

МИНЕРАЛОГИЯ

В. О. ПАРОНИКЯН

К МИНЕРАЛОГИИ РУД АХТАЛЬСКОГО
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ахтальское полиметаллическое месторождение по схеме металлогенического районирования И. Г. Магакьяна входит в Алаверди-Кафанский рудный пояс, характеризующийся широким развитием колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд.

Участок месторождения сложен кварцевыми порфиритами, их туфами и туфобрекчиями, перекрывающимися «покровными» порфиритами, их туфами и туфобрекчиями и серией туфогенно-осадочных образований среднеюрского возраста. В пределах месторождения эти породы собраны в пологую брахиантиклинальную складку, осложненную тектоническими нарушениями, главным образом близширотных и близмеридиональных простираний.

Рудные тела в виде линз, гнезд и реже зон с вкрапленно-прожилковым оруденением локально приурочены к кварцевым порфиритам и залегают в их приконтактовых частях с «покровными» порфиритами.

Минералогический состав гипогенных руд представлен сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пиритом, теннантитом, тетраэдритом, борнитом, халькозином, марказитом, касситеритом, аргентитом и самородным золотом. И. С. Волынский указывает наличие в рудах бетехтинита. Жильными являются кварц, барит, каолинит, карбонаты и реже гипс [4, 6, 8, 9].

Процесс рудной минерализации на месторождении очевидно развивался многостадийно. Однако минеральные ассоциации отдельных стадий обычно телескопированы, что значительно затрудняет установление последовательности их формирования. На основании детальных макроскопических и микроскопических исследований руд, их структурно-текстурных особенностей, возрастных взаимоотношений минералов и минеральных ассоциаций, а также по комплексу главных рудообразующих компонентов нами выделены следующие стадии минерализации в последовательности их образования: 1) пиритовая, 2) пирит-халькопиритовая, 3) полиметаллическая, 4) борнит-теннантитовая, 5) баритовая, 6) карбонатная.

Очень интересными по минералогическому составу являются руды борнит-теннантитовой ассоциации. Морфологически эти руды представлены

мелкими гнездообразными и жилообразными телами, пространственное расположение которых контролируется межконтактной полосой барита с полиметаллической рудой, где развиты мелкие тектонические трещины, ориентированные вдоль и реже вкрест этого контакта. В этих типах руд автором впервые (в 1960—61 гг.) были обнаружены миллерит, штроейерит, ялпант, стефанит, полибазит (?), самородное серебро и электрум, описание которых приводятся ниже.

Самородное серебро и электрум встречается довольно часто в указанной выше ассоциации. Обычно серебро в виде тонкодисперсных частиц (размером 0,01—0,02 мм) приурочено к полям барита и реже сульфидных минералов, в то время как электрум (в выделениях размером до 0,6 мм) располагается в трещинах или стыках сульфидов. Из сульфидных минералов наиболее часто встречаются они в полях борнита, теннантита и реже халькопирита, галенита и серебряных минералов. Весьма тонкие равномерно рассеянные вкрапленники самородного серебра были встречены в полях штроейерита, в контакте с самородным серебром.

Формы их выделения — округлые, оваловидные, пластинчатые и часто бесформенные.

Оба полируются плохо, всегда содержат тонкие царапины. Относительный рельеф самородного серебра немного ниже электрума. Микротвердость¹ серебра по 3 измерениям колеблется от 41 до 52 кг/мм², в среднем равна 46 кг/мм². Микротвердость электрума варьирует от 57 до 72 кг/мм², в среднем равна 62 кг/мм². Полученные данные соответствуют результатам исследования этих же минералов согр. ИМГРЭ С. И. Лебедевой из других месторождений.

Цвет самородного серебра в отраженном свете светло-кремово-белый. Электрум имеет слегка желтоватый оттенок. Отражательная способность серебра (R) заметно выше электрума. R электрума по 3 измерениям для оранжевых лучей в среднем составляет 81 %. Несколько заниженное значение R обусловлено наличием в полях этого минерала многочисленных неустраняемых царапин.

При воздействии конц. HNO₃ поверхность самородного серебра становится шероховатой и покрывается бурым налетом. Электрум остается совершенно неизменным.

На шлифах иногда встречаются выделения электрума, которые в краевых частях постепенно переходят в серебро. Это выражается в изменении физических и оптических свойств от центра к периферии. Так, цвет от светло-желтого переходит в кремово-белый, увеличивается R, уменьшается микротвердость. При воздействии на такие зерна конц. HNO₃ пограничные участки покрываются бурым налетом, в то время как средние части их остаются неизменными.

