

Г. О. ПИДЖЯН

МИНЕРАЛЫ ВИСМУТА В РУДАХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

Медно-молибденовые месторождения Армянской ССР (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван и др.) расположены в Памбак-Зангезурской структурно-металлогенической зоне и образуют единый пояс, характеризующийся общностью геологического строения, магматизма и металлогении.

Руды медно-молибденовых месторождений Армении характеризуются большим разнообразием минеральных видов. В последнее десятилетие благодаря применению более совершенных рудных микроскопов и новейших методов диагностики минералов в рудах удалось обнаружить ряд интересных минералов редких и благородных элементов.

В гипогенных рудах резко преобладают сульфиды, причем наиболее широко развиты сернистые соединения меди, молибдена, железа, цинка, свинца; менее распространены минералы мышьяка, висмута, редко встречаются теллуриды и соединения сурьмы, серебра, никеля, кобальта и др. В сложении руд важное значение имеют также окислы (кварц, магнетит, гематит), карбонаты (анкерит, кальцит и др.), силикаты (серицит, хлорит, биотит, каолинит и др.) и самородные элементы (золото, серебро). В рудах небольшую роль играют сульфаты (гипс, барит) и вольфраматы (шеелит).

К настоящему времени в рудах медно-молибденовых месторождений установлены следующие минералы висмута: висмутин, виттихенит, эмплектит, галеновисмутит, теллуrowисмутит, тетрадимит, висмут самородный, купровисмутит, айчинит, жозент и козалит [1, 3, 4, 6].

Из табл. 1 видно, что среди минералов висмута сравнительно широко развитыми являются висмутин, виттихенит, эмплектит, а наиболее богаты висмутовыми минералами руды Каджарана, Дастакерта и Анкавана. Самые крупные выделения висмутина, виттихенита и эмплектита установлены нами в Дастакерте в полях халькопирита.

Руды медно-молибденосых месторождений характеризуются повышенными и высокими содержаниями висмута, что связано с мельчайшими выделениями собственных минералов висмута в полях рудообразующих сульфидов, сульфосолей и только отчасти изоморфной примесью висмута в отдельных минералах.

Изучение показало, что обогащены висмутом прожилки руд средних и поздних стадий минерализации: кварц-халькопирит-молибденитовой (Дастакерт, Каджаран), кварц-халькопиритовой (Каджаран, Агарак, Айгедзор, Анкаван), кварц-карбонат сфалерит-галенитовой (Анкаван, Каджаран, Дастакерт) и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой (Анкаван). Именно в рудах указанных стадий минерализации широко распространены минералы висмута в тесной ассоциации с халь-

Таблица 1

Сравнительная распространенность висмутовых минералов в главнейших медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР

Минералы висмута	М е с т о р о ж д е н и я					
	Каджаран	Агарак	Дастакерт	Анкаван	Джиндара	Айгедзор
Самородный висмут	+	+	-	-	-	+
Теллуrowисмутит	++	+	+	+	-	
Тетрадимит	+	+	+	+	-	
Жозент	-	-	-	+	-	-
Висмутин	+++	++	+++	+++	+++	
Виттихенит	+++	++	+++	+++	+++	
Айкинит	+	-	-	-	-	-
Эмплектит	++	+	+++	+	+++	
Купровисмутит	-	-	-	-	+	+++
Козалит	-	-	+	-	-	-
Галеновисмутит	++	-	++	-	-	-

Условные обозначения распространенности минералов: +++ широко развит; ++ встречается редко; + встречается очень редко; - не обнаружен.

* Минералы впервые установленные автором.

копиритом, борнитом, галенитом, пиритом, тенкантитом, энартитом и теллуридами.

В рудообразующих сульфидах содержание висмута меняется не только для разных минералов, но и для различных стадий минерализации и генераций одного минерала. Например, содержание висмута в халькопиритах и пиритах Каджарана по мере развития гидротермальных процессов повышается и достигает своего максимума в поздней кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации.

