

А. С. ФАРАМАЗЯН, Э. Х. ХУРШУДЯН

ЭНАРГИТ И ЛЮЦОНИТ ИЗ КАДЖАРАНСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Диагностика минералов группы энаргита* (энаргит, люционит, фаматинит, стибиолуционит) в полированных шлифах при существующих в настоящее время методах исследования представляет большие трудности, ибо они обычно не образуют крупных скоплений и по ряду свойств очень похожи. По-видимому, этим можно объяснить недостаточную изученность минералов этой группы.

Так, Дэна [4], ссылаясь на Мозеса и Фрибольда, пишет, что энаргит и фаматинит являются крайними членами мышьяково-сурьмяного изоморфного ряда, а люционит идентичен энаргиту.

П. Рамдор [12] указывает, что существует два структурно-минералогических ряда изоморфных соединений мышьяка и сурьмы: ромбический и тетрагональный. К первому относится ряд энаргит-фаматинита, а ко второму — люционит-стибиолуционита.

Р. Гейнс [9] на основе детального изучения большого фактического материала по многим месторождениям, а также исследований экспериментально полученных соединений заключает, что существование стибиолуционита весьма сомнительно, а фаматинит является крайним сурьмусодержащим членом изоморфного ряда люционит-фаматинита.

Согласно литературным данным [9, 13], энаргит и люционит являются соответственно ромбической и тетрагональной модификациями соединения Cu_2AsS_4 . Поэтому правильное определение указанных минералов имеет важное генетическое значение, хотя в настоящее время совершенно неизвестны условия их первичного образования, и их парамоρφных преобразований в течение диагенезиса.

Детальное изучение указанных минералов вызвано необходимостью уточнения некоторых диагностических признаков, их парагенезисов и последовательности образования в общем процессе рудообразования. Изучению энаргита посвящено мало работ, а люционит описан лишь на основании не вполне достоверных микроскопических определений мельчайших выделений в рудах некоторых месторождений Союза [8].

* Группа в понимании И. С. Волюнского (см. И. С. Волюнский, Определение рудных минералов под микроскопом, 1947).

Кроме того, в последнее время интерес минералогов сильно возрос к минералам германия (реньерит, оранжеборнит, германит), которые по своим физическим свойствам в полированных шлифах очень похожи на минералы группы энаргита и часто ассоциируют с ними [3].

Материал, необходимый для исследования, отобран с помощью бинокулярного микроскопа из руды, раздробленной до фракции 0,1 и 0,05 мм. С целью отбора чистых проб материал предварительно обрабатывался в кипящей концентрированной соляной кислоте.

* * *

Каджаранское медно-молибденовое месторождение расположено в южной части Армянской ССР. Месторождение генетически связывается с умеренно кислыми гранитоидами третичного возраста. Морфологическое оруденение представлено в основном прожилково-вкрапленным типом руд, принадлежащим к медно-молибденовому семейству.

Рудная минерализация представлена густой сетью маломощных (до 1—2 см) кварцево-сульфидных прожилков, обычно приуроченных к зонам гидротермально измененных — окварцованных, серицитизированных, вмещающих пород.

Главные рудные минералы представлены молибденитом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом; второстепенные — энаргитом, люцитом, блеклыми рудами, различными сульфовисмутитами Pb, Cu и др.

В сводках по минералогии месторождения энаргит и люцит обычно относятся к малораспространенным минералам. Однако детальные микроскопические исследования показали, что указанные минералы на месторождении являются одними из распространенных, хотя заметных концентраций и не образуют.