Следует отметить, что борнито-серебряные руды отличаются также высоким содержанием золота. Если в полиметаллических рудах содержа-

¹ Микротвердость минералов определена на установке ПМТ-3 в лаборатории минералогических методов исследования ИМГРЭ.

ние золота не превышает 16 г/т, а в среднем для линзы № 11, из которой взяты исследуемые образцы, составляет 2,18 г/т, то в мономинеральном борните оно доходит до 836 г/т. Как видно из ниже приведенной табл. 1 содержание золота¹ находится в прямой (но не пропорциональной) зависимости от содержания серебра.

Таблица 1

№№ проб	Характеристика	Au в г/т	Ag в г/т
700	Борнит	836,0	25295,0
722	Борнит	90,0	23063,0
700с	Борнитовый концентрат	29,3	10948,7
700а	„ „	15,0	5074,0

При приведенных выше содержаниях Au и Ag в полированных шлифах под микроскопом устанавливается 5—20 частиц электрума, размером 0,01—0,05 мм, а минералы серебра составляют 1—5% площади шлифа.

Миллерит (NiS). Найдено несколько выделений этого минерала в полях халькопирита. Формы выделения изометрические и пластинчатые (фиг. 1) с размером зерен от 0,01 до 0,08 мм.



Фиг. 1. Пластинчатое выделение миллерита (М) в полях халькопирита (Х). Серое поле— теннантит.

Черные игольчатые выделения — барит.

Увел. 320.

Минерал полируется хорошо. Относительный рельеф немного выше халькопирита и ниже блеклой руды. Микротвердость составляет 280—343 кг/мм².

Цвет в отраженном свете кремово-белый. Отражательная способ-

¹ Анализы выполнены в пробирной лаборатории Алавердского меднохимического комбината.

ность в среднем из нескольких измерений составляет 50%¹. Как видно из кривой дисперсии отражательной способности², максимальное значение R минерал приобретает в области зеленой части спектра и в сторону фиолетовых лучей R уменьшается более резко, чем в области оранжевых и красных частей спектра.

Двуотражение миллерита, особенно хорошо заметное на границе отдельных индивидов, в масле усиливается. Сильно анизотропный с цветным эффектом в диагональных положениях пластинки: темно-коричневатого-серый и желтовато-серо-белый.

Микроспектральный анализ минерала показал наличие Ni. Этот элемент встречается в рудах месторождения довольно часто. Относительно повышенное содержание часто устанавливается в пиритовых и борнитовых рудах, где содержание его в отдельных случаях доходит до 0,03—0,1%.

Штроейерит ($Ag_{1-x}CuS$) в рудах Ахтальского месторождения был обнаружен впервые автором. Часто он образует тонкие мономинеральные прожилки (иногда в сростках с другими минералами серебра), мощностью до 1—1,5 см, пересекающие поля халькопирита, борнита, теннантита, сфалерита и галенита. Иногда в виде бесформенных выделений и субмикроскопических частиц обнаруживается в полях перечисленных выше минералов и особенно часто борнита и теннантита. Весьма редкой является ассоциация халькозин-штроейерит. Из просмотренных около 100 шлифов только в нескольких обнаружены мелкие выделения минерала (в полях штроейерита), которые по оптическим свойствам напоминают халькозин. Эти включения халькозина имеют пластинчатую форму и ориентированы параллельно индивидам штроейерита.

Штроейерит полируется хорошо, однако всегда остается тонкоштрихованным. Относительный рельеф ниже борнита, галенита и немного выше акантита. Значение микротвердости варьирует в пределах от 39 до 57 кг/мм² и по 8 измерениям в среднем составляет 47 кг/мм². Удельный вес, определенный методом измерения объема и веса минерала из микронавески³, составляет 6,16.

Цвет минерала в отраженном свете серо-белый с нежно сиреневым оттенком. Отражательная способность по 4 измерениям в среднем составляет 26,6%.

