

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. А. ХАЧАТУРЯН, А. А. КОДЖОЯН

ОБ ОБНАРУЖЕНИИ РЕНЬЕРИТА НА ОДНОМ
ИЗ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
АРМЯНСКОЙ ССР

В 1959 г. нами проводились полевые геологические исследования на одном из полиметаллических месторождений, с целью изучения минералогии и геохимии руд. В результате проведенных работ и камеральной обработки материалов, в частности детального микроскопического исследования руд, на месторождении установлен германиевый минерал—реньерит.

Исследуемый минерал первоначально был описан в литературе как оранж-борнит. Так он был назван из-за своего оранжевого оттенка в отличие от борнита. На территории СССР впервые он был обнаружен на Среднем Урале [3].

В 1948 г. И. Ф. Ваес [15] тщательно изучил оранж-борнит, найденный им в сульфидных рудах месторождения Принц Леопольд в Конго и заключил, что он содержит примерно 41,63% меди, 13,73% железа и 7,75% германия. Кроме этих элементов, в минерале было установлено присутствие цинка, мышьяка и серы. От германита он отличался большим содержанием железа и меньшим—германия. Отмечая отличие этого минерала от борнита и германита по химическому составу и физическим свойствам, автор предложил для него новое название реньерит, в честь А. Реньера—директора геологической службы Бельгии.

Интересно отметить, что позднее был обнаружен неизвестный минерал, который под микроскопом в отраженном свете, обладал почти теми же оптическими и физическими свойствами, что и оранж-борнит, но не содержал в себе германий. По-видимому, именно для такого оранж-борнита Г. Э. Мервин и Р. Г. Ломбард [8] на основе диаграммы состав-парагенезис в системе Cu—Fe—S вывели формулу Cu_5FeS_8 .

Итак, исходя из имеющихся опубликованных данных, можно предполагать наличие двух минералов: германиеносного реньерита и негерманиеносного оранж-борнита. Вопрос об идентичности или отличии оранж-борнита и реньерита окончательно будет решен только после всестороннего исследования этих минералов в более богатых пробах.

Геологическое строение изученного нами месторождения характеризуется широким развитием вулканогенных пород. Рудовме-

шающими породами месторождения являются кварцевые порфиры. Оруденение представлено линзами и гнездами полиметаллической руды и барита, приуроченными к контакту кварцевых порфиров и перекрывающих их покровных порфиритов.

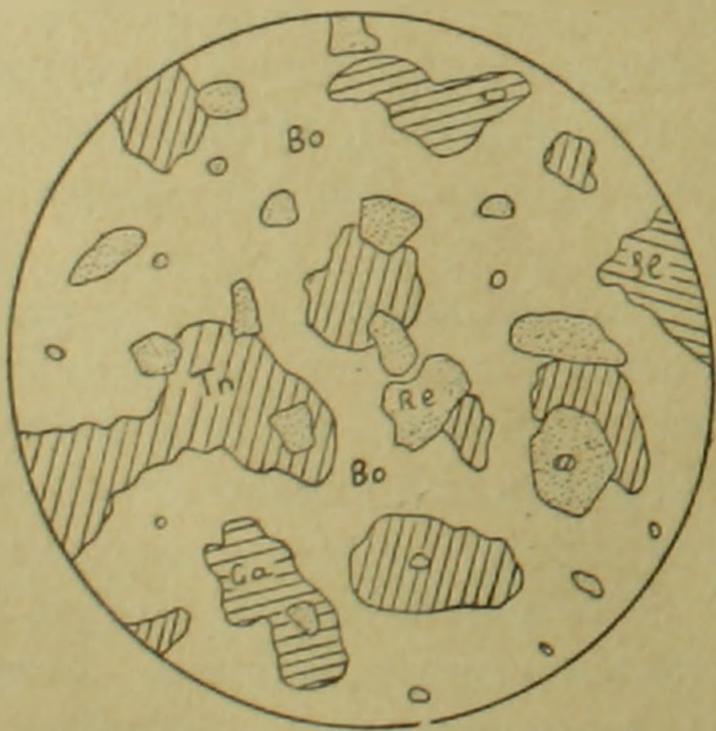
Верхняя граница рудных тел выражена весьма четко. Она имеет извилистую форму и повторяет контакт между указанными породами. Нижняя—выражена нечетко, обладает неровным очертанием и проходя внутри рудовмещающих кварцевых порфиров, постепенно переходит в руды с некондиционным содержанием металлов. Обычно после такой смены богатой вкрапленной зоны, зоной бедных вкрапленных руд, последняя продолжается на незначительное расстояние и через несколько метров переходит в кварцевые порфиры, со слабой минерализацией.

