

В. О. ПАРОНИКЯН

МИНЕРАЛЫ ВИСМУТА ИЗ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД АЙОЦДЗОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

При изучении полиметаллических руд Айоцдзорского рудного района (1960—61 гг.) автором был установлен ряд новых минералов висмута. Они довольно часто встречаются в рудах Каялинского, Гюмушханского и, в меньшей степени, Газминского месторождений. В сурьмяно-полиметаллических рудах Азатекского месторождения, несмотря на тщательный просмотр многих полированных шлифов, эти минералы не были обнаружены.

Исследуемый рудный район характеризуется широким развитием вулканогенно-осадочных образований эоценового, реже олигоценового возраста, прорванных небольшими интрузиями гранитоидов и породами жильной серии кислого и основного состава. В тесной пространственной связи с этими интрузиями находятся полиметаллические и сурьмяно-полиметаллические месторождения района.

Рудные тела в виде жил и реже зон с вкрапленно-прожилковым оруденением залегают в эоценовых отложениях (Газма, Азатек), представленных туффитами, туфопесчаниками, туфоконгломератами, порфиритами, их туфами и туфобрекчиями, в андезитовых туфах (Гюмушхана) и реже переходят в интрузивные породы. На Каялинском месторождении рудные тела, в основном, залегают среди интрузивных пород гранодиоритового состава и реже в его экзоконтактовых участках.

Минералогический состав гипогенных руд довольно разнообразен и приведен в табл. 1. Как видно из таблицы полиметаллические руды указанных месторождений имеют довольно сходный минералогический состав и отличаются только разными количественными соотношениями минералов.

В рудах изучаемых месторождений эти минералы встречаются в различных парагенетических ассоциациях, которые как показывают исследования, принадлежат к разным стадиям минерализации. Выделяются следующие стадии минерализации в последовательности их образования.

1. Турмалинизация и скарнирование пород экзоконтакта (Каялу, Геарчин).

2. Кварц-пиритовая (Газма, Каялу, Азатек, Гюмушхана).

Таблица 1

Наименование минералов	Месторождения		
	Газминское	Каялинское	Гюмушхан- ское
а. Рудные			
Пирит	+	+	+
Магнетит	—	+	—
Мартит	—	++	—
Ильменорутил	—	++	—
Пиррогин	+	—	—
Халькопирит	+	+	+
Молибденит	+	+	—
Арсенопирит	+	+	+
Сфалерит	+	+	+
Блеклая руда	+	+	+
Галенит	+	+	+
Бурнонит	+	++	++
Геокронит	++	++	++
Буланжерит	—	—	+
Борнит	+	++	+
Козалит	—	++	—
Айкинит	++	++	++
Виттихенит	—	++	—
Эмплектит	—	++	—
Матильдит	++	++	—
Теллуrowисмутит	++	++	—
Алтаит	++	—	++
Самородное Au	+	++	+
Самородное Ag (?)	+	++	—
Аргентит (?)	+	++	—
Марказит	+	++	+
б. Жильные			
Гранаты	—	+	—
Хлорит	+	+	+
Эпидот	+	+	—
Кварц	+	+	+
Кальцит	+	+	+
Анкерит	—	++	—
Барит	+	—	+
Халцедон	+	+	+
Серицит	+	++	+
Каолинит	+	++	+

Примечание:

- + — установлены прежними исследователями,
 ++ — установлены автором.
 — — не обнаружены.

3. Пирит-халькопиритовая (с молибденитом) (Газма, Каялу, Гюмушхана).

4. Полиметаллическая (Газма, Каялу, Азатек, Гюмушхана).

5. Сульфoантимонитовая (Азатек, частично Каялу).

6. Кварц-антимонитовая (Азатек).

7. Баритовая (Азатек, Гюмушхана).

8. Безрудная-кварц-карбонатная (Газма, Каялу, Азатек, Гюмушхана).

Эти стадии часто совмещены, иногда обособлены. Наблюдается их зональное расположение в отношении интрузивных массивов, которое выражается в смене высокотемпературных ассоциаций низкотемпературными—в горизонтальном и, в меньшей степени, вертикальном направлениях.

Минералы висмута закономерно встречаются в рудах полиметаллической стадии и являются наиболее поздними образованиями. В рудах сульфоантимонитовой стадии содержание висмута высокое, однако его самостоятельные минералы не обнаружены. В других вышеперечисленных стадиях роль висмута незначительная.

Ниже приводится описание установленных минералов висмута¹.

Айкинит ($PbCuBiS_3$) является наиболее распространенным из установленных минералов висмута. Особенно часто встречается в рудах Каялинского и Гюмушханского месторождений в тех участках руд, где увеличивается количество блеклой руды. В рудах Газминского месторождения айкинит был встречен на самом нижнем горизонте (гор. шт. № 38, жила 5), где полиметаллическое оруденение сменяется медно-мышьяковым с небольшой ролью галенита и сфалерита. Следует заметить, что руды с повышенной концентрацией айкинита характеризуются также повышенным содержанием золота, которое встречается в виде самородных частиц в полях и стыках айкинита или других сульфидов.

Айкинит образует бесформенные, иногда пластинчатые и игольчатые выделения чаще всего в полях галенита и блеклой руды, реже халькопирита, сфалерита и пирита. Иногда в виде тонких прожилков пересекает поля теннантита (фиг. 2), располагается в пограничных участках сульфидов, замещая и развиваясь по ним (фиг. 3). Время образования айкинита позднее блеклой руды, почти одновременно с галенитом.

Айкинит полируется хорошо, относительный рельеф выше галенита и немного ниже халькопирита. Микротвердость от 140 до 175 кг/мм² и в среднем по 8 измерениям составляет 157 кг/мм².