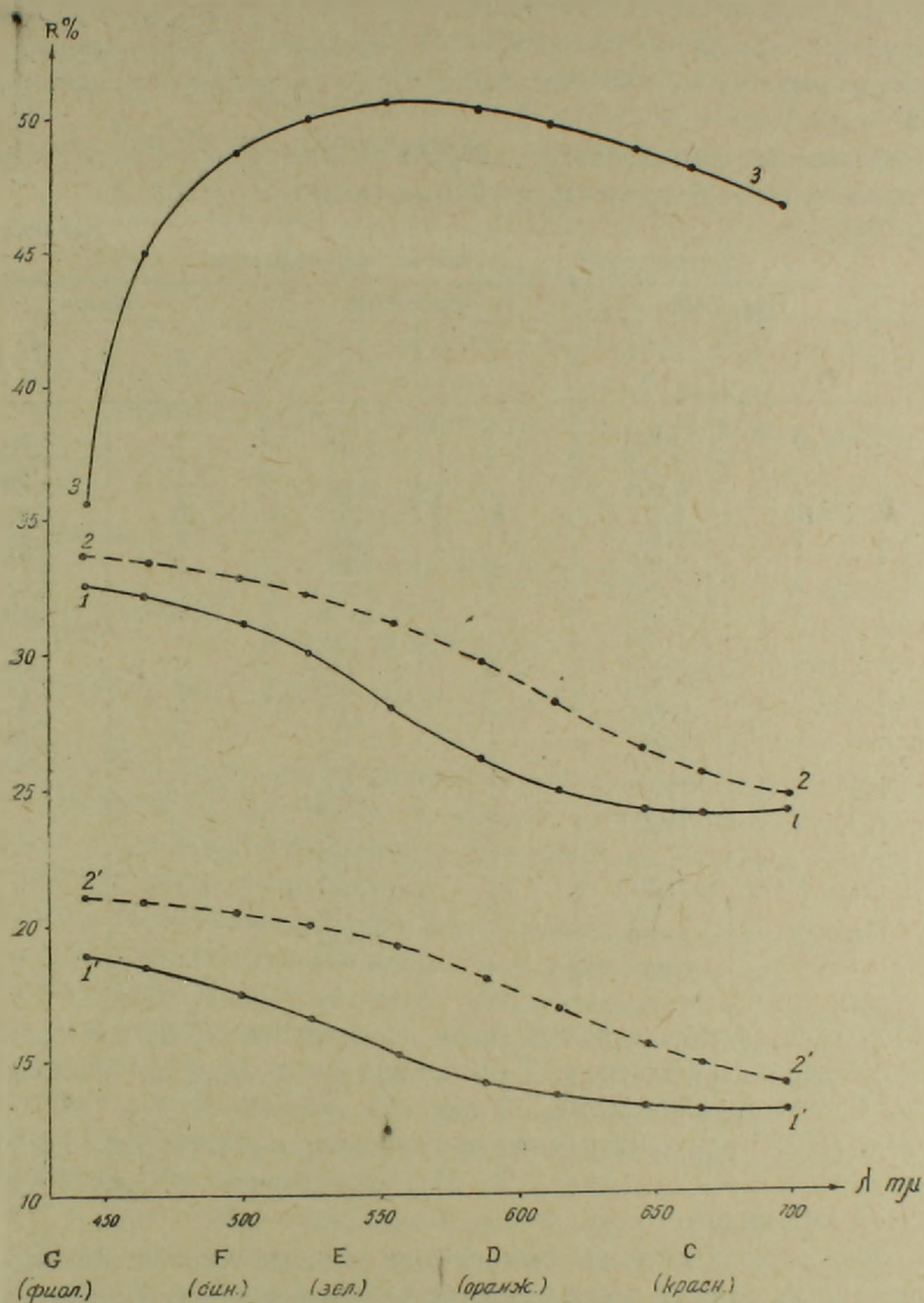
Как видно из дисперсионных кривых (фиг. 2), R штроейерита повышается в сторону синей и фиолетовой части спектра (как в воздухе, так и в масле), что обусловлено розовато-фиолетовым оттенком минерала.

¹ Приведенные цифровые значения R минералов измерены в ИГЕМ АН СССР на установке для определения отражательной способности с фотоумножителем при оранжевом светофильтре.

² Кривые дисперсии R минералов (фиг. 1) составлены на основании измерения фотометрическим окуляром с оптическим клином И. С. Воынского (ОКФ-1) в ИМГРЭ.

³ Уд. вес определен в лаборатории минералогических методов исследования в ИМГРЭ.

Двуотражение от слабого до умеренного, в масле заметно усиливается и цветной эффект становится более ясным: темное положение — буровато-серый; светлое положение — серо-белый с нежным розовато-синим оттенком.