Таблица 2

Средние содержания висмута в процентах в главнейших рудообразующих сульфидах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР

Минералы	М е с т о р о ж д е н и я					
	Каджаран	Агарак	Дастакерт	Анкаван	Джиндара	Айгедзор
Халькопирит	0,0144 (10)	0,0062 (5)	0,0331 (10)	0,03-01* (5)	0,0079 (5)	0,0091 (4)
Молибденит	0,0031 (11)	0,001* (10)	0,0164 (7)	0,003* (11)	-	0,003* (7)
Пирит	0,0036 (7)	0,0016 (3)	0,0311 (6)	0,003* (8)	0,0064 (3)	0,0035 (2)
Сфалерит	0,0038 (5)	-	0,0012 (3)	0,0076 (3)	-	-
Галенит	0,0573 (5)	-	0,0570 (2)	0,0766 (3)	-	-

* Данные спектральных анализов.

В скобках указано количество химических анализов. Химические анализы произведены в ИГН АН Арм. ССР аналитиком С. А. Дехтрикян.

Данные многочисленных химических анализов (табл. 2) указывают, что среди главных рудообразующих сульфидов наиболее высокими содержаниями висмута характеризуются галениты Анкавана, Каджарана и Дастакерта. Высокие концентрации висмута отмечаются также

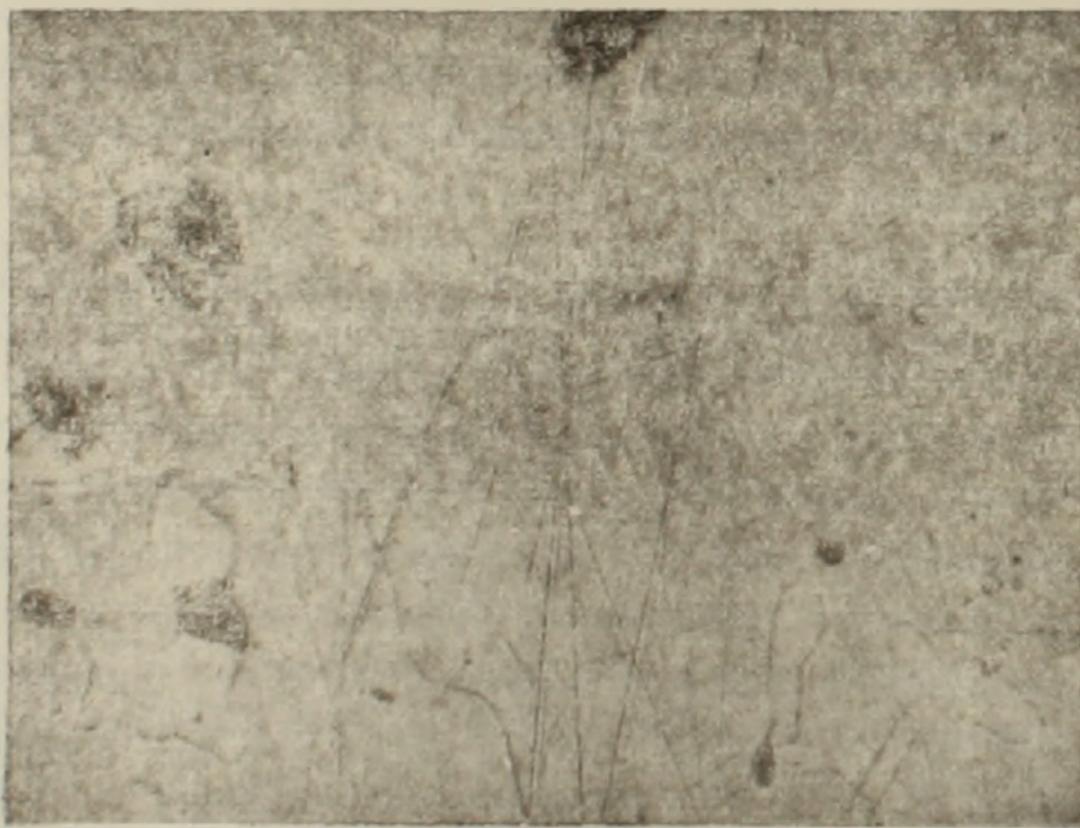
в халькопиритах Дастакерта, Анкавана, Каджарана и в пиритах, молибденитах Дастакерта. Повышенные содержания висмута и свинца в молибденитах Дастакерта и Каджарана дает основание считать, что в полях молибденита по всей всроятности развиты субмикроскопические выделения сульфовисмутитов свинца.