Цвет айкинита в отраженном свете кремово-белый. Кремовый оттенок более ясно наблюдается, когда минерал находится в полях галенита. Двуотражение, в зависимости от сечений агрегатов—от слабого до умеренного, особенно хорошо заметно на границе отдельных индивидов. В масле заметно усиливается с цветным эффектом: светлое положение—кремово-белый, темное—серо-белый, с коричневым оттенком.

При скрещенных николях сильно анизотропный, при этом, структура минерального агрегата аллотриоморфнозернистая (иногда мозаичные картины), местами образует пластинчатые или же удлиненные индивиды. Двойникование не наблюдается.

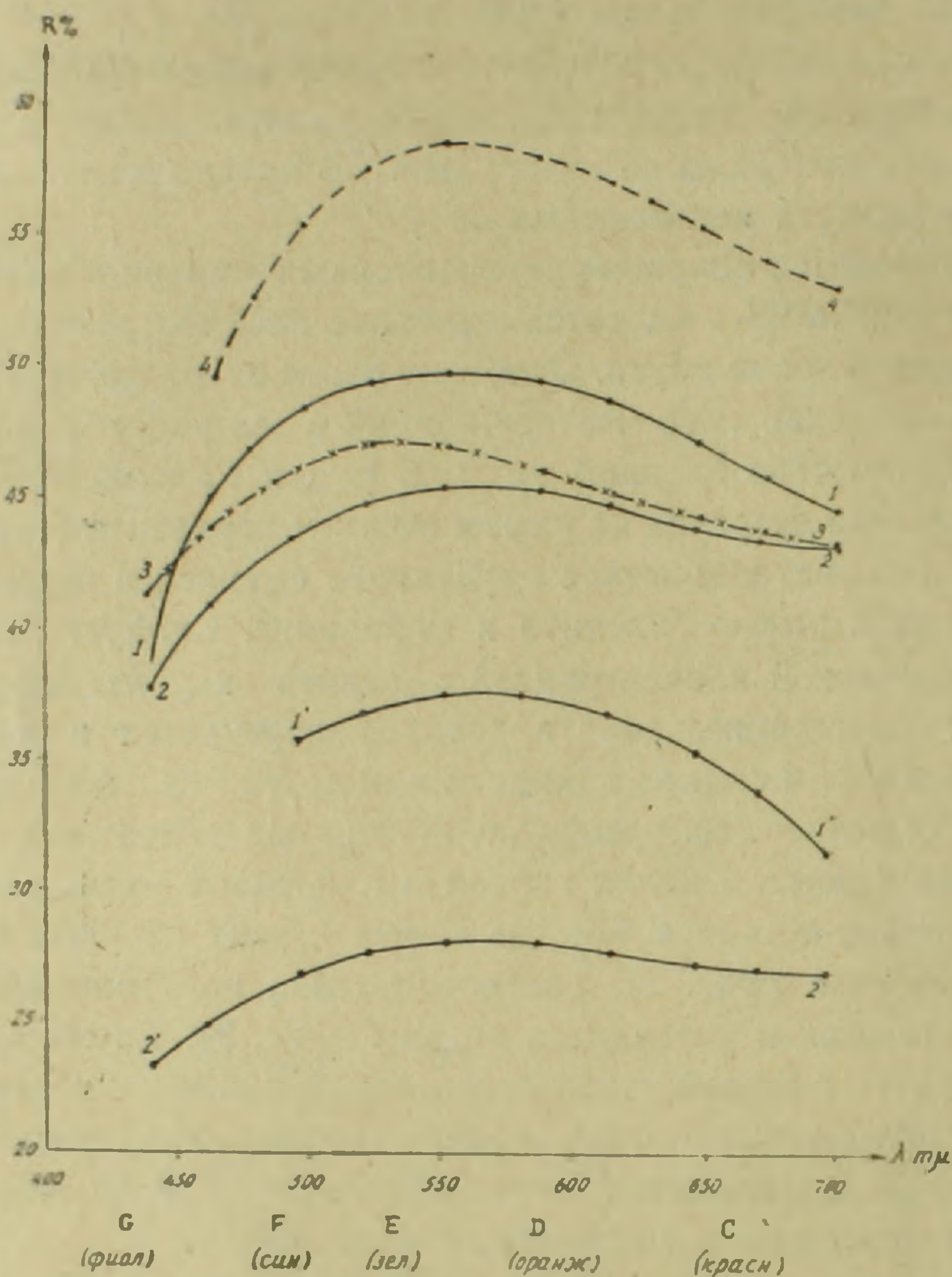
Отражательная способность² (R) по 4 измерениям равна в среднем

¹ Впервые в описываемом рудном районе вторичный минерал висмута—базовисмутит был обнаружен И. Г. Магакьяном в шлифах Каялинского месторождения.

² Приведенные цифровые значения R измерены в ИГЕМ АН СССР на установке для определения отражательной способности с фотоумножителем при оранжевом светофильтре.

43,5%. Как видно из кривых дисперсии отражательной способности, максимальное значение R минерал приобретает в зеленой части спектра.

Из исследуемого минерала были приготовлены шарики, которые подверглись рентгенометрическим исследованиям. Данные межплоскостных расстояний айкинитов из месторождений Газма, Каялу и Гю-



Фиг. 1. Кривые дисперсии отражательной способности: айкинита 1—1 и 1'—1' — R_g ; 2—2, 2'—2' — R_p (в воздухе и в масле) из месторождения Гюмушхана; 3—3—айкинита и 4—4—теллуrowисмутита (в воздухе) из месторождения Каялу.