Фиг. 2. Кривые дисперсии отражательной способности: 1—1; 1'—1'—штро-
мейерита в воздухе и в масле (эталон теннантит); 2—2; 2'—2'—стефанита в
воздухе и в масле (эталон теннантит); 3—3—миллерита в воздухе (эта-
лон халькопирит).

В скрещенных николях умеренно-сильно анизотропный. При этом проявляются (особенно при интенсивном освещении) красивые внутрен-
ние структуры олеандровых листьев. Эти ланцетовидные узкие пластин-

ки располагаются в отношении друг друга часто бессистемно, иногда параллельно в одном или двух направлениях, создавая решетчатую или же паркетовую структуру. Однако следует заметить, что больше всего распространены агрегаты, внутренняя структура которых аллотриоморфно-зернистая, иногда чередующаяся без определенной закономерности с участками решетчатых или паркетовых структур ланцетообразных индивидов.

Определение описываемого минерала подтверждается также двумя нижеприведенными рентгеноструктурными анализами (табл. 2).

Таблица 2

Межплоскостные расстояния штрмейерита

№	Обр. 7226		Обр. 1/700a		Эталон	
	l	$\frac{da}{n}$	l	$\frac{da}{n}$	l	$\frac{da}{n}$
1	1	3,443	3	3,48	7	3,46
2	4	2,317	7	3,34	8	3,33
3	4	3,056	4	3,06	6	3,07
4	10	2,62	10	2,61	10	2,61
5	2	2,547	1	2,55	6	2,55
6	1	2,086	2	2,08	2	2,10
7	4	2,041	4	2,04	2	2,07
8	4	2,002	3	1,998	7	1,99
9	1	1,930	—	—	—	—
10	8	1,889	4	1,888	6	1,89
11	8	1,746	4	1,736	4	1,73
12	1	1,584	1	1,572	2	1,58
13	1	1,455	1	1,451	2	1,45
14	7	1,423	3	1,423	2	1,42
15	1	1,309	1	1,308		
16	5	1,260	3	1,260		
17	5	1,237	2)	1,245		
18	—	—	2)	1,232		
19	3	1,131	1	1,143		
20	3	1,108	2	1,108		
21	3	1,096	1	0,872		
22	—	—	1	0,858		

Обр. 722⁶¹ рентгенограмма снята из порошка. Условия съемки: Си—излучение с Ni-фильтром; T—5 ч.; камера d—57,3; d—столбика—0,5 мм. Режим трубки—30 kv, 18 mA.

Обр. 1/700^{a2} рентгенограмма получена из шарика. Условия съемки: Fe—излучение; T—3 ч.; камера d—57,3; d—шарика—0,4 мм. Режим трубки 35 kv, 16 mA.

В обоих случаях материал был отобран под микроскопом. Как видно из приведенных данных, межплоскостные расстояния описываемого минерала³ полностью совпадают с таковым эталона—штрмейерита из Канады [7], имея несколько большее количество линий, чем эталон.

¹ Анализ выполнен в лаборатории ИГН АН АрмССР С. В. Геворкян.

² Анализ выполнен в ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой.

³ Рентгенометрическим методом были изучены 5 образцов штрмейерита из разных участков месторождения. Во всех случаях получены аналогичные данные и они отличаются от приведенных А. И. Карапетяном [5] данных межплоскостных расстояний штрмейерита из исследуемого месторождения.

Результаты химических анализов Ахтальского штрмейерита, произведенных Л. Е. Нестеровой в лаборатории ИМГРЭ, приводятся в таблице 2. В этой же таблице для сравнения приведены данные химических анализов штрмейерита из других месторождений [7].

Из табл. 3 видно, что Ахтальский штрмейерит по химическому составу близок к штрмейеритам месторождений Змеиногорск, Йелоу-Пайн и Бернардино. Приведенным данным соответствует формула

Таблица 3

Название месторождения	Содержания компонентов, %									
	Ag	Cu	Fe	Zn	Pb	As	Sb	S	Н.о.	сумма
Ахтальское (Армения)	50,38	31,62	0,27	—	—	0,18	0,66	16,25	0,21	99,89
Змеиногорское (Алтайский край)	51,72	32,23	0,21	—	—	—	—	15,58	0,06	99,90
Йелоу-Пайн (Колорадо, США)	48,64	30,64	0,20	3,28	1,53	—	—	16,23	—	100,52
Бернардино (Калифорния, США)	53,96	28,58	0,26	—	—	—	—	15,51	1,55	99,86
Теоретический состав	53,05	31,19	—	—	—	—	—	15,76	—	—

$\text{Ag}_{0,92} \text{Cu}_{0,98} \text{S}_1$, которая мало отличается от теоретической формулы — AgCuS . Наличие Fe, As и Sb в составе минерала объясняется присутствием в нем примесей борнита и блеклой руды, с которым штрмейерит парагенетически тесно связан.