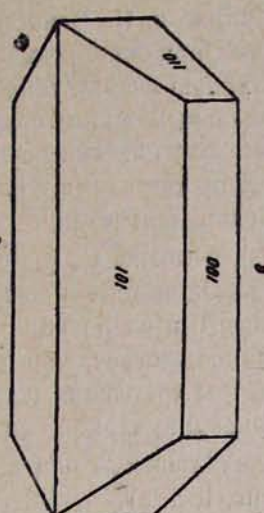
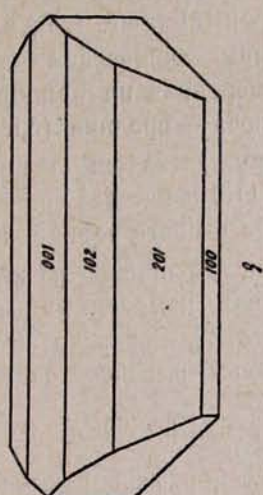
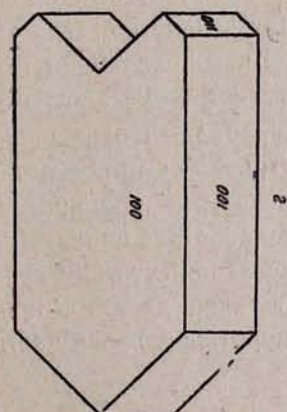
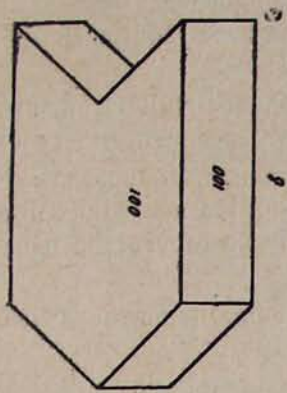
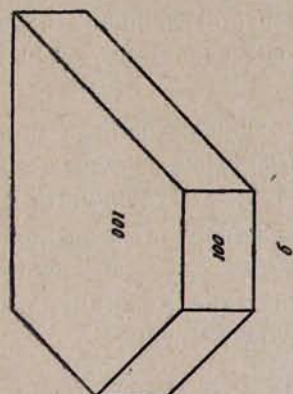
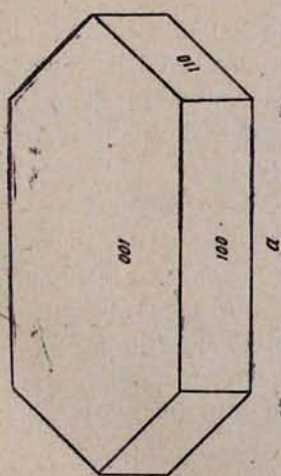
Энаргит. Устанавливается в образованиях кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой, кварц-пиритовой и кварц-сфалерит-галенитовой стадий минерализации. Однако во всех случаях ассоциируется исключительно с халькопиритом.

По своему удельному весу в общей массе рудных минералов имеет весьма подчиненное значение и является основным минералом мышьяка.

Количество энаргита в прожилках разного состава колеблется в пределах 0,05—0,2%. Более всего он распространен в прожилках кварц-халькопиритового состава. Встречается в виде хорошо ограненных короткопризматических кристаллов таблитчатого габитуса (фиг. 1), которые иногда срastaются в радиально-лучистые агрегаты (фиг. 36).

Размеры кристаллов обычно очень мелки. Средние размеры, по наблюдениям многочисленных кристаллов, по оси «а» составляют от 0,05 до 0,01 мм, по оси «b» — от 0,02 до 0,5 мм и по оси «с» — от 0,02 до 0,01 мм.

Следует отметить, что в отношении вида симметрии в литературе приводятся противоречивые данные.



Фиг. 1. Зарисовка кристаллов энартита

Т. Н. Шадлун [8], на основе изучения 49 форм, считает, что энаргит обладает ромбо-дипирамидальным видом симметрии.

Л. Паулинг и С. Вейнбаум [11], на основе рентгено-структурных исследований, приходят к выводу, что энаргит имеет псевдогексагональную структурную ячейку типа вюрцита и, следовательно, обладает ромбо-пирамидальным видом симметрии. Одновременно авторы отмечают, что все морфологические исследования, проведенные как другими исследователями, так и ими, указывают на более совершенный — дипирамидальный вид симметрии.

Несколько позже С. Коду и С. Ватанабе [10], изучившие морфологию кристаллов энаргита, отмечают, что, несмотря на огромное количество бывшего в их распоряжении материала, кристаллы, ограниченные с обоих концов, встречались очень редко. На последних ими были получены фигуры травления, указывающие на отсутствие плоскости симметрии перпендикулярной оси [001].

Наши наблюдения подтверждают ромбо-пирамидальный вид симметрии (фиг. 1, д, е).

Энаргит обладает совершенной спайностью по [110] и ясной спайностью по [010] (фиг. 1, б, в, г). Цвет железно-черный, непрозрачный, блеск полуметаллический — сильный, черта и порошок черные. Твердость, измеренная на приборе ПМТ-3, составляет 220—300 кг/мм², по шкале Мооса — средняя (3,5—3,7).