мушхана, как видно из приведенной таблицы (табл. 2), совпадают с данными эталона из Березовска [4].

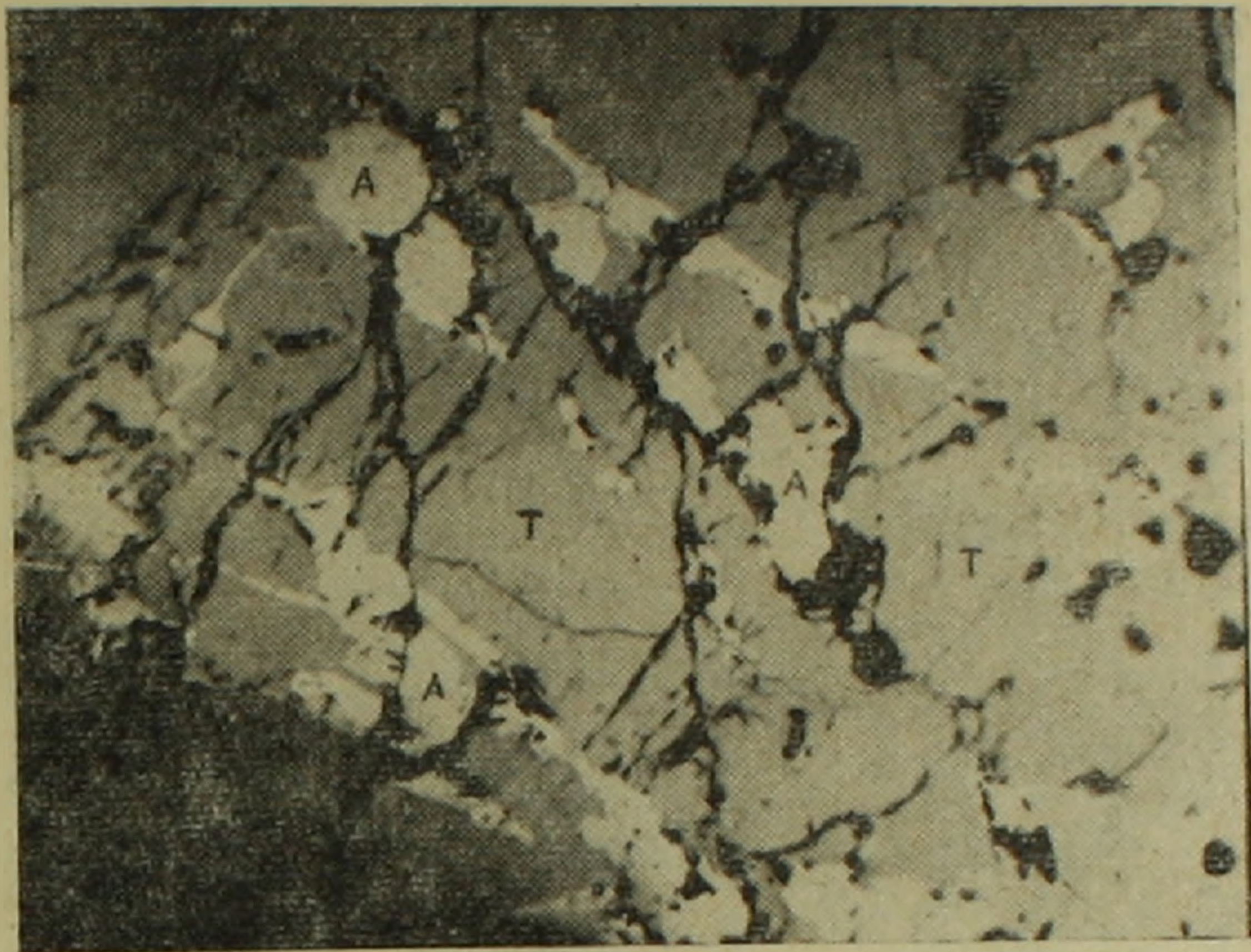
Условия съемки: Fe—излучение; T —3 ч., камера d —57,3; d шарика—0,4 мм. Режим трубки 35 KV, 16 mA.

Микрохимические анализы, проведенные на порошке айкинита, отобранного под микроскопом, дали положительные результаты на Bi. Микроспектральными анализами установлены Pb, Cu и Bi.

Козалит ($Pb_2Bi_2S_5$) обнаружен в рудах Геарчинского участка Кая-

¹ Кривые дисперсии R минералов (фиг. 1) составлены на основании измерения фотометрическим окуляром с оптическим клином И. С. Волынского (ОКФ—1) в ИМГРЭ.

линского месторождения. Представлен в виде пластинчатых (фиг. 4) и игольчатых выделений, приуроченных к полям теннантита и халькопирита. Характерно, что в краях козалита на контакте с халькопиритом и блеклой рудой, местами образуются айкинит и реже эмплектит, и виттихенит в виде реакционной каймы.



Фиг. 2. Тонкие прожилки айкинита (А), пересекающие поля теннантита (Т), темно-серые прожилки и выделения — кварц. Месторождение Каялу. $\times 160$.



Фиг. 3. Замещение блеклой руды (Б) айкинитом (А) в контакте с пиритом (П). Темные поля — кварц. Месторождение Гюмушхана. $\times 160$.

Козалит полируется хорошо, лучше галенита. Относительный рельеф немного выше галенита и ниже айкинита. Микротвердость $H_{ср1}$ — 107, $H_{ср11}$ — 132 кг/мм².