Спектральные анализы проб мономинерального штрмейерита, отобранного под бинокулярным микроскопом, приведены в табл. 4.

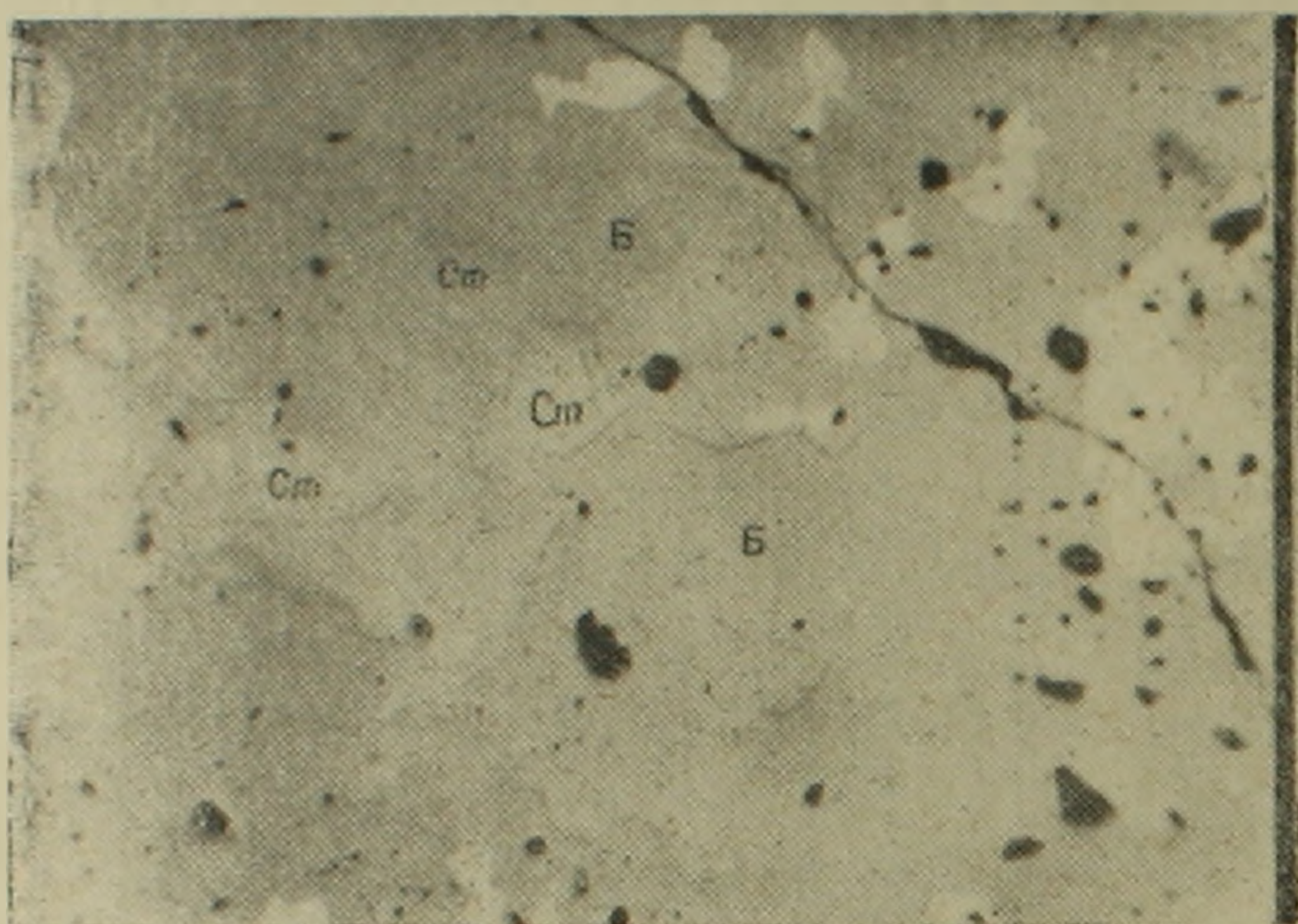
Ялпайт (Ag_3CuS_2) встречается исключительно в полях штрмейерита в виде тонкопластинчатых и бесформенных выделений, величиною зерен обычно 0,008—0,01 мм. Иногда обволакивает акантит или же располагается в периферических участках зерен штрмейерита.