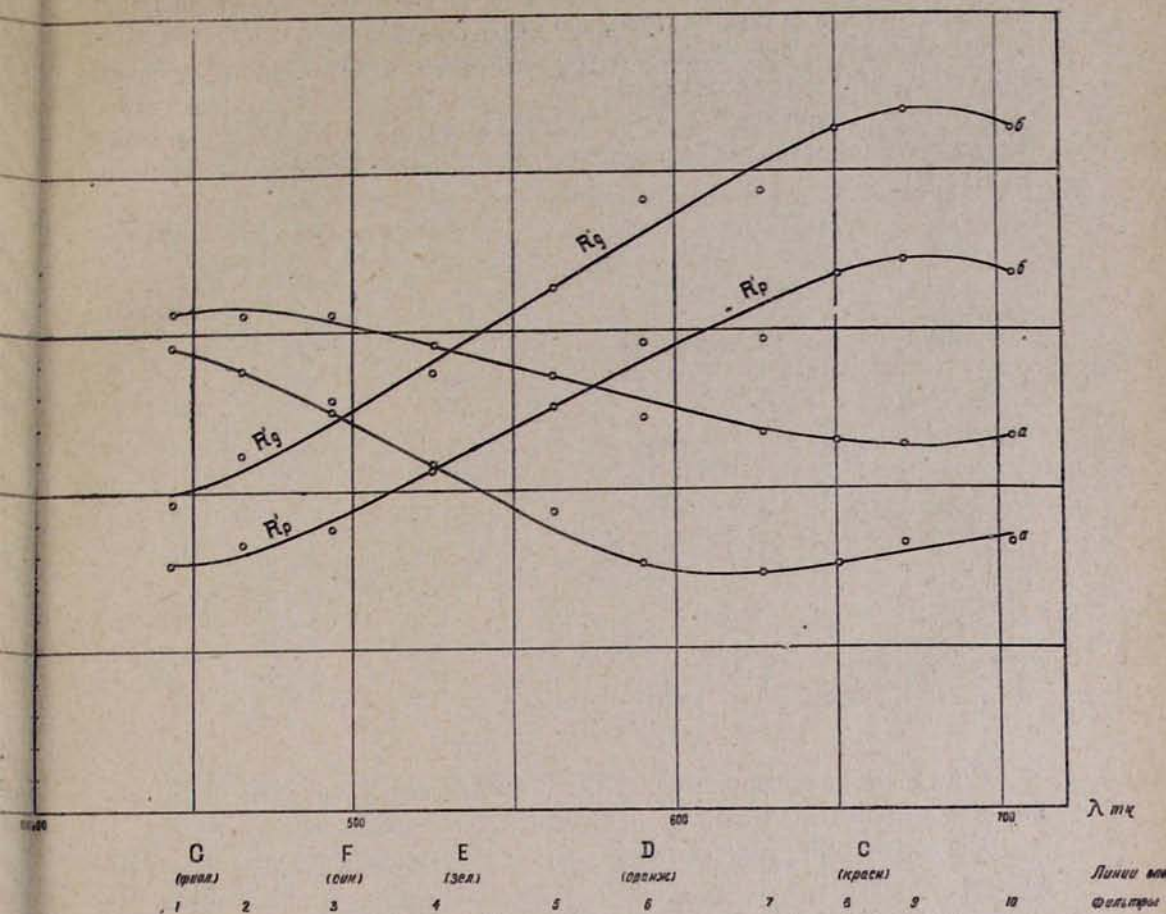
Полируется хорошо. В полированных шлифах иногда заметна спайность по [110], даже без травления. Рельеф выше галенита, халькопирита, борнита и почти равен рельефу блеклой руды, люконита, сфалерита.

На фиг. 2а приведены кривые дисперсии отражательной способности энаргита, измеренные фотометрическим окуляром системы И. С. Волынского [2]. Согласно замерам, оптические константы минерала в полированных шлифах в желтом свете следующие:

$$R_g \approx 29\%, R_p \approx 26\%, \Delta R_{отн.} \approx 15 - 16\%.$$

Анализ кривых показывает, что у энаргита в отраженном свете в воздухе визуально должен наблюдаться эффект двуотражения и анизотропии. Действительно, в скрещенных николях эффект анизотропии наблюдается во всех случаях (см. фиг. 3а, б), а двуотражение заметно в сростках зернистых агрегатов. В масляной иммерсии двуотражение заметное и сопровождается цветным эффектом: R_g — розовый с сиреневым оттенком $> R_p$ — нежно сиреневый.