Самые высокие содержания висмута (0,1—0,3 до 1,0%) установлены в борнитах, теннантитах и энаргитах Анкавана.

В рудах и отдельных сульфидах поздних стадий минерализации отмечаются положительные корреляционные зависимости между содержаниями теллура, серебра, золота, висмута, что обусловлено развитием собственных минералов указанных элементов.

Ниже приводится описание наиболее распространенных и хорошо изученных минералов висмута.

В и с м у т и н является распространенным минералом в медных рудах. Он установлен во всех медно-молибденовых месторождениях и развит в рудах следующих стадий минерализации: кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой. Висмутин проявляется в виде мельчайших удлиненных, призматических форм и иногда овальных зерен размерами от тысячных долей мм до 0,1—0,2 мм и редко более. Сравнительно крупные выделения висмутина нами обнаружены в медных рудах Дастакерта и Айгедзора.



Фиг. 1. Удлиненные выделения висмутина (белое) в халькопирите (серовато-белое). Дастакерт, полир. шлиф. X 120.

Висмутин главным образом развит в полях халькопирита и в меньшей степени борнита, галенита, энаргита, теннантита и реже сфалерита, молибденита и тесно ассоциируется с виттихенитом и эмплектитом, последние обычно развиваются в периферических частях выделения висмутина и обычно окаймляют, замещая его.

В полиметаллических жилах висмутин встречается в ассоциации с галенитом, галеновисмутитом, сфалеритом и реже айкинитом. Обычно галенит окаймляется висмутином, а во внутренних зонах образуются сульфовисмутиты свинца: галеновисмутит и айкинит.

На Анкаванском месторождении висмутин широко развит в кварц-теннантит-энаргитовых прожилках в полях халькопирита, борнита, теннантита, энаргита в тесной ассоциации с виттихенитом, эмплектитом и теллуридами.

В отраженном свете висмутин белый, примерно с яркостью галенита, однако по сравнению с ним имеет нежный желтовато-кремовый оттенок и несколько светлее его. Отражательная способность близка к халькопириту— R_g 46—49%. Измерение отражательной способности висмутина из Дастакерта на установке с фотоумножителем при оранжевом светофильтре показало в среднем R_g 49% и R_p 45%. В скрещенных николях висмутин отчетливо анизотропен без цветных эффектов. Двуотражение в воздухе заметно, но слабо; в иммерсии—усиливается. Рельеф низкий, примерно такой, как у галенита. При наблюдении в иммерсии по удлинению зерен заметны трещины спайности. При действии HNO_3 мгновенно чернеет, а после стирания остается сероватая, шероховатая поверхность. Микрохимические и микроспектральные анализы на зернах висмутина показали много висмута.

Из медных руд Дастакерта под микроскопом была отобрана проба, представляющая собой почти равную смесь двух минералов—висмутина и эмплектита тесно срастающихся друг с другом. Из этой пробы с резиновым клеем был смонтирован шарик, который подвергся рентгенометрическому анализу в минераграфической лаборатории ИГЕМ Г. В. Басовой. Условия съемки: Fe—излучение, камера РКД ($2R=57,3$ мм), $d=0,3$ мм, экспозиция 5 часов. В полученной дебаеграмме очень четко выделились две фазы: висмутина и эмплектита.

