отмечаются значительные концентрации висмута, при отсутствии его минералов, при этом в одноименных минералах из Арманисского месторождения гораздо больше висмута, что, по-видимому, связано со слабым проявлением здесь золото-висмут-теллуrowой минерализации.

В связи с различными формами нахождения висмута в рудах, наблюдается неравномерное его распределение по отдельным типам руд, рудным телам и их участкам.

Селен и теллур являются менее характерными элементами руд, чем висмут (особенно селен). Из них селен представлен исключительно в виде изоморфной примеси в сульфидах и сульфосолях, в связи с повышенным сродством с серой, а у теллура эти свойства ограничены и он образует собственные минералы с висмутом, серебром, золотом, свинцом, которые в небольших количествах установлены в рудах обоих месторождений. В связи с различными их формами нахождения, селен характеризуется более равномерным распределением, чем теллур.

Содержание селена и теллура в минеральных типах руд Ахтальского месторождения соответственно составляет: пиритовых – 16,0 г/т, 13,5 г/т, пирит-халькопиритовых – 30,7 г/т, 16,9 г/т, полиметаллических – 31,9 г/т, 18,95 г/т. Оно на Арманисском месторождении в соответствующих типах составляет: 14,0 и 10,0 г/т, 26,0 и 21,0 г/т, 16,0 и 14,0 г/т, а в сфалерит-галенитовых рудах – 44,0 и 12,0 г/т.

В главных минералах Ахтальского месторождения установлено: в пирите – Se от 70,0 до 187,8 г/т, Te – от 19,5 до 63,7 г/т, халькопирите – Se от 48,5 до 207,5 г/т, Te – от 12,8 до 74,3 г/т, сфалерите – Se от 10,0 до 37,0 г/т, Te – от 31,0 до 53,0 г/т, галените – Se от 46,0 до 120,0 г/т, Te – от 30,0 до 75,0 г/т, блеклой руде – Se 200,0 г/т, Te – 70,0 г/т, борните – Se 150,0 г/т, Te – 60,0 г/т.

В главных сульфидах Арманисского месторождения гораздо меньше селена и теллура, в пирите – Se – 28,0 г/т, Te – 40,0 г/т, халькопирите – Se – 65,0 г/т, Te – от 15,0 до 200,0 г/т, сфалерите – Se – 13,0 г/т, Te – 16,0 г/т, галените – Se – 110,0 г/т, Te – от 16,0 до 30,0 г/т. Следует отметить, что неравномерное распределение селена и теллура в сульфидах зависит от условий изоморфного вхождения первого и минеральной формы нахождения второго, так как отдельные минералы для отложения теллуридов имеют весьма различные геохимические, структурные (механические) условия. Несмотря на все эти вариации, селен и теллур являются ценными примесями и могут извлекаться из сульфидных концентратов.

Кадмий и индий являются характерными примесями полиметаллических и сфалерит-галенитовых руд, где основным концентратом их является сфалерит. В связи с неравномерным распределением сфалерита в различных типах руд, содержание кадмия и индия колеблется в широких пределах. Концентрация кадмия и индия в минеральных типах руд Ахтальского месторождения характеризуется следующим образом: в пиритовых – Cd – 10,0 г/т, In – 2,0 г/т, пирит-халькопиритовых – Cd – 45,0 г/т, In – 17,56 г/т, полиметаллических – Cd – 1146,0 г/т, In – 26,2 г/т. В рудах Арманисского месторождения описанные элементы

распределены следующим образом: в пиритовых рудах — Cd — 43,0 г/т, In — 8,0 г/т, пирит-халькопиритовых — Cd — 80,0 г/т, In — 11,0 г/т, полиметаллических — Cd — 627,0 г/т, In — 18,8 г/т, сфалерит-галенитовых — Cd — 440,0 г/т, In — 24,0 г/т.

В главных минералах руд Ахтальского месторождения содержание кадмия и индия составляет: в пирите — Cd — 3,0 г/т, In — 0,9 г/т, халькопирите — Cd — 240,0 г/т, In — 30,0 г/т, сфалерите — Cd — 23000 г/т, In — 100,0 г/т, галените — Cd — 500,0 г/т, In — 10,0 г/т, блеклых рудах — Cd — 30,0 г/т, In — 10,0 г/т, борните — Cd — 500,0 г/т, In — 5,0 г/т. В главных рудообразующих сульфидах Арманисского месторождения содержится: в пирите — Cd — 20,0 г/т, In — 0,1 г/т, халькопирите — Cd — 25,0 г/т, In — 1,3 г/т, сфалерите — Cd — 2100,0 г/т, In — 17,0 г/т, галените — Cd — 50,0 г/т, In — 1,0 г/т, марказите — Cd — 3,0 г/т, гематите — Cd — 5,0 г/т. В отмеченных минералах значительная часть кадмия и индия связана с механической примесью сфалерита, куда они входят в качестве изоморфной примеси. При отсутствии в рудах сфалерита и в растворах цинка как кадмий, так и индий могут изоморфно замещать свинец, медь и железо в пиритах, халькопиритах и галенитах. При комплексной обработке руд кадмий и индий могут извлекаться.