Цвет минерала — белый, похож на галенит. Отражательная способность—42,7%. Двухотражение от слабого до умеренного; умеренно—силь-

Таблица 2

Межплоскостные расстояния айкинита

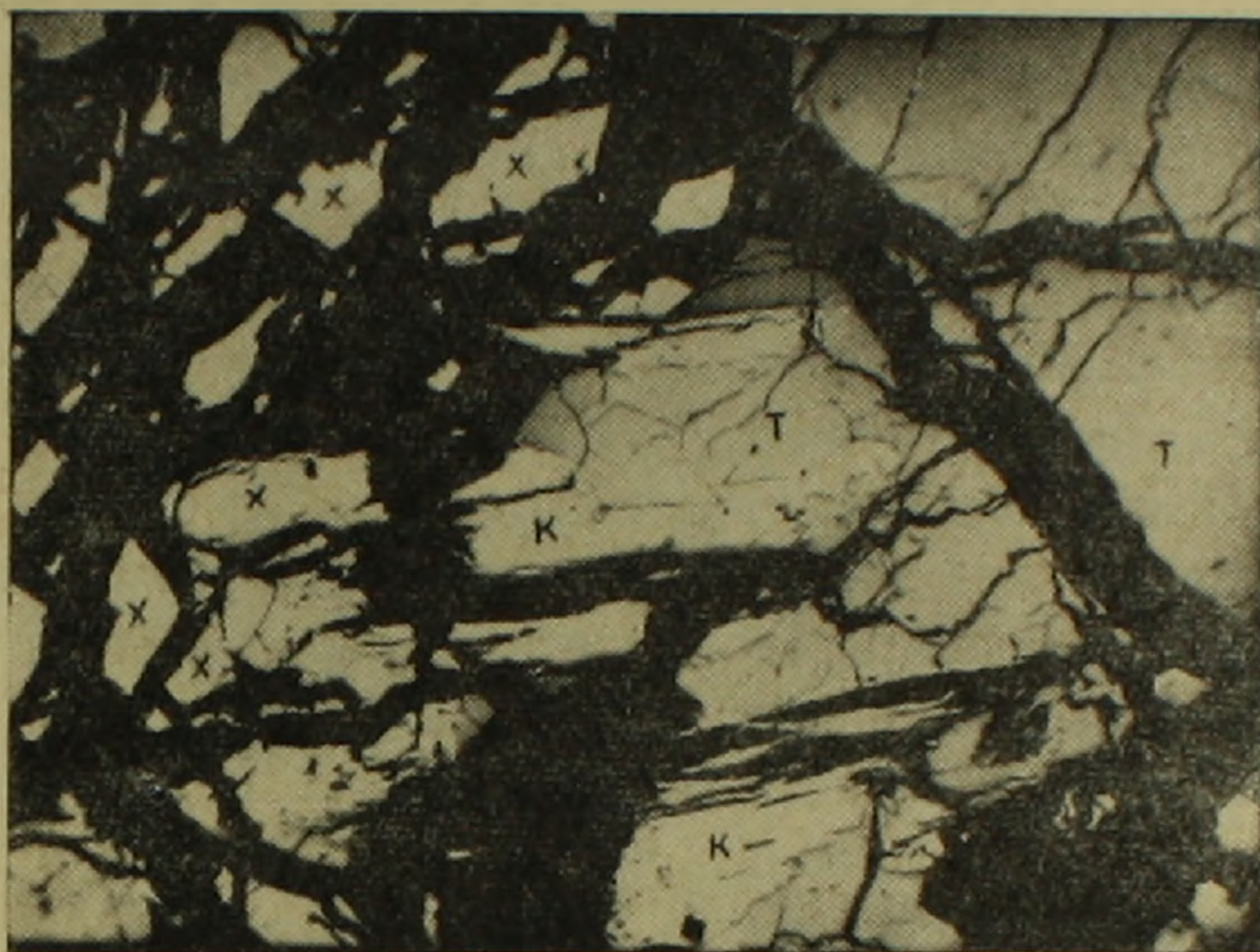
Газминское		Каялинское		Гюмушханское				Эталон	
обр. № 1109а		об. № 1080а		обр. № 1094		обр. № 1096			
1	$\frac{da}{n}$	1	$\frac{da}{n}$	1	$\frac{da}{n}$	1	$\frac{da}{n}$	1	$\frac{da}{n}$
3	4,02	5	4,16	—	—	3	3,99	4	4,07
1	3,78	—	—	7	3,88	—	—	1	3,77
10	3,61	10	3,66	8—9	3,596	8	3,66	10	3,67
10	3,19	10	3,22	10	3,146	10	3,16	9	3,18
—	—	2	2,98	—	—	3	2,98	—	—
9	2,84	8	2,89	8	2,841	10	2,85	8	2,88
—	—	—	—	1	(2,742)	1	2,77	2	2,74
9	2,69	4	2,72	4	2,674	2	2,66	3	2,68
3	2,60	4	2,60	3	2,584	2	2,58	6	2,58
3	2,50	1	2,52	4	2,495	2	2,49	1	2,51
1	2,37	2	2,38	3	2,354	1	(2,35)	1	2,36
3	2,26	2	2,30	3	2,271	2	2,26	3	2,27
3	2,15	3	2,18	4	2,152	—	—	2	2,17
3	2,10	3	2,11	—	—	3	2,11	3	2,15
—	—	3	2,01	5	2,02	9	2,01	3	2,02
10	1,982	3	1,961	6	1,973	2	1,976	5	1,984
3	1,937	—	—	6	1,943	—	—	4	1,947
3	1,887	—	—	2	1,883	—	—	3	1,883
—	—	—	—	1	1,805	—	—	1	1,805
2	1,760	2	1,78	6	1,754	1	1,773	4	1,766
4	1,641	—	—	—	—	1	1,653	1	1,648
1	1,592	—	—	—	—	—	—	4	1,593
—	—	1	1,578	5	1,586	1	1,569	—	—
4	1,526	3	1,535	4	1,520	—	—	4	1,524
4	1,485	1	1,480	1	1,486	—	—	1	1,488
—	—	—	—	—	—	—	—	2	1,475
2	1,452	—	—	1	1,451	—	—	—	—
1	1,406	4	1,410	4	1,402	—	—	4	1,406
2	1,365	1	1,370	3	1,372	—	—	2	1,380
—	—	—	—	1	1,351	—	—	2	1,354
2	1,332	2	1,337	2	1,326	1	1,313	3	1,330
—	—	—	—	3	1,300	—	—	1	1,302
—	—	—	—	3	1,269	1	1,271	2	1,271
—	—	—	—	—	—	3	1,160	1	1,158