Цвет минерала, в отраженном свете, в сростаниях с бесцветными и желтыми минералами воспринимается как розовый, тогда как в сростаниях с розовыми и коричневыми минералами (люконит, борнит, реньерит) приобретает сиреневый оттенок и становится ближе к фиолетовому цвету. О присутствии сиреневого оттенка в цвете минерала свидетельствует также характер кривых дисперсии; $R_{max} \approx 31\%$ устанавливается в коротковолновой части спектра (см. фиг. 2а).



Фиг. 2. Кривые дисперсии отражательной способности энаргита (а) и люционита (б).

В шлифах редко наблюдаются двойники прорастания, при этом один или два удлиненных кристалла прорастают радиально-лучистые агрегаты.

Внутренние рефлексы отсутствуют даже у порошка в масле. По данным И. С. Волынского, порошок просвечивает в масле.



Фиг. 3. Агрегат радиально-лучистых кристаллов энаргита (En) в сростаниях с халькопиритом (Cp) и кварцем (черное). Полированный шлиф. Увел. 200. а — без анализатора, б — с анализатором.

При травлении стандартными реактивами положительную реакцию вызывает KCN, выявляя внутреннюю структуру минерала; царская водка окрашивает в бурый цвет, легко стираемый после травления; HNO_3 , HCl , FeCl_3 , KOH — отрицательны.

В табл. 1 приведен химический состав энаргита из Каджаранского месторождения (анализ произведен аналитиком М. М. Стукаловой, ВСЕГЕИ).

Таблица 1

Элементы	Содержание, %		Атомные количества	Атомные отношения	Стехиометрическая формула
	данные анализа	пересчет, исключая 1,08% н/о			
Cu	46,91	47,44	0,746	3	Cu_3AsS_4
As	18,94	19,15	0,251	1	
Sb	н/обн.	—	—	—	
Fe	0,38	0,39	—	—	
Zn	0,35	0,35	—	—	
S	32,30	32,66	1,019	4	
Нерастворимый остаток	1,08	—	—	—	
Сумма	99,96	100,00			

Согласно приведенному анализу, исследуемый образец почти совершенно лишен примесей Sb и Fe, что встречается довольно редко.

Спектральный анализ обнаружил следующие элементы Cu, As — основа, Fe—0,1—0,3%, Si, Al, Mg, Ca—0,01—0,03%, Sb, Bi ~0,01%, Ge, Ag ≥ 0,003%, Pb — 0,001—0,003%, Mo — 0,0003—0,001%.

Образец исследовался рентгенометрически методом Дебая-Шеррера в камерах типа РКД с диаметром 57,3 мм на медном излучении без фильтра при напряжении на трубке 35 кВ и силе тока 18 мА.

Сопоставление межплоскостных расстояний исследуемого образца (табл. 2) с энаргитом из Тинтик (Юта) показало их идентичность.

Таблица 2

Данные рентгенометрического изучения энаргита из Каджаранского месторождения

Каджаранское месторождение				Тинтик (Юта)*	
I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	hkl	I	$d\alpha/n$
1	2	3	4	5	6
2	4, 74				—
3	(3, 57)	3, 22			—
2	(3, 421)	3, 089			—
9	3, 21		200; 120	10	3, 21
8	3, 084		002	10	3, 08

1	2	3	4	5	6
8	2,850		201	10	2,85
1	(2,450)	2, 22			—
4	2,22		202	8	2,22
5	(2,048)	1,849			—
3	(1,912)	1,726			—
10	1,850		040; 320	10	1,86
1	(1,766)	1,585			—
6	1,730		203; 123	10	1,73
7	1,590		042; 322	8	1,59
3	1,555		401	6	1,555
1	1,423		402	4	1,425
1	(1,396)	1,260			—
1	(1,341)	1,211			—
1	(1,321)	1,192			—
4	1,267)		403; 501	6	1,266
4	1,212		105; 061	4	1,215
3	1,189		442	6	1,195
2	1,150		205; 602	6	1,150
1	1,130		531	4	1,130
4	1,063		600	4	1,072
5	1,041		170; 071; 164	6	1,046
4	1,011		434; 362; 107	2	1,014
2	0,975		206; 405	2	0,973
4	0,925		460	2	0,928
3	0,897		046; 326	2	0,899
3	0,886				—
3	0,852		406	2	0,8605
6	0,816		620	2	0,818

* Энаргит по данным «Рентгенометрического определителя минералов» Михеева. 1958.