Таблица 3

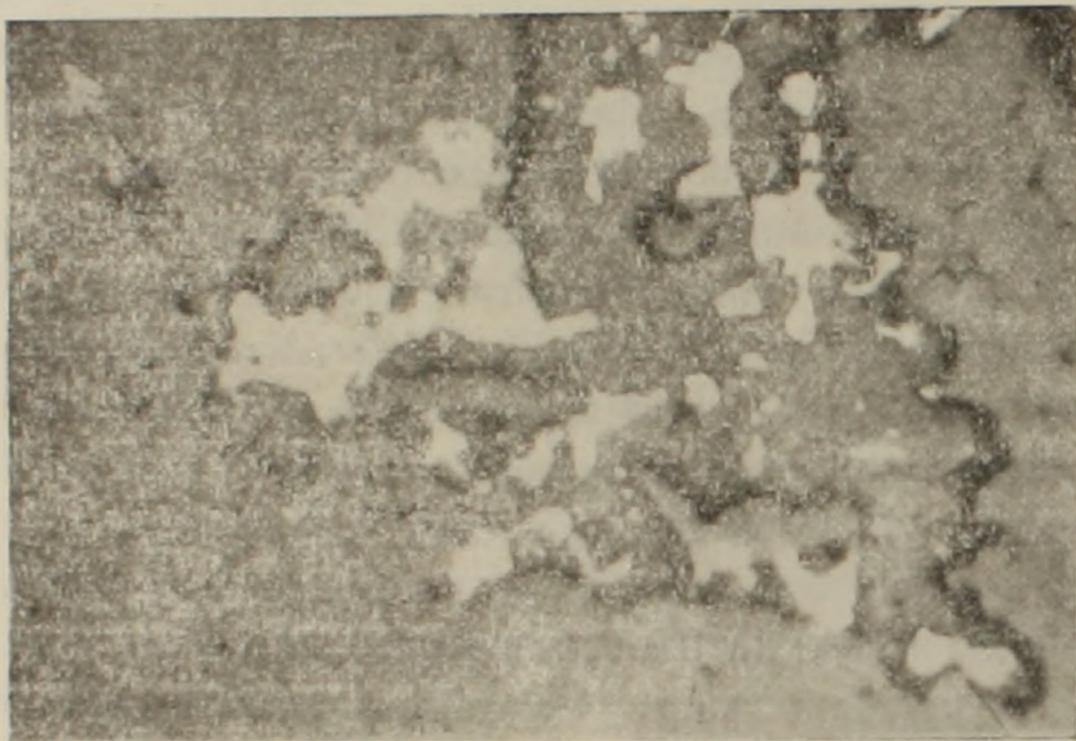
Межплоскостные расстояния висмутина из Дастакертского месторождения

l	$\frac{d\alpha}{n}$	l	$\frac{d\alpha}{n}$	l	$\frac{d\alpha}{n}$
2	5,21	3	2,38	2	1,341
5	4,11	3	2,28	2	1,304
9	3,72	4	2,03	3	1,278
9	3,60	4	1,998	1	1,213
2	3,34	5	1,768	3	1,160
4	3,05	2	1,651	2	1,077
9	2,85	4	1,594	2	1,070
4	2,69	2	1,527	1	1,062
3	2,61	3	1,409	2	0,989
2	2,49	2	1,387		

Межплоскостные расстояния висмутина из Дастакерта с некоторыми отклонениями совпадают с данными эталона висмутина из месторождения Персберг, Швеция [2].

В и т т и х е н и т является довольно часто встречающимся мине-

ралом в рудах медно-молибденовых месторождений. Он представлен в виде мельчайших, неправильных, часто удлиненных выделений в полях халькопирита, теннантита, энаргита, борнита и реже сфалерита, галенита, пирита и молибденита. Наиболее тесно виттихенит ассоциируется с висмутином, эмплектитом, халькопиритом, борнитом и обычно окаймляет, замещает эти минералы. На Анкаванском месторождении в энаргит-теннантитовых прожилках нередко выделяется в полях борнита, халькозина, халькопирита, энаргита, теннантита местами в тесной ассоциации с теллуридами и золотом.



Фиг. 2. Выделение виттихенита (темносерое), висмутина (серовато-белое) в халькопирите (серое). Дастакерт, полир. шлиф. X 120.