но анизотропный. При скрещенных николях проявляются удлиненные и пластинчатые индивиды без двойникования.

Межплоскостные расстояния исследуемого минерала, приведенные в табл. 3, совпадают с данными эталона из месторождения Бетпакдала [4]. Условия съемки шарика аналогичны вышеописанному (см. айкинит).

Эмплектит и виттихенит (CuBiS_2 и Cu_3BiS_3) в исследуемых рудах встречаются редко. Установлены в рудах Каялинского месторождения (участок Геарчин). Здесь они образуют тесные срастания друг с другом, и в виде изометрических выделений встречаются в полях галенита или же образуют кайму вокруг козалита на границе зерен теннантита и халькопирита. В последнем случае наблюдается следующий закономерный переход: козалит-айкинит-эмплектит-виттихенит, далее халькопирит или теннантит.

Оба полируются хорошо. Относительный рельеф виттихенита немного выше эмплектита и ниже халькопирита. Цвет эмплектита светло-серо-белый с желтовато-кремовым оттенком; цвет виттихенита серо-белый с коричневым оттенком. Отражательная способность эмплектита немного ниже козалита и айкинита. R виттихенита немного ниже эмплектита и выше теннантита.



Фиг. 4. Срастание пластинчатых выделений козалита (К) с теннантитом (Т). X — халькопирит, черные поля и прожилки — карбонат. Месторождения Каялу (уч. Геарчин). $\times 160$.

Таблица 3

Межплоскостные расстояния козалита из Каялинского месторождения

Обр. 979a		Эталон		Обр. 979a		Эталон	
l	$\frac{da}{n}$	l	$\frac{da}{n}$	l	$\frac{da}{n}$	l	$\frac{da}{n}$
1	3,91	—	—	5	2,04	7	2,02
1	3,64	—	—	31	1,812	4	1,905
10	3,45	10	3,42	31	1,792	7	1,792
1	3,16	—	—	2	1,745	—	—
1	3,08	—	—	2	1,716	4	1,712
10	2,98	10	2,95	1	1,391	3	1,387
11	2,89	3	2,81	2	1,326	2	1,326
11	2,79	—	—	—	—	3	1,294
2	2,14	1	2,13	2	1,214	1	1,212
6	2,11	5	2,09	1	1,137	—	—

Двуотражение и эффект анизотропии у эмплектита слабые до умеренных, у виттихенита—слабые.

Матильдит ($AgBiS_2$) обнаружен в рудах Газминского месторождения (жила № 5, шт. № 38) и редкие включения в рудах Каялинского месторождения.

Представлен в виде тонких игольчатых кристаллов (размером до Известия, XV, 3—3

0,08 мм в длину) и реже изометрических зерен, приуроченных к полям галенита, которые имеют разные ориентировки в отношении направлений кубической спайности галенита.

Полируется хорошо, относительный рельеф немного выше галенита. Микротвердость 115—124 кг/мм². Цвет белый с едва заметным кремовым оттенком. Слабо-умеренно двуотражающий с изменением цветного оттенка (особенно хорошо заметно в масле): светлое положение кремово-белый (в этом случае R матильдита почти равна R галенита); темное положение серо-белый с нежно-зеленоватым оттенком (R ниже галенита). Умеренно-сильно анизотропный. Микроспектральным анализом в зернах установлен Ag и Bi.

Многочисленными спектральными анализами рядовых руд и мономинеральных проб галенита из исследуемых месторождений устанавливается прямая зависимость между содержаниями Ag и Bi. Эта закономерность для высокотемпературных галенитов отмечается Рамдором [7] и была подтверждена экспериментально Вен Гуком (Van Hook) [8], согласно которому предел растворимости серебра в галените значительно расширяется при наличии в нем висмута.

Можно полагать, что часть Bi в указанных рудах присутствует в виде сульфовисмутитов серебра.

Минерал X обнаружен в рудах Геарчинского участка Каялинского месторождения. Образуется за счет теннантита на участках развития игольчатых кристаллов козалита, образуя вокруг него бесформенные каймы.

Полируется хорошо. Относительный рельеф немного ниже теннантита, заметно выше козалита. Цвет в отраженном свете серый с фиолетово-розовым оттенком (становится более ясным в масле). Фиолетово-розовый оттенок этого минерала более отчетливо наблюдается на пограничных участках с козалитом, дальше от него слабеет и цвет меняется в серовато-белый.

Двуотражение и анизотропность не наблюдаются. Отражательная способность равна или немного выше теннантита.