Минерал полируется лучше штрмейерита; относительный рельеф немного выше чем у последнего.

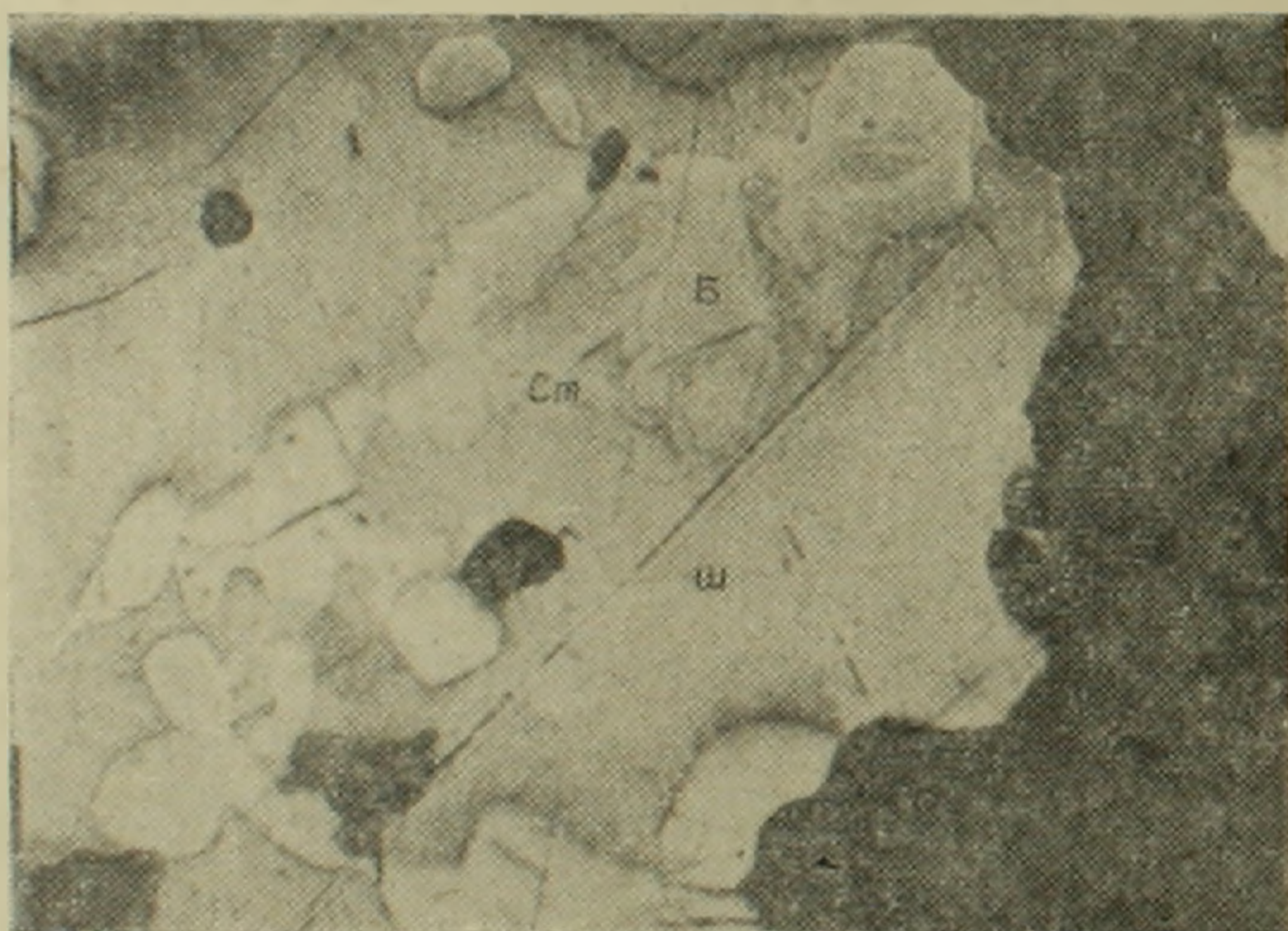
Цвет в отраженном свете серо-белый. R—29%. Двуотражение в зависимости от сечений агрегатов изменяется — от слабого до умеренного. Умеренно-сильно анизотропный. В масле эффекты двуотражения и анизотропии значительно усиливаются. Цвет минерала при этом по сравнению с акантитом становится кремово-зеленовато-белым. Внутренние рефлексy отсутствуют. При скрещенных николях минерал имеет пластинчатую и часто аллотриоморфно-зернистую структуру.