На месторождении реньерит первоначально был обнаружен на верхнем, а затем и на нижнем горизонтах в пределах одной из линз, имеющей размеры по падению 350—500 м, по простиранию 80—100 м и по мощности 8—12 м. Указанный минерал находится в тесной ассоциации с гипогенным борнитом, который образует на месторождении гнезда и прожилки мощностью от 0,2 до 8 см среди халькопиритово-сфалеритовых руд. Содержание германия от 0,0001 до 0,001% наблюдается почти во всех пробах свинцово-цинковых руд, взятых с разных участков линзы. Но здесь германий присутствует в виде изоморфной примеси и, по-видимому, самостоятельных минералов не образует.

Детальные микроскопические исследования полированных шлифов, позволили выяснить, что выделения германия, в виде отдельных

минералов, генетически тесно связаны с борнитовой рудой. Гипогенный борнит как бы обуславливает возможность появления германиеносного минерала.

Реньерит $(Cu, Fe)_3 (Fe, Ge, Zn, Sn) (S, As)_4^*$ встречается в виде отдельных мелких выделений, но в большом количестве. Форма зерен в основном округлая, иногда овальная и неправильная (фиг. 1). Величина выделений колеблется в пределах 0,014—0,048 мм, а иногда наблюдаются и более крупные зерна, размером до 0,090 мм. Минерал приурочен, главным образом, к полям борнита, частично теннантита, редко галенита и в виде ис-



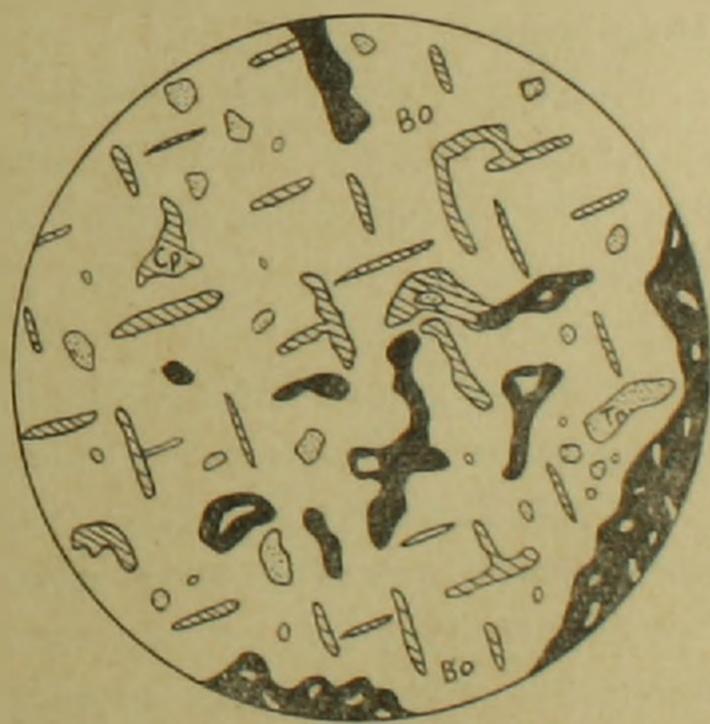
Фиг. 1. Выделения реньерита (Re) в полях борнита (Bo) в тесной ассоциации с теннантитом (Tn), галенитом (Ga) и сфалеритом (Sl). Увел. 353х.

* Формула реньерита приводится по данным Чарлз В. Склар и Бруно Г. Геер.

ключения отмечается в сфалерите и гипогенном халькозине. Минерал характеризуется оранжевым цветом. В свежеотполированных шлифах напоминает борнит и по цвету часто мало отличается от него. Но в отличие от борнита реньерит не окисляется на воздухе и благодаря своему более светлому оттенку довольно четко выделяется на фоне окисленного борнита. В желтом свете отражательная способность выше чем у теннантита, но намного ниже, чем у халькопирита, порядка 31—32%. В воздухе двуотражение не заметно, в масле очень слабое. При скрещенных николях анизотропность отдельных зерен минерала слабая, однако при срастании нескольких, различно ориентированных зерен, анизотропность заметная. В масле анизотропность отчетливая. Цветной эффект отсутствует. Внутренние рефлексии не заметны даже при наблюдении с иммерсией. Минерал обладает средней твердостью, по прочерчиванию мягкий. Полируется хорошо. Относительный рельеф выше чем у борнита, но ниже чем у теннантита. Обладает магнитными свойствами. Иногда в минерале наблюдаются мелкие округлые включения теннантита величиной до 0,0058 мм. Редко в тесном срастании с реньеритом встречаются мельчайшие удлиненные зерна халькопирита. При травлении борнита стандартными реактивами, мелкие включения реньерита остаются без изменения.