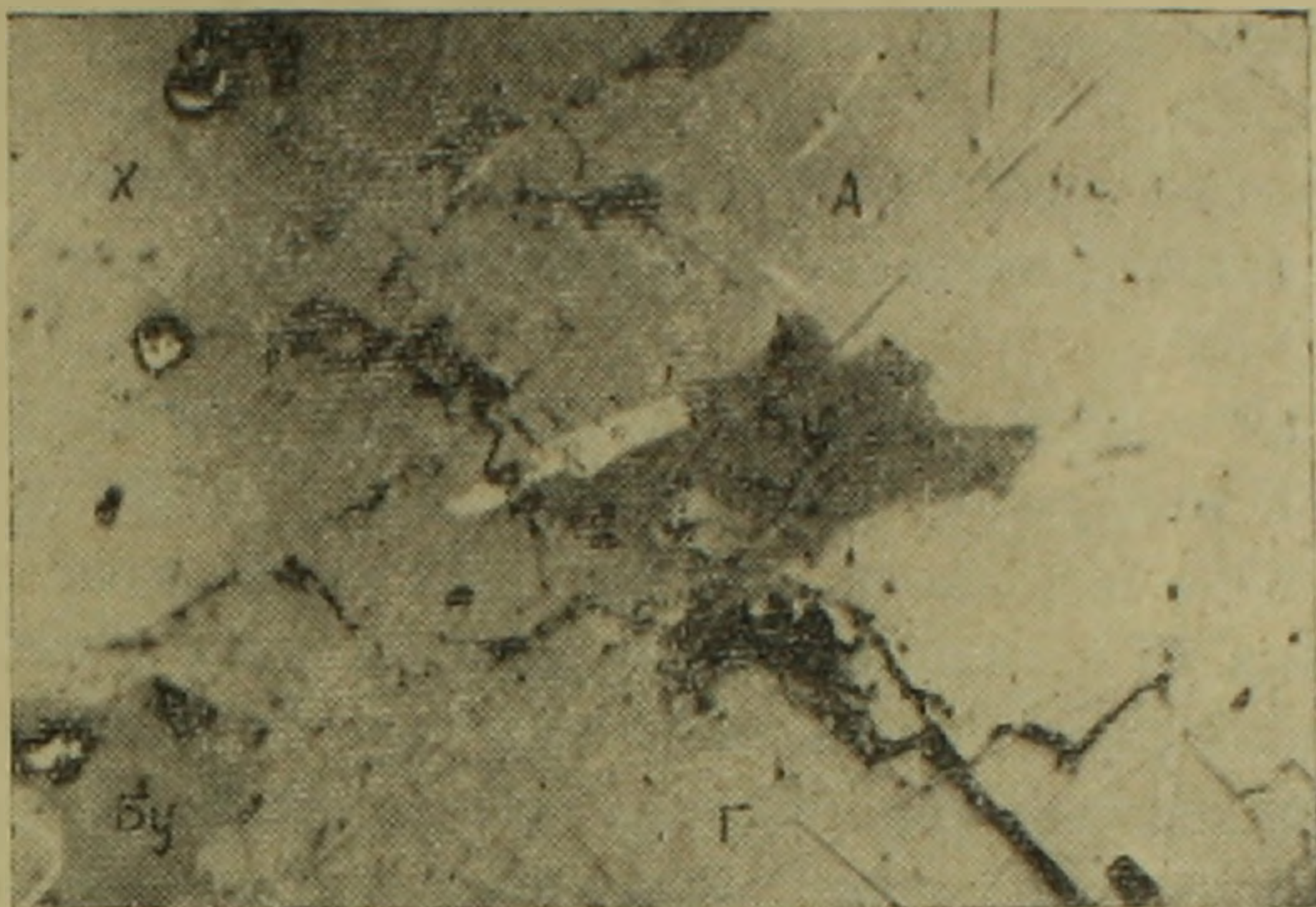
По-видимому, это обогащенный висмутом теннантит, который по химическому составу является переходным между теннантитом и виттихенитом.

Теллуровисмутит (Bi_2Te_3) обнаружен в Газминском и Каялинском месторождениях. В рудах Газминского месторождения он тесно ассоциирует с айкинитом и представлен в виде мелких игольчатых зерен, рассеянных в полях айкинита или же приуроченных к границам айкинита с галенитом и бурнонитом (фиг. 5). На Каялинском месторождении теллуровисмутит встречается в таких рудах, где имеется скопление минералов висмута, однако здесь он обособлен от них и в виде мелких игольчатых и призматических зерен рассеян в полях галенита (фиг. 6). Размеры зерен теллуровисмутита достигают до 0,03 мм в длину.