В отраженном свете серовато-белый с отчетливым коричневатым оттенком. Отражательная способность по сравнению с теннантитом несколько выше. Измерение отражательной способности виттихенита из Дастакерта на установке с фотоумножителем показало следующие значения в процентах: для зеленых лучей—33, оранжевых—29, красных—27. Эффекты анизотропии при скрещенных николях в воздухе и в иммерсии ясно заметы. Для виттихенита из Анкавана отмечается слабый цветной эффект в фиолетово-серых и серовато-коричневатых тонах. Двуотражение слабое и лишь заметно в иммерсии. Рельеф ниже халькопирита. При действии концентрированной HNO_3 бурет. Микрoхимической реакцией в минерале установлены висмут, а микроспектральным анализом получены сильные линии висмута и меди.

Виттихенит из Дастакертского месторождения подтвержден рентгенометрическим анализом (табл. 4). Минерал отобран под микроскопом. Рентгенометрические исследования произведены в минераграфической лаборатории ИГЕМ Г. В. Басовой.

В связи с тем, что виттихенит тесно ассоциируется в рудах с халькопиритом и развивается в его полях в дебаеграмме виттихенита отмечается фаза халькопирита слабой интенсивности.

Таблица 4

Межплоскостные расстояния виттихенита
из Дастакертского месторождения

l	$\frac{d\alpha}{n}$	l	$\frac{d\alpha}{n}$
1	3,90	7	1,778
4	(3,37)	2	1,692
1	3,20	5	1,599
10	3,05	2	1,585*
4	2,87	1	1,325*
3	2,66	3	1,205*
1	2,40	3	1,077*
2	(2,06)	2	1,069
2	2,01	1	1,012*
8	1,859		

Условия съемки: Fe—излучение, камера PKD ($2R=57,3$ мм). $d=0,3$ мм, экспозиция 5 часов.

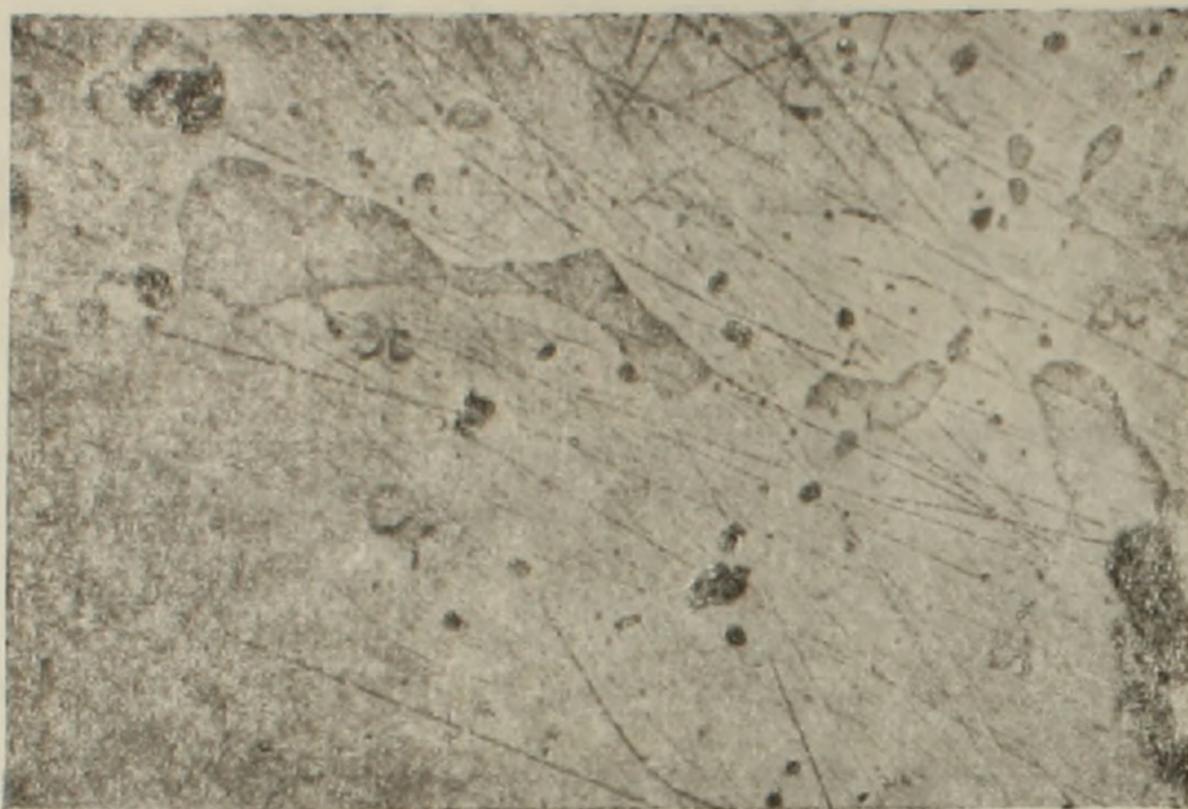
* Межплоскостные расстояния халькопирита.