Благодаря детальному изучению полированных шлифов, на месторождении в борнитовых рудах было установлено наличие двух разновидностей борнита. Одна разновидность борнита коричневатого розового цвета, составляет до 85% от общей массы минералов и не содержит в себе германиевый минерал. В этом борните нередко наблюдается структура замещения борнита халькопиритом по определенным закономерным направлениям, совпадающим с кристаллографической структурой минерала (фиг. 2). Другая разновидность борнита коричневатого розового цвета с оранжевым оттенком. По окраске он приближается к реньериту и составляет только 20—25% борнитовой руды. По-видимому, окраска у этих борнитов частично обусловлена большой изоморфной примесью германия. Именно только в этих борнитах встречаются выделения германиевого минерала. Интересно отметить, что борниты второго типа в отличие от первых почти не окисляются на воздухе.

Кроме указанных минералов в борнитовых рудах в убывающем



Фиг. 2. Структура замещения борнита (Bo) халькопиритом (Cp). Увел. 100X.

порядке встречаются теннантит, сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, гипогенный халькозин, квеллин, самородное золото, станнин, а из нерудных — барит.

Вышеописанные борниты и борнитовые руды были подвергнуты спектральному анализу в спектральной лаборатории Института геологических наук АН АрмССР (аналитики Г. М. Мкртчян и М. Я. Мартиросян). Ниже приводятся результаты спектральных анализов в процентах: (см. табл. 1). Как видно из таблицы, в пробе № 44 (борнит коричневатого-розового цвета, не содержащий реньерит), спектральным анализом германий не установлен, а в пробе № 58 в (борнит коричневатого-розового цвета с оранжевым оттенком, содержащий включения реньерита) устанавливается повышенное содержание германия.

Химический анализ борнитовой руды (проба № 58) с небольшим содержанием теннантита, сфалерита, галенита и реньерита, проведенный в химической лаборатории редких элементов ИГН аналитиком С. А. Дехтрикян, показал содержание 0,025% германия. О высокой изоморфной примеси германия в полиметаллических рудах говорят следующие химические данные:

Проба № 59 — цинковый концентрат — Ge 0,001%.

Проба № 60 — свинцовый концентрат — Ge 0,0006%.

В настоящее время, вследствие микроскопических величин выделений реньерита, проведение рентгеноструктурного анализа минерала невозможно.

Судя по тому, что реньерит образует изолированные идиоморфные зерна в полях борнита, можно сказать, что время выделения реньерита из раствора было близким ко времени отложения борнита.

Интересно отметить, что реньерит, обнаруженный в борнитовых рудах полиметаллического месторождения в Армении, встречается в той же минералогической ассоциации, что и в рудах крупнейшего „поставщика“ германия южноафриканского месторождения Тсумеб.

Исходя из результатов собственных наблюдений и на основе накопившегося фактического материала, как у нас [1, 4, 5, 6, 7] так и за рубежом [11, 14], можно высказать мнение об определенной приуроченности германиевых минералов, в частности, германита и реньерита к теннантито-борнитовым рудам. Эта приуроченность выше названных минералов может иметь исключительно важный практический интерес с точки зрения поисков и разведки теннантито-борнитовых руд, как источника сырья на германий.

Авторам статьи хотелось бы высказать пожелание о необходимости детального пересмотра борнитовых руд других месторождений, заключающих в себе оранж-борнит, в связи с тем, что во многих случаях они могут оказаться германиевым минералом — реньеритом.