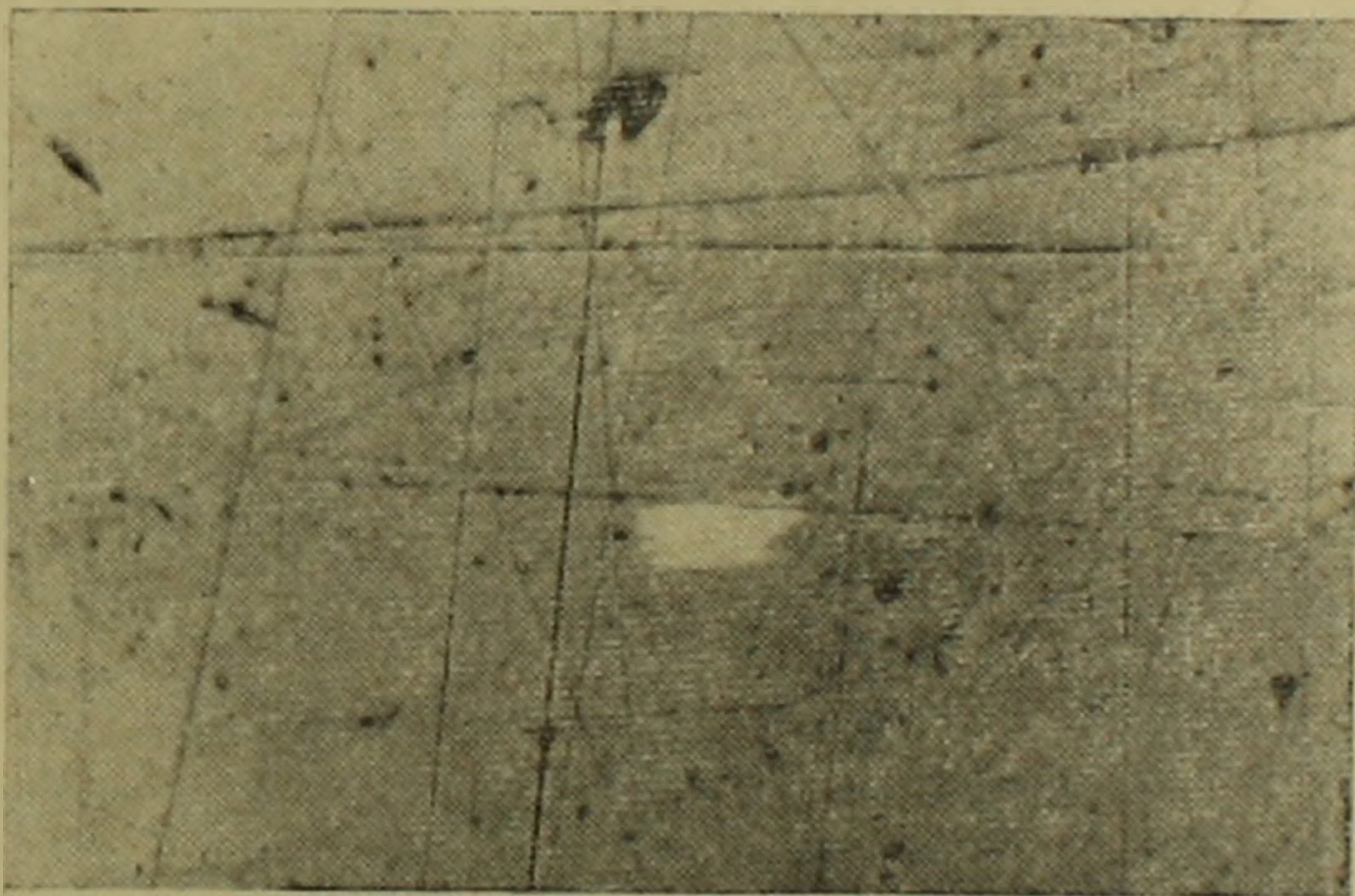
Полируется хуже галенита. Относительный рельеф равен или немного ниже галенита. Микротвердость варьирует от 47 до 95 кг/мм².

Р минерала заметно выше халькопирита и, как видно из кривой дисперсии отражательной способности, резко возрастает в зеленой части спектра.

Цвет в отраженном свете светло-кремово-белый. Двуотражение слабое, умеренно анизотропный.



Фиг. 5. Игольчатые и пластинчатые выделения теллуrowисмутита (светло-белые) в полях айкинита (А) и в контакте с бурнонитом (By). Г — галенит. X — халькопирит. Месторождение Газма. X 320.



Фиг. 6. Пластинчатое выделение теллуrowисмутита (светло-серое) в полях галенита (серое). Месторождение Каялу. X 320.

В ы в о д ы

Как видно из вышеизложенного, минералы висмута являются характерными примесями полиметаллических руд Айондзорского рудного района. Наиболее часто они встречаются в рудах, образующихся в относительно высокотемпературных условиях (Каялу, Гюмушхана). В рудах, формирующихся в низкотемпературных интервалах полиметалли-

ческой стадии, эти минералы образуются очень редко и встречаются в образцах, отобранных из нижних горизонтов рудных тел (Газма). Отсутствие самостоятельных минералов висмута в рудах сульфоантимонитовой стадии, несмотря на повышенное его содержание (Азатек), обусловлено в широких пределах изоморфным вхождением этого элемента в кристаллические решетки сульфоантимонитов свинца и меди.

Эти минералы формируются после блеклой руды, одновременно или позже галенита, т. е. в самом конце полиметаллической стадии минерализации. Последовательность их образования, по-видимому, следующая: козалит, айкинит, виттихенит, эмплектит, матильдит и теллуровисмутит.

В табл. 4 приведены данные спектральных анализов главных рудообразующих минералов Газминского, Азатекского и Каялинского месторождений, и на основании этой таблицы составлена диаграмма частоты нахождения Вi в главных сульфидах указанных месторождений (фиг. 7). Минералы в них расположены согласно возрастанию содержания Вi. Эта последовательность примерно совпадает с порядком выпадения минералов из гидротермальных растворов (кроме сфалерита, который здесь стоит впереди пирита, однако образуется позже него). Таким образом, наблюдается закономерное обогащение гидротермальных растворов висмутом в конце процесса, что приводит к образованию самостоятельных минералов в виде сульфовисмутитов Pb, Cu и Ag, а также теллуридов.