Сопоставление межплоскостных расстояний виттихенита из Дастакерта с эталоном виттихенита из месторождения Виттихен, Баден [2] показало только частичное совпадение. Рентгенометрические данные виттихенита из Дастакерта близки к дебаеграмме виттихенита по Нуффилду: (4) 4,54; (10) 2,84; (8) 3,07; (4) 2,65 [5].

Эмплектит во многих медно-молибденовых месторождениях Армении впервые установлен автором. Он встречается в прожилках кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадий минерализации в виде мельчайших удлиненных игольчатых и неправильных форм выделения в полях халькопирита, борнита, теннантита, энаргита, галенита, халькозина и редко пирита. Эмплектит тесно ассоциируется с висмутином, виттихенитом, купровисмутитом, образуя с ними зернистые срастания и структуры замещения. Очень часто каемки эмплектита развиты вокруг зерен висмутина, халькопирита, и реже борнита и энаргита. В Анкаване и Каджаране отмечается ассоциация эмплектита с теллуридами висмута. При этом на Анкаване эмплектит вместе с виттихенитом образует концентрически зональные выделения вокруг теллуровисмутита и тетрадимита.

В отраженном свете эмплектит характеризуется серовато-белым цветом с желтовато-кремовым оттенком. Отражательная способность выше, чем у теннантита, энаргита и виттихенита и ниже, чем у галенита, халькопирита и висмутина и выражается для эмплектита из Дастакерта в пределах 34—37% для оранжевых лучей и 41% для зеленых лучей. Эффекты анизотропии в воздухе и в иммерсии четко наблюдаются иногда с нежными цветами от зеленоватого до серо-бледноватого. Двуотражение в воздухе слабое и отчетливо устанавливается в иммерсии. Рельеф ниже, чем у халькопирита и очень близок к рельефу висмутина и виттихенита. Твердость низкая, полируется хорошо, вну-

тренние рефлексы не наблюдаются. При действии разбавленной HNO_3 (1:1) в течение 2 минут слегка буреет; от концентрированной HNO_3 и царской водки быстро чернеет.



Фиг. 3. Висмутин и эмплектит (оба белые) в кварце (темно-серое). Айгедзор, полир. шлиф. $\times 130$.

Микроспектральным анализом в зернах эмплектита из Дастакерта и Анкавана обнаружены сильные линии висмута. Эмплектит относится к числу трудно диагностируемых минералов. Он особенно трудно отличается от висмута и сульфовисмутитов свинца и меди. Наши исследования показали, что эмплектит отличается от висмута своеобразным нежно-кремовым оттенком, более слабой анизотропностью и двуотражением. Отражательная способность в этом случае является не решающей. Эмплектит из Дастакерта нами был подтвержден рентгенометрически (табл. 5). Анализ произведен в минераграфической лаборатории ИГЕМ Г. В. Басовой.