По данным порошковой диаграммы были рассчитаны параметры элементарной ячейки, которые приводятся в сравнении с данными Л. Паулинга и С. Вейнбаума [11] (см. табл. 3).

Таблица 3

Параметры (А)			А в т о р ы
a	b	c	
6, 46±0,02 6,418±0,004	7, 43±0,02 7,418±0,006	6, 18±0 02 6,165±0,005	Паулинг и Вейнбаум [11] По авторам

На месторождении энаргит обычно распространен в виде тонких кварц-энаргитовых или мономинеральных энаргитовых прожилок, пересекающих выделения халькопирита, пирита, сфалерита и ранних генераций кварца. В строении таких прожилок энаргит развивается в виде удлиненных идиоморфных кристаллов, растущих от стенок к середине, которая часто выполняется водяно-прозрачным кварцем.

Иногда энаргит корродирует катаклазированные участки халькопирита с образованием типичных микробрекчиевых текстур (или структур

замещения). Очень характерны также реакционные каемки кристаллов энаргита, выросших на выделения халькопирита.

Довольно интересны и своеобразны взаимоотношения энаргита с галенитом. Здесь оба минерала образуют субграфические структуры прорастания, при этом энаргит в полях галенита выделяется в виде типичных червеподобных образований.

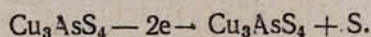


Фиг. 4. Энаргит (серое) цементирует и частично замещает обломки халькопирита (белое). Черное — кварц. Ув. 120. Без анализатора.

Часто по краям зернистых агрегатов или отдельных кристаллов энаргит метасоматически замещается теннантитом. Как правило, процесс замещения идет не до конца. Здесь постоянно вокруг границ реликтов энаргита наблюдается тонкая (порядка 0,001 мм и менее) эмульсионная вкрапленность халькопирита и других минералов, определение которых не представляется возможным. Мощность указанной полосы обычно не превосходит тысячных долей миллиметра.

Примеры замещения энаргита теннантитом в литературе описаны А. Г. Бетехтиным [1], Шнейдерхоном [14], Е. К. Лазаренко [5] и др.

Сущность этого процесса замещения, как полагают указанные авторы, заключается в восстановлении пентавалентного мышьяка (As^{5+}) в трехвалентный (As^{3+}). Близость их химического состава, по-видимому, является способствующим фактором протекания процесса



Очевидно к этому же времени относится зарождение эмульсионной вкрапленности на границе энаргита с теннантитом, появление которой обусловлено, по всей вероятности, избытком Cu, Fe и др. компонентов, не уместающихся в структуре теннантита.

Интересны также взаимоотношения энаргита с люцитом, реликты которого иногда обнаруживаются в отдельных зернах энаргита.

Довольно своеобразно происходит гипергенное изменение энаргита. В полированных шлифах из руд, затронутых гипергенными процессами, в выделениях энаргита наблюдаются более светлые розовато-желтые полосы, повторяющие направление совершенной спайности. Полосы эти очень похожи на полисинтетические двойники люцита, однако в отличие от них всегда гаснут одновременно с самим зерном энаргита.

По Рамдору [12], образование таких полос обусловлено частичным выщелачиванием некоторых основных компонентов при полной сохранности кристаллической решетки.

Люцит. Встречается реже энаргита в аналогичных с энаргитом минеральных и парагенетических ассоциациях.

На месторождении, как розовая разновидность энаргита, впервые отмечена И. С. Волинским. Работами последующих исследователей существенной ясности в достоверность его определения не было внесено, за исключением исследований И. Г. Магакьяна, который указывает, что люцит, будучи моноклинным*, в отличие от ромбического энаргита в скрещенных николях гаснет под углом 20—25° относительно удлинения двойниковых пластин.