Галлий и германий. Галлий распространен шире, чем германий, но в меньших количествах. Галлий, в большинстве случаев, связан с минералами пород, где он находится в виде изоморфной примеси. В рудах Ахтальского месторождения концентрация галлия составляет от 10,0 до 20,0 г/т, Арманисского — от 12,0 до 17,0 г/т.

Германий, в отличие от галлия, кроме изоморфной примеси, когда Ge^{4+} и Ge^{2+} участвуют в изовалентных и гетеровалентных замещениях катионов Zn^{2+} , As^{2+} , Fe^{2+} , As^{5+} , на Ахтальском месторождении образует собственные минералы — германит и реньерит [8]. Содержание германия в различных типах руд Ахтальского месторождения варьирует в пределах от 3,2 до 15,3 г/т, Арманисского — от 1,5 до 6,5 г/т.

В главных минералах руд Ахтальского месторождения содержание германия и галлия соответственно составляет — от 0,5 до 500,0 г/т, от 2,0 до 20,0 г/т. При этом высокие концентрации германия характерны для блеклых руд и борнита, с которыми нередко тесно сростаются реньерит и германит. В этих же минералах Арманисского месторождения содержится: галлий от 5,0 до 17,0 г/т, германий — от следов до 3,3 г/т. Таким образом, форма нахождения описанных элементов обуславливает неравномерное распределение их в рудах.

Таллий имеет незначительное распространение в рудах обоих месторождений. Однако руды Ахтальского месторождения содержат больше таллия (от 5,6 до 20,0 г/т), чем Арманисского (1,5 г/т). В главных минералах Ахтальского месторождения содержание таллия составляет от следов до 65,0 г/т, нередко до 490,0 г/т (в халькопиритах). На Арманисском месторождении таллий обнаружен только в гематите (4,0 г/т). Таллий изоморфно входит в сульфиды и силикаты.

Никель и кобальт являются нехарактерными элементами руд. Содержание никеля и кобальта в рудах Ахтальского месторождения соответственно составляет от 0,00032 до 0,0025% и от 0,0005 до 0,005%, Арманисского — от 0,0001 до 0,0007%. В главных минералах содержится никель от 0,00032 до 0,01%, кобальт — от 0,0005 до 0,005% (Ахтала), никель — 0,0003-0,0073%, кобальт — 0,0002-0,02% (Арманис). Никель и кобальт в качестве изоморфной примеси находятся в сульфидах, при этом больше всего в пирите (до 0,02%). Кобальт, кроме того, на Арманисском месторождении представлен саффлоритом и на участке Холодные родники — линнеитом.

Сурьма и мышьяк – мало характерные элементы в рудах обоих месторождений. Небольшие их содержания в рудах: Sb – 0,001-0,11%, As – 0,026-0,4% (Ахтала); Sb – 0,0027-0,009%, As – 0,0056-0,08% (Арманис) в основном связаны с наличием блеклых руд, энаргита, бурнонита, пирсента, полибазита и стефанита. В главных сульфидах (кроме собственных их минералов) содержание мышьяка составляет: 0,01-0,56%, сурьмы – 0,02-0,07% (Ахтала); As – 0,0021-0,33%, Sb – 0,0027-0,13% (Арманис). Кроме собственных минералов, эти элементы представлены также в виде изоморфной примеси. Значение этих элементов небольшое.

Из других цветных и малых элементов в незначительных концентрациях в рудах установлены ртуть – 0,5-3,2 г/т, молибден – от 0,0001 до 0,007%, олово – 0,001-0,004%, магний – 0,01-0,1%, марганец – 0,001-0,013%. В технологических пробах содержание MgO составляет от 0,59 до 21,5%, а MnO – от 0,02 до 0,68%, здесь значительная часть магния и марганца связана с жильными и породообразующими минералами, которые содержат высокие их концентрации (MgO до 21,5%, MnO до 0,68%).

Из черных металлов железо, титан и ванадий образуют собственные минералы и изоморфную примесь в других. В рудах самое широкое распространение имеет железо, образуя самостоятельные тела пирита, пирита и халькопирита, гематита и магнетита. Из элементов жильных минералов (барит, гипс, ангидрит, карбонаты) широко представлены барий, кальций, которые нередко образуют самостоятельные тела (линзы, жилы, прожилки). Из них барий имеет промышленное значение.

В заключение следует отметить, что цветные, благородные и редкие элементы в рудах описанных месторождений представлены как собственными минералами железа, меди, свинца, цинка, сурьмы, мышьяка, золота, серебра, висмута, теллура и др., так и в виде изоморфной примеси (селен, теллур, висмут, индий, кадмий, галлий, германий и др.). При комплексной переработке руд интерес представляют: медь, свинец, цинк, золото, серебро, висмут, селен, теллур, кадмий и индий.