Таблица 4

Месторождение	Название минералов	Кол-во проб в т. ч. обнару- жено Вi	Частота нахождения							
			0,0003— 0,001%	0,001— 0,003%	0,003— 0,01%	0,01— 0,03%	0,03— 0,1%	0,1—0,3%	0,3—1%	
Газминское	Сфалерит	14/0	—	—	—	—	—	—	—	
	Пирит	15/6	—	6	—	—	—	—	—	
	Халькопирит	2/1	—	1	—	—	—	—	—	
	Галенит	12/12	1	2	5	2	2	—	1	
Азатекское	Сфалерит	10/0	—	—	—	—	—	—	—	
	Пирит	12/6	6	—	—	—	—	—	—	
	Галенит	7/6	—	1	—	1	4	—	—	
	Сульфоанти- мониты	25/23	2	5	4	5	4	2	1	
Каялинское	Сфалерит	4/3	2	1	—	—	—	—	—	
	Пирит	11/9	2	5	1	1	—	—	—	
	Арсенопирит	3/3	1	1	1	—	—	—	—	
	Халькопирит	7/7	3	1	—	1	2	—	—	
	Блеклая руда	10/10	—	1	—	6	2	1	—	
	Галенит	7/7	—	—	—	—	2	2	3	

В исследуемых рудах наблюдается прямая зависимость между содержаниями Au и Вi, Ag и Вi. Первая установлена в полированных

шлифах и выражается в увеличении количества частиц самородного золота в тех ассоциациях, где встречаются минералы Bi.

Зависимость между Ag и Bi установлена многочисленными спектральными анализами руд и мономинеральных проб, при этом содержание серебра закономерно увеличивается с увеличением концентрации



Фиг. 7. Диаграмма частоты нахождения висмута в сфалерите (1), пирите (2), халькопирите (3), сульфоантимонитах Pb и Sn (4), галените (5).

висмута (особенно в галените), что, по-видимому, связано с наличием в рудах сульфовисмутитов серебра. Можно полагать, что в относительно высокотемпературных рудах (Каялу, Гюмушхана) эти элементы большей частью изоморфно входят в кристаллическую решетку галенита (при этом компенсация зарядов идет по схеме $Ag^{+1} + Bi^{+3} \rightarrow 2Pb^{+2}$), т. к. в этих условиях они имеют широкий предел растворимости в галените [7] (образуют изоструктурное соединение с галенитом — кубический шапбахит и остаются микроскопически незаметными). В рудах, образующихся в низкотемпературных условиях, растворимость сульфовисмутита серебра в галените понижается в результате параморфного превращения кубического шапбахита в ромбический матильдит (температура превращения ниже 225°) [7]. Это выражается в выделении отдельной самостоятельной фазы, наблюдаемой в полированных шлифах в виде минерала-матильдита (Газминское месторождение).

По имеющимся литературным данным висмут является характерной примесью также и для руд других полиметаллических месторождений, приуроченных к медно-молибденовым рудным полям, в которых он часто встречается в виде самостоятельных минералов, в то время как для колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд этот элемент менее характерен и минералы образует редко. Таким образом, ставится вопрос

об изучении полиметаллических руд, приуроченных к медно-молибденовым рудным полям с точки зрения висмутоносности.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 26.11. 1962.

Վ. Հ. ՊԱՐՈՆԻԿՅԱՆ

ԲԻՍՄՈՒՏԻ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ ՀԱՅՈՑՁՈՐԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆԻ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հայոցձորի հանքային շրջանի մի քանի հանքավայրերի հանքանյութերի մանրամասն միկրոսկոպիական ուսումնասիրությունների հետևանքով հանդիսավոր կողմից հայտնաբերվել են բիսմութի մի շարք նոր միներալներ՝ կոզալիտ, ալկինիտ, վիտիխենիտ, էմպլեկտիտ, մատիլդիտ և թելուրոբիսմութիտ:

Բիսմութի միներալները հանդիպում են միայն բազմամետաղային ստադիայի հանքանյութերում: Ընդ որում, այդ միներալները ամենից շատ բնորոշ են բազմամետաղային ստադիայի այն հանքանյութերի համար, որոնք առաջացել են համեմատաբար բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում (Կայալու, Գյումուշխանա): Հետաքրքրական է նշել, որ սուլֆոանտիմոնիտային ստադիայի հանքանյութերում (Ազատեկ) բիսմութը հանդես է գալիս համարյա նույն քանակությամբ, ինչպես բազմամետաղայինում, իսկ երբեմն էլ ավելի բարձր պարունակությամբ, սակայն այստեղ բիսմութի միներալները բացակայում են: Դա, հավանաբար, բացատրվում է կապարի և պղնձի սուլֆոանտիմոնիտներում բիսմութի լայն իզոմորֆիզմով:

Նշված հանքանյութերում Au և Bi, Ag և Bi պարունակությունների միջև գոյություն ունի որոշակի կապ: Առաջին դեպքում այդ կապը արտահայտվում է բնածին ոսկու հատիկների քանակի աճով այն նմուշներում, որտեղ հանդիպում են բիսմութի միներալները: Արծաթի և բիսմութի պարունակությունների միջև եղած կապը դրսևորվում է բազմաթիվ սպեկտրալ անալիզների միջոցով, որոնցում նկատվում է արծաթի և բիսմութի քանակությունների համապատասխան փոփոխություններ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Волынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом. Т-3. Госгеолиздат, М., 1949.
2. Магакьян И. Г. Главные промышленные семейства и типы руд. Зап., ВМО, № 4, 1950.
3. Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, № 4, 1957.
4. Минералы. Т-1, изд. АН СССР, М., 1960.
5. Пароникян В. О. Алтант из руд Азатекского месторождения. Изв. АН АрмССР, геолог. и геогр. н., № 6, 1961.
6. Coldschmidt V. M. Geochemistry. Oxford, 1954.
7. Ramdohr P. Die Erzminerellen und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag. Berlin, 1950.
8. Van Hook H. J. The ternary sistem $Ag_2S-Bi_2S_3-PbS$. Econ. Geol. 55, № 4, 1960.