Люцит обычно встречается в рудах прожилково-вкрапленной и микродрозовой текстур. В последних люцит развивается в микроскопических друзовых пустотах в тесном срастании с водяно-прозрачным кварцем, на который часто нарастают ромбоэдрические кристаллы желтоватого прозрачного кальцита. Наблюдения в шлифах указывают, что последний является более поздним продуктом рудоносных растворов, ибо здесь же тонкие прожилки кальцита пересекают поля и прожилки кварц-люцитового состава.

Макроскопически (под бинокулярным микроскопом) люцит характеризуется изометрическим габитусом микроскопических кристаллических агрегатов с многочисленными гранями полисинтетически сдвоенных индивидов. Размеры граней полисинтетических двойников так малы, что оставляют впечатление грубой штриховки. Микроскопические размеры, а также сложные формы не позволили произвести каких-либо измерений или зарисовок кристаллов, хотя нередко удается заметить формы, похожие на скаленоэдр.

Цвет минерала темный, медно-красный (подобный свежему излому борнита). Непрозрачный. Блеск металлический — тусклый, черта и порошок — черные. Твердость, измеренная на приборе ПМТ-3, — 250—340 кг/мм², по шкале Мооса — средняя (3,0—3,5). Полируется хорошо. В отличие от энаргита спайности не наблюдается даже после травления. Рельеф в полированных шлифах такой же, как у энаргита. Отражательная способность несколько выше, чем у энаргита. Согласно измерениям

* До появления работ Савада [13] и Гейнса [9] долгое время считалось, что люцит кристаллизуется в моноклинной сингонии. Исследователями морфологии кристаллов, а последним и структуры, доказана принадлежность люцита и фаматинита к скаленоэдрическому виду симметрии тетрагональной сингонии.

отражательной способности оптические константы в желтых лучах выражаются следующими величинами:

$R_g \approx 32\%$, $R_p \approx 28\%$, $\Delta R_{отн} \approx 13-14\%$ (фиг. 26).

Минерал обладает более сильным эффектом двуотражения, чем энаргит. Последний, очевидно, обусловлен полисинтетически двойниковым строением люцонита, являющимся одним из характерных диагностических признаков. Двуотражение как в воздухе, так и в масле сопровождается цветным эффектом: в воздухе — R_g — светло-оранжевый, $>R_p$ — розовый, в масле — R_g — розово-желтый $>R_p$ — нежно-розовый.

Цвет в отраженном свете из-за сильного цветового эффекта двуотражения и полисинтетически двойникового строения неоднороден и пестрит в указанных выше цветовых оттенках, приближаясь больше всего к розовому.

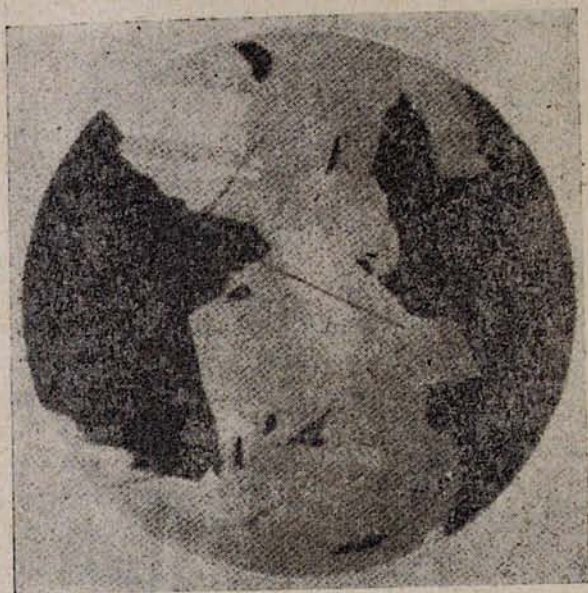
Последнее подтверждается также характером кривых дисперсии отражательной способности: максимумы устанавливаются в длинноволновой части спектра (см. фиг. 26).

Внутренние рефлексы отсутствуют полностью. Погасание в несдвоенных удлинённых разрезах, что встречается очень редко, пря-

мое. Погасание по отношению к двойниковому шву обычно косое (под углом $20-25^\circ$)*.

По результатам травления стандартными реактивами люцонит и энаргит очень похожи и с достаточной достоверностью не могут быть различимы.