Рудообразующие элементы имеют весьма неравномерное распределение. Рудные тела и их участки отличаются друг от друга по минеральному и химическому составу и количественным проявлением отдельных минералов и их ассоциаций.

В статье изложены результаты исследований, проведенных по теме 96-108, финансируемой из госбюджета Республики Армения.

ԱԽԹԱԼԱՅԻ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂ ԵՎ ԱՐՄԱՆԻՍԻ ՈՍԿԻ-ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐՈՒՄ ԳՈՒՆԱՎՈՐ, ԱԶՆԻՎ ԵՎ ՀԱԶՎԱԳՅՈՒՏ ՏԱՐԵՐԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ ՈՒ ԳՏՆՎԵԼՈՒ ՉԵՎԵՐԸ

Շ. Հ. Ամիրյան, Մ. Ս. Ազիզբեկյան, Ա. Զ. Ալթունյան, Ա. Ս. Ֆարամազյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Ախթալայի հանքավայրը պատկանում է բազմամետաղ ֆորմացիոն տիպին, որով և պայմանավորված են նրա հանքանյութերի միներալային ու երկրաբանական առանձնահատկությունները: Հանքավայրում տիրապետող է գալենիտ-սֆալերիտ-խալկոպիրիտային միներալային տիպը: Սակայն բացի դրանից հանդես են գալիս նաև պիրիտային և պիրիտ-խալկոպիրիտային տիպերը:

Արմանիսի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրում ևս առանձնացվում են

պիրիտային, պիրիտ-հեմատիտ-խալկոպիրիտային, խալկոպիրիտ-գալենիտ-սֆալերիտային տիպերը:

Գունավոր, ազնիվ՝ հազվագյուտ տարրերը երկու հանքավայրում էլ ներկայացված են ինչպես սեփական միներալների ձևով, այնպես էլ որպես իզոմորֆ խառնուրդ: Նրանց հանդես գալու ձևով էլ պայմանավորված է հաքամասրմիններում և նրանց տարբեր տեղամասերում այդ տարրերի խիստ անհամաչափ բաշխումը: Բալականին մեծ է այդ հանքավայրերի տարբերությունը միմիանցից ինչպես միներալային կազմի, այնպես էլ երկրաբիմիական ու գենետիկ առանձնահատկությունների տեսանկյունից: Այս հանքավայրերին բնորոշ են պղինձը, կապարը, ցինկը, ոսկին, արծաթը, վիսմուտը, սելենը, տելուրը, կադմիումը և ինդիումը, սակայն նրանց կուտակումները տարբեր են տարբեր հանքավայրերում:

DISTRIBUTION AND FORM OF OCCURRENCE OF NON-FERROUS, PRECIOUS AND RARE ELEMENTS IN ORES OF AKHTALA POLYMETALLIC DEPOSIT AND ARMANIS GOLD-POLYMETALLIC DEPOSIT

Sh. H. Amiryan, M. S. Azizbekyan, A. Z. Altounyan, A. S. Faramazyan

Abstract

Clarification of the distribution character and the occurrence form of non-ferrous, precious and rare elements in ore bodies and mineral parageneses are very important in working out of advanced methods for deposit development and complex processing of ores. Various mineral parageneses with intrinsic non-ferrous, precious and rare elements, which are represented by own minerals and isomorphic impurities, are found in ores of the Akhtala polymetallic deposit and the Armanis gold-polymetallic deposit.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амирян Ш.О. Новое в минералогии и геохимии руд Арманисского золото-сульфидного месторождения. – ДАН АрмССР, 1972, т. 54, №2, с. 116-120.
2. Амирян Ш.О., Пиджян Г.О. Арманисское медно-полиметаллическое месторождение. – Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. XXXVI, с. 30-45.
3. Амирян Ш.О., Азизбекян М.С., Алтунян А.З. Особенности геологии и металлогении Туманянского (АрмССР) и Болнисского (ГрузССР) рудных районов и их сравнительная характеристика – Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. XXXVII, с. 3-10.
4. Амирян Ш.О., Алтунян А.З., Азизбекян М.С. Закономерности размещения оруденения в Туманянском и прилегающих рудных районах и их перспективы. – Тр. Армнипроцветмет, 1989, с. 69-74.
5. Грушевой В.Г. Медные месторождения Алавердского района Армянской ССР (Закавказье). Тр. ЦНИГРИ, вып.36, Л.-М., 1932, с. 13-37.
6. Магакьян И.Г. Алавердский тип оруденения и его руды. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1947, 101 с.
7. Пароникян В.О. К минералогии Ахтальского полиметаллического месторождения. – Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, 1962, XV, №6, с. 3-12.
8. Хачатрян Э.А., Коджоян А.А. Об обнаружении реньерита на одном из полиметаллических месторождений Армянской ССР. – Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, 1960, XIII, №3-4, с. 115-121.