Стефанит (Ag_5SbS_4) встречается редко. Формы выделения — удлиненные, оваловидные, каплевидные, размером до 0,1—0,2 мм в длину. Часто приурочены к полям блеклой руды (фиг. 3) или же образует каймы (шириной до 0,01 мм) вокруг него в полях штрмейерита (фиг. 4).

Цвет — серо-белый с нежно розовым оттенком, который лучше проявляется при наблюдении в масляной иммерсии. R по 4 измерениям равен 31 %. Из кривой дисперсии отражательной способности видно (фиг. 1), что R минерала повышается в фиолетовой части спектра (как у штроемейрита), что хорошо согласуется с фиолетово-розовым оттенком минерала.



Фиг. 3. Выделения стефанита (Ст) в полях блеклой руды (Б). Светлые поля — халькопирит. $\times 160$.



Фиг. 4. Кайма стефанита (Ст) вокруг блеклой руды (Б) в полях штроемейрита (Ш). Темно-серое — барит. $\times 160$.

Полируется хорошо. Относительный рельеф ниже халькопирита, немного выше галенита и заметно выше штроемейрита. Микротвердость варьирует от 98 до 139 кг/мм^2 и в среднем по 3 измерениям составляет 114 кг/мм^2 .

Двуотражение в воздухе слабое, заметно усиливается в масле, с цветным эффектом: светло-серый и серый с нежно розовым оттенком. Умеренно анизотропный, цветные оттенки в диагональных положениях зерен: кре-

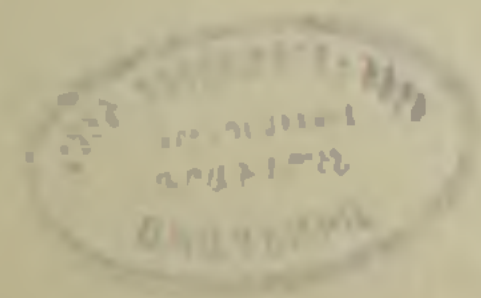
Таблица 4

Д а н н ы е с п е к т р а л ь н ы х а н а л и з о в ш т р о м е л е р и т а

Э л е м е н т ы , с о д е р ж а н и е %

№ № п. п	№ № проб	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Mn	Ti	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Ag	Sb	As	Zn	Cd	Ge	Ga	Yt	Sr	Ba	Au	Hg
1	3 679	>0,1	>0,03	~0,0003	0,1—0,3	>0,1	0,03—0,1	0,01—0,03	<0,001	0,0003—0,001	0,01	>10	0,03—0,1	>10	~1	0,3—1	>1	0,01—0,03	—	—	>0,101	~0,3	3—10	—	>0,001
2	3 680	~0,1	>0,03	0,003—0,01	0,1—0,3	0,1—0,3	0,03—0,1	~0,01	~0,001	>0,0003	0,003—0,01	>10	0,03—0,1	>10	1—3	0,3—1	1—3	>0,01	~0,0001	<0,001	0,001—0,003	~0,3	3—10	0,003—0,01	0,001—0,00
3	722E	0,1—0,3	~0,03	0,003—0,01	0,03—0,1	>0,3	0,01—0,03	~0,01	—	>0,0003	0,003—0,01	>10	~0,3	>10	<0,08	>0,3	~0,3	0,003—0,01	<0,001	—	0,001—0,004	~0,3	3—10	0,001—0,003	—
4	4 722	0,1	~0,03	<0,01	0,03—0,1	~0,1	>0,01	0,01	—	0,0003—0,001	0,001—0,003	>10	0,3—0,1	>10	>0,01	~0,1	~0,1	~0,003	—	—	>0,001	<0,1	1—3	>0,001	—
5	722a	0,5	0,05	0,02	0,03—0,04	>0,5	~0,01	—	0,005	0,005	0,05	>10	0,07	>10	0,1	0,2—0,3	0,2	—	0,01	—	—	0,02	>1	0,001	—

Первые четыре анализа выполнены в спектральной лаборатории ИГН АрмССР
722a — выполнен в спектральной лаборатории ИМГРЭ.



мово-серо-белый и темно-фиолетово-розовый. Внутренние рефлексy от-
сутствуют.