Результаты спектрального анализа борнита и борнитовых руд

№№ п.п.	№№ проб.	Характери- стика проб	В пробах присутствуют					В пробах отсутствуют
			10-4-10-3	10-3-10-2	10-2-10-1	10-1-1	1-10	
1	16	Борнитовая руда	V, Ga, Hg	Cr, Mo, Zr, Ge, Na, Au	Al, Mg, Ca, Mn, Ti, Sb	Si, Ag, As, Cd	Fe, Cu, Pb, Zn, Sr, Ba	Ni, Co, W, Hf, Nb, Ta, Bi, Te, Sn, In, Yt, La, K, Li, Be, Pt
2	23	Борнитовая руда	In	V, Zr, Ge, Ga	Al, Mg, Ca, Mn, Ti, Cr, Mo, Sb, Cd, Au	Si, Ag, As	Fe, Cu, Pb, Zn, Sr, Ba	Ni, Co, W, Hf, Nb, Ta, Bi, Te, Sn, Yt, La, P, Be, Pt, Hg
3	38	Борнит	V, Mo	Cr, Bi, Na, Hg	Al, Mg, Ca, Mn, Ti, Ge, Sr	Si, Ag, Sb, As, Cd	Fe, Cu, Pb, Zn, Ba	Ni, Co, W, Hf, Nb, Te, Sn, In, Yt, La, K, Li, P, Au, Be, Pt
4	44	Борнит		Ni, Ti, Mo, Na	Si, Al, My, Ca, Mn, Cr, Sb, Cd	Pb, Ag, As, Zn	Fe, Cu, Ba	W, Hf, Nb, Te, Bi, Te, Sn, Ge, Ga, In, Yt, La, K, Li, P, Au, Be, Pt, Hg
5	58a	Борнит		Ni, V, Bi, Te, Ga, In, Hg	Al, Mg, Ca, Mn, Ti, Cr, Mo, Ge,	Si, Ag, Sb, Gd, Sr	Fe, Cu, Pb, As, Zn, Ba	W, Hf, Nb, Ta, Sn, Yt, La, P, Au, Be, Pt
6	586	Борнит		Ni, V, Bi, Ga, In, Hg	Al, Mg, Ca, Mn, Ti, Cr, Mo, Ge, Sr	Si, Ag, Sb, Cd	Fe, Cu, Pb, As, Zn, Ba	W, Hf, Nb, Ta, Te, Sn, Yt, La, P, Au, Be, Pt
7	58в	Борнит		Ni, Ti, V, Mo, Ga, Na, Au, Hg	Mg, Mn, Cr, Sb	Si, Al, Ca, Ag, Cd, Ge, Sr	Fe, Cu, Pb, As, Zn, Ba	W, Hf, Nb, Ta, Bi, Te, Sn, Yt, K, Li, Be, Pt
8	72	Борнитовая руда	Hg	V, Zr, Ge, Ga, In, Au	Al, Mn, Ca, Mn, Ti, Cr, Mo, Sb	Si, Ag, As, Cd	Fe, Cu, Pb, Zn, Sr, Ba	Ni, Co, W, Hf, Nb, Ta, Bi, Te, Sn, Yt, La, P, Be, Pt
9	102	Борнит	Hg	Ni, V, Na	Al, Mg, Ca, Mn, Ti, Cr, Mo, Te, Ge, Sr	Si, Ag, Sb, As, Cd	Fe, Cu, Pb, Zn, Ba	W, Hf, Nb, Ta, Bi, Sn, Ga, In, Yt, La, K, Li, P, Au, Be, Pt

Է. Ա. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ա. Ա. ԿՈՃՈՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՈՒ ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻՅ ՄԵԿՈՒՄ
ՌԵՆՅԵՐԻՏԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բազմամետաղաչին հանքավայրերից մեկում 1959 թ. կատարած միներալոգիական ու զեոքիմիական հետազոտությունների և կուտակված նյութի միկրոսկոպիկ մանրագնին ուսումնասիրությունների հիման վրա մեզ հաջողվեց հանքանյութերում հայտնաբերել գերմանիումի միներալ՝ ունյերիտը:

Հանքավայրի երկրաբանական կառուցվածքի համար բնորոշ է հրաբխածին ապարների լայն տարածում: Հանք պարունակող ապարներ են հանդիսանում կվարցաչին պորֆիրները: Հանքայնացումը ներկայացված է բազմամետաղաչին և բարիտի ոսպնյակներով և բներով, որոնք հարում են կվարցաչին պորֆիրների ու պորֆիրիտների կոնտակտին:

Ռենյերիտ միներալը հաջողվեց հայտնաբերել հանքավայրի վերին հորիզոնում, ոսպնյակներից մեկի հանքանյութերում: Այստեղ նկարագրվող միներալը սերտորեն կապված է հիպոզեն բոռնիտի հետ, որը հանդես է գալիս բների և երակիկների ձևով խալկոպիրիտ-սֆալերիտաչին հանքանյութերում: Մանրագնին ուսումնասիրությունները թույլ տվեցին պարզել, որ գերմանիումի անջատումներն առանձին միներալների ձևով գենետիկորեն կապված են բոռնիտաչին հանքանյութերի հետ: Հիպոզեն բոռնիտը պայմանավորում է գերմանիում պարունակող միներալի առկայությունը:

Ռենյերիտը հանքանյութերում հանդես է գալիս հիմնականում բոռնիտի, մասնավորապես տենանտիտի և հադվադեպ գալենիտի, սֆալերիտի ու հիպոզեն խալկոզինի դաշտերում բազմաթիվ մանր անջատումների ձևով:

Գերմանիումի առկայությունը բոռնիտաչին հանքանյութերում հաստատվում է նաև սպեկտրալ և քիմիական տվյալներով: Ռենյերիտ, տենանտիտ, գալենիտ, սֆալերիտ պարունակող բոռնիտաչին հանքանյութերում ըստ քիմիական անալիզի տվյալների գերմանիումի պարունակությունը կազմում է $0,025\%$: Բազմամետաղաչին հանքանյութերում այդ պարունակությունը համեմատաբար ավելի ցածր է և ցինկի կոնցենտրատում կազմում է $0,001\%$ իսկ կապարի կոնցենտրատում՝ $0,0006\%$:

Իրականություն մեջ հայտնի և մեր կուտակված բազմաթիվ փաստացի տվյալների հիման վրա կարելի է եզրակացնել, որ գերմանիումի միներալները, մասնավորապես գերմանիտը և ունյերիտը հարում են տենանտիտ-բոռնիտաչին հանքանյութերին: Այդ օրինաչափությունը ունի կարևոր գործնական նշանակություն գերմանիումի ստացման հումք հանդիսացող տենանտիտ-բոռնիտաչին հանքանյութերի ուսումնասիրության համար:

Այս գրույթից ելնելով, անհրաժեշտ է վերանայել մի շարք հանքավայրերի բոռնիտաչին հանքանյութերը, որոնք պարունակում են օրանտ-բոռնիտ միներալը: Հավանական է, որ այդ օրանտ-բոռնիտը կարող է լինել գերմանիումի մեներալ՝ ունյերիտ:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амирасланов А. А.* Минералогическая характеристика колчеданных месторождений Урала. ОНТИ, 1937.
2. *Григорьев Д. П.* Закономерности образования сульфидов меди в колчеданных месторождениях Среднего Урала. Зап. ВМО., ч. 77, вып. 1, 1948.
3. *Захаров Е. Е. и Юшко С. А.* Карпушинское медно-цинковое месторождение на Среднем Урале. М.—Л. Изд-во АН СССР, 1936.
4. *Карамян К. А.* Германит и реньерит в рудах Дастакертского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отл. ВМО, № 1, 1959.
5. *Смирнов Ф. Л.* Редкие минералы в борнитовых рудах медно-колчеданного месторождения на Северном Кавказе. Труды минер. музея АН СССР, вып. 10, 1959.
6. *Смирнов Ф. Л. и Яковлев Л. И.* О германите в рудах одного из колчеданных месторождений Центрального Казахстана. Труды минер. музея АН СССР, вып. 10, 1959.
7. *Хачатурян Э. А.* О минералогическом составе руд Кафанского медного месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и географ. наук, том XI, № 6, 1958.
8. *Merwin H. E., Lombard R. H.* The system Cu-Fe-S.—Econ. Geol. Suppl. V.XXXII, № 2, 1937.
9. *Murdoch J.* Microscopical determination of the opaque minerals. 1916.
10. *Murdoch J.* X-ray investigation of Colusite, Germanite and Renierite.—Amer. Miner. v. 38 N 9—10, 1953.
11. *Ramdohr P.* Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. —Berlin, 1955.
12. *Schneiderhöhn H.* Zur Erforschungsgesch der Erze der Tsumeb Mine und der Geologischen Verhältnisse des Otaviberglands, Südwestafrika.—Neues Jahrb. Miner. Monatsh № 6, 1958.
13. *Schneiderhöhn H., Ramdohr P.* Lehrbuch der Erzmikroskopie, II, 1931.
14. *Sclar Ch. B. and Geler B. H.* The paragenetic relationships of germanite and renierite from Tsumeb South West Africa.—Econ. Geol. vol. 52, № 6, 1957.
15. *Vaes I. F.* La renierite (anciennement appelée „bornite orange“), un sulfure germanifère provenant de la mine Prince-Leopold, Kipuski (Congo Belge).—Bull. Soc. Geol. Belg. v. 72, 1948.