Структура аллотриоморфнозернистых кристаллических агрегатов хорошо проявляется в скрещенных николях. При этом преимущественное большинство зерен характеризуется полисинтетически двойниковым строением (см. фиг. 5), наподобие сдвоенных разностей халькопирита или сфалерита.



Фиг. 5. Полисинтетически двойниковое строение люцонита (серое с белым). Черное — кварц. Полированный шлиф. Ув. 915. Снято в иммерсии, без анализатора.

* Косое погасание по отношению к двойниковому шву не может служить основанием для отнесения минерала к двусным, ибо, как известно, во всех сингониях углы погасания относительно двойниковых швов косые и прямое угасание относительно шва может встречаться только как исключение (см. В. Н. Лодочников, Основы кристаллооптики, Госгеолыздат, 1947, §§ 111—115).

Формы отдельных зерен обычно изометрические и по своим размерам достигают 0,05—0,10 мм в поперечнике, тогда как отдельные индивиды двойников не превышают 0,01—0,03 мм.

С целью идентификации описываемого минерала с эталоном люцонита нами были проведены спектральные и рентгенометрические исследования.

Химический состав, определенный полуколичественным спектральным анализом минерала (очевидно с незначительной механической примесью пирита), показал следующие результаты: Cu, As > 10% (основа), Si, Fe $\geq$ 1—3%, Al, Ca, Zn—0,01—0,03%, Mg, Ti, Mo, Pb, Ag, Bi, Ge $\geq$ 0,003%.

При рентгенометрическом исследовании методом порошка минерал был отобран с незначительной механической примесью пирита, данные по которому после расшифровки порошкограммы были исключены.

Величины межплоскостных расстояний описываемого минерала оказались идентичными с таковыми искусственного люцонита (см. табл. 4).

Индицированием дебаеграммы в расчете на тетрагональную ячейку были получены параметры элементарной ячейки: $a = 5,29 \text{ \AA}$ и $c = 10,415 \text{ \AA}$.

Таким образом, принадлежность описываемого минерала к люцониту подтверждается данными микроскопического, спектрального и рентгено-структурного анализов.

Люцонит, в отличие от ромбического энаргита, является тетрагональной модификацией соединения Cu_3AsS_4 .

Энаргит и люцонит на месторождении встречаются как в разных прожилках и жилах, так и совместно и даже в сростаниях между собой. Судя по наблюдениям структурных и возрастных взаимоотношений люцонита с энаргитом, последний является продуктом параморфного преобразования люцонита. В сростаниях с люцонитом энаргит развивается вдоль границ зерен и двойниковых швов, ибо заметно как преобразованию подвергаются отдельные индивиды двойников, так что создается впечатление о неравномерном замещении люцонита. При параморфном преобразовании, как правило, трещины спайности энаргита располагаются вдоль удлинения двойниковых пластин люцонита, т. е. образование энаргита происходит лишь некоторым вполне закономерным перемещением структурных единиц люцонита.

Обратных взаимоотношений нами не наблюдалось.

Интересно отметить, что просмотр полированных шлифов из некоторых медных и медно-молибденовых месторождений Армянской ССР (Кафан, Агарак, Аравус, Анкаван) показал наличие мелких выделений люцонита в тесной ассоциации с энаргитом. При этом размеры, количественные и структурные взаимоотношения с энаргитом в указанных месторождениях сходны с таковыми Каджаранского месторождения. В связи с этим указания в литературе о принадлежности люцонита к редким минералам вряд ли можно считать правильными. Описанный

Таблица 4

Данные порошковой люциты из Каджаранского месторождения

Условия съемки: Ka, β —Cu, 18 mА, 35 кв; эксп. 2 часа, камера РКД (2 R=57,3 мм). Поправки вводились по особому снимку смеси в NaCl