Таблица 5

Межплоскостные расстояния эмплектита из Дастакертского месторождения

l	$\frac{dz}{n}$	l	$\frac{dz}{n}$	l	$\frac{dz}{n}$
2	3,34	2	1,859	1	1,213
10	3,19	5	1,768	2	1,087
4	3,06	2	1,651	2	1,077
3	2,38	3	1,527	2	1,070
8	2,16	4	1,409	1	1,044
4	1,555	2	1,341	2	1,009

Условия съемки: Fe—излучение, камера РК1) ($2R=57,3$ мм). $d=0,3$ мм, экспозиция 5 часов.

Межплоскостные расстояния эмплектита из Дастакерта весьма сходны с эталоном эмплектита из месторождения Иоагангеоргенштадт в Саксонии [2].

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В рудах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР установлены многочисленные собственные минералы висмута, среди которых сравнительно широко развиты: висмутин, виттихенит и эмплектит.

2. Обогащены висмутом прожилки руд средних и поздних стадий минерализации: кварц-халькопирит-молибденитовой (Каджаран, Дастакерт), кварц-халькопиритовой (Каджаран, Агарак, Анкаван), кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Анкаван, Каджаран) и кварц-халцедон-теннантит-энарситовой (Анкаван). Именно в рудах указанных стадий минерализации широко распространены минералы висмута.

3. Высокие и повышенные содержания висмута в рудах связаны с мельчайшими выделениями собственных минералов висмута, развитых в полях рудообразующих сульфидов и сульфосолей, и только отчасти с изоморфной примесью его в отдельных минералах. Высокими содержаниями висмута характеризуются галениты и халькопириты Каджарана, Дастакерта и Анкавана, а также пириты и молибдениты Дастакерта.

4. Руды медно-молибденовых месторождений Армении характеризуются повышенными содержаниями висмута и наличием многочисленных собственных минералов этого ценного элемента, что дает основание поставить вопрос о попутном извлечении висмута из медных и молибденовых концентратов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 17.VI.1969.

Գ. Ն. ՓԻՋՅԱՆ

ԲԻՍՄՈՒՏԻ ՄԷՆԵՐԱԼՆԵՐԸ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՄՍՀ ՊՂԻՆՁ-ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ
ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգիվածում բերվում են Հայկական ՄՍՀ-ի գլխավոր պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերում բիսմութի միներալների միներալա-գեոքիմիական բազմամյա հետազոտությունների արդյունքները:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութերում հատկապես բիսմութի շատ միներալներ, սակայն նրանցից ւ.ու. վել տարածված են բիսմութինը, վիտիխենիտը և էմպլեկտիտը, որոնց մանրամասն նկարագրությունը բերված է հոգիվածում: Բիսմութի միներալներով առավել հարուստ են Քաջարանի, Իաստակերտի և Հանքավանի հանքանյութերը: Հանքառաջացնող սուլֆիդներից բիսմութի բարձր պարունակությամբ աչքի են ընկնում գալենիտներն ու խալկոպիրիտները:

Հեղինակը հանգում է այն եզրակացությանը, որ բիսմութով հարուստ են պլխավորապես հանքառաջացման միջին և ուշ ստադիաներում ձևավորված

հանքային երակները: Հանքանյութերում բխմուտի բարձր պարունակությունները մեծ մասամբ պայմանավորված են բխմուտի սեփական միներալների առկայությամբ, ինչպես նաև բխմուտի իզոմորֆ խառնուրդով առանձին միներալներում:

Հոդվածում առաջ է քաշվում պղնձի և պղինձ-մոլիբդենային հարստանյութերից բխմուտի կորզման հարցը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Карапетян А. И. Сульфовисмутиты меди в рудах Анкаванского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
2. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолиздат, 1957.
3. Пиджян Г. О. К геохимии руд Дастакертского медно-молибденового месторождения. Известия АН Арм. ССР, серия геолог.-географ. наук, № 4, 1958.
4. Пиджян Г. О. К минералогии руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Известия АН Арм. ССР, серия геолог.-географ. наук, № 2, 1960.
5. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. Изд. иностранной литературы, 1962.
6. Фарамазян А. С. К минералогии полиметаллических руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Известия АН Армянской ССР, сер. геолого-географ. наук, т. XI, № 6, 1958.