Микроспектральный анализ стефанита показал много Ag, Sb. Спек-
тральные анализы в блеклых рудах этой ассоциации показывают наличие
серебра 0,3—10%.

Полибазит-пирсеит (?) $[(Ag, Cu)_{16}As_2S_{11}]$ и $[(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}]$ обнару-
жены в одном шлифе в тесном срастании со стефанитом, окаймляя само-
родное серебро. Величина выделений до 0,01 мм. Полируется плохо. От-
носительный рельеф ниже стефанита, примерно равен галениту. Микро-
твердость — 64 кг/мм². Цвет минерала серо-белый с зеленовато-синим
оттенком. R немного выше стефанита. Двуотражение слабое, заметно
анизотропный, сильнее в масле. Внутренние рефлексy в найденных зер-
нах не наблюдались.

В заключение необходимо отметить, что описанные выше минералы
серебра с борнит-теннантитовыми рудами составляют единую парагене-
тическую ассоциацию и не встречаются в рудах остальных вышеперечис-
ленных минеральных ассоциаций. Образование этих описанных минера-
лов очевидно происходило более или менее одновременно из остаточных,
обогащенных серебром растворов борнит-теннантитовой стадии при низ-
котемпературных условиях. Об этом свидетельствует наличие мирмекито-
вых срастаний этих минералов и предпочтительное их развитие в интер-
стициях главных сульфидов борнит-теннантитовой ассоциации.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 28.II. 1962 г.

Վ. Հ. ՊԱՐՈՆԻՅԱՆ

ԱՆԹԱՀԱՅԻ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱՅԻ ՀԱՐՅԻ ԱՌԹԻՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Միներալոգիական մանրակրկիտ ուսումնասիրությունների հետևանքով
(1960—61 թթ.) հեղինակի կողմից վերոհիշյալ հանքավայրի հանքանյութե-
րում առաջին անգամ հայտնաբերվել են արծաթի մի շարք միներալներ, ո-
րոնցից են՝ շարմեյերիտը, յալպաիտը, ստեֆանիտը, պոլիբազիտը(?), բնա-
ծին արծաթը և էլեկտրումը, ինչպես նաև նիկելի սուլֆիդը՝ միլլերիտը: Թը-
վարկած միներալների մանրամասն միներալոգիական նկարագրությունը բեր-
ված է հոդվածում:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հանքավայրում հանքա-
նյութերի առաջացումը կատարվել է մի քանի ստադիաներով: Հստ իրենց
դարձացման հաջորդականության ալդ ստադիաները հետևյալներն են՝ պիրի-
տային, պիրիտ-խալկոպիրիտային, բադամահտադային, բորնիտ-տեննանտի-
տային, բարիտային և կարրոնատային:

Վերոհիշյալ միներալները լսկալ կերպով հանդիպում են բորնիտ-տեն-
նանտիտալին ստադիալի հանքանյութերում, որոնք փոքր բնածե կուտակում-
ների ձևով օրինաչափորեն տեղադրված են բարիտի և բադամետաղալին հան-
քանյութերի կոնտակտալին տեղամասերում: Այդ միներալների նստեցումը
տեղի է ունեցել հիպոգեն պայմաններում, համարյա միաժամանակ, արժա-
թով հարստացած բորնիտ-տեննանտիտալին ստադիալի քնաքորդալին լու-
ծույթներից, ցածր ջերմաստիճանալին պայմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Айпетрат, 1958.
2. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. Госгеолтехиздат. М., 1956.
3. Волынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом. Т. 3, Госгеолиз-
дат. М., 1949.
4. Грушевой В. Г. Медные месторождения Алавердского района ССР Армении (Закав-
казье). Труды ЦНИГРИ, вып. 36, 1935.
5. Карапетян А. И. Штроейерит в рудах Ахтальского полиметаллического месторож-
дения. Доклады АН АрмССР, № 5, 1961.
6. Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлоген-
езии на примере Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, № 4, 1957.
7. Минералы. Т. I, изд. АН СССР, М., 1960.
8. Степанянц О. С. Ахтальское полиметаллическое месторождение. Ереван, 1938.
9. Хачатурян Э. А., Коджоян А. А. Об обнаружении реньерита на одном из полиметал-
лических месторождений АрмССР, Изв. АН АрмССР, № 3—4, 1960.
10. Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag. Ber-
lin, 1950.
11. Uytendbogardt W. Tables for microscopic identification of ore minerals. Princeton
New Jersey, 1951.