Исследуемая проба						Искусственный люцит*	
Смесь: люцит + пирит		Люцит (Каджаран)				I	d λ /n
I	d λ /n	I	d λ /n	d β /n	hkl		
			—			1	5,240 Å
			—			3	4,724
1	3,217						
2	3,405						
10	3,046	10	3,046		112	10	3,046
			—			4	2,914
3	2,704						
2	2,652	2	2,652		200	4	2,645
			—			3	2,615
3	2,434						
2	2,203						
5	(2,063)	2	(2,063)	1,862		1	1,959
			—				
8	1,911						
0	1,871	10	1,871		220	9	1,870
2	(1,764)	2	(1,764)	1,592			
5	1,629						
7	1,593	7	1,593		312	7	1,592
4	1,576	4	1,576		116	6	1,581
1	1,520	1	1,520		224	2	1,522
1	1,500						
2	1,445	2	1,445		321	2	1,452
2	1,321	2	1,321		400	5	1,323
2	1,304	2	1,304		008	4	1,308
1	1,239						
			—				
6	1,207	6	1,207		316	4	1,213
1	(1,196)	1	(1,196)	1,079		6	1,207
2	1,181	2	1,181		420	2	1,183
2	(1,100)	2	(1,150)	1,038			
1	1,104						
5	1,078	5	1,078		424	6	1,078
2	1,069	2	1,069		228	5	1,072
4	1,040						
			—				
4	1,013	4	1,013		336	4	1,017
2	1,004	2	1,004		1 · 1 · 10	4	1,014
2	(0,987)	2	(0,987)	0,890		3	1,008
3	0,955						
			—				
1	0,932	1	0,932		408	2	0,9350
			—			4	0,9305
5	0,892	5	0,892		516	4	0,8936
2	0,884	2	0,884		3 · 1 · 10	4	0,8915
2	0,879					4	0,8875
1	0,857						
5	0,835	5	0,835		620	4	0,8367
5	0,825	5	0,825		622	4	0,8263
2	0,815						
2	0,804	2	0,804		586	4	0,8047
			—			3	0,8016

* Дебаграмма искусственного люцита взята из работы Р. Гейнса (Am. Min., vol. 42, № 11—12, 1957).

выше материал исследований позволяет предполагать, что, вероятно в силу близости свойств люцитита с энаргитом в полированных шлифах, он пропускается или неверно диагностируется как энаргит.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Благодаря применению совершенных методов минералогических исследований (химический, спектральный и рентгеновский) в рудах Каджаранского месторождения достоверно устанавливаются обе полиморфные модификации соединения Cu_3AsS_4 : ромбический энаргит и тетрагональный люцитит.

2. Согласно наблюдаемым морфологическим формам кристаллов энаргита, подтверждается ромбо-пирамидальный вид симметрии последнего.

3. Судя по наблюдаемым структурно-текстурным взаимоотношениям описываемых минералов, образование люцитита предшествует энаргиту. Провидимому, более широкое развитие энаргита в рудах месторождения обусловлено тем, что часть энаргита есть результат параморфного преобразования люцитита.

4. Энаргит и люцитит в рудах месторождения представлены чисто мышьяковистыми разновидностями. Последнее устанавливается химическими и спектральными анализами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. Изд. АН СССР, 1955.
2. Волинский И. С. К методике измерения оптических постоянных рудных минералов. Тр. ИМГРЭ, АН СССР, вып. 3, 1959.
3. Геология месторождений редких элементов, вып. 5. Минералы германия и их месторождения. Москва, 1959.
4. Дэна Дж. Д., Дэна Э. С. Система минералогии, т. I, п/т I. Изд. иностр. лит., 1953.
5. Лазаренко Е. К. Сульфиды меди в колчеданных залежах Среднего Урала. Вопросы геологии, Изд. Львовского университета, вып. 9, 1958.
6. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Армянской ССР, 1958.
7. Фарамазян А. С. К минералогии полиметаллических руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. «Изв. АН Армянской ССР», сер. геол. и геогр. наук, № 6, 1958.
8. Шадлун Г. Н. Энаргит. Люцитит. Сб.: «Минералы СССР», т. II, 1940, стр. 529—537.
9. Gaines R. V. Luzonit, famatinit and some related minerals. Am. Min., vol. 42 No 11—12, 1957.
10. Kôzu S. and Watanabe S. Morfological Studies of Enargite. Proc. of the Imp. Acad., vol XI, No 10, 1935.
11. Pauling L. and Weinbaum S. The Crystal Structure of Enargite, Cu_3AsS_4 , Zeitschrift f. Kristall., 88, No 48, 1934.
12. Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin, 1955.
13. Sawada H. Crystallographic Study on Luzonite. Thesis, Tokyo university, 1943.
14. Schneiderhöhn H. Erzmikroskopischen Praktikum. Stuttgart, 1952.

