

Л. К. ЯХОНТОВА, Т. И. СТОЛЯРОВА

## НАХОДКА КОБАЛЬТОВОГО КАБРЕРИТА

Длительное время считалось, что магний в минералах эритрин-аннабергитовой изоморфной серии концентрируется преимущественно в никелевой, собственно аннабергитовой ее части. Таков классический кабрерит из Сьерра Кабрера (Испания) и Лауриум (Греция), представляющий собой промежуточный член в изоморфном ряду аннабергит — гернезит, в составе которого при 20 и 28%-ном содержании NiO было определено соответственно 9 и 5% MgO и который на оси Co — Ni, по нашему расчету, занимает участок 15 : 85—0 : 100 (Дэна и др., 1954).

Позднее появились сведения о возможности более широкого вхождения магния в состав арсенатов рассматриваемого изоморфного ряда с постепенным перемещением анализов в сторону собственно эритрина. К ним прежде всего следует отнести сообщение Мейкснера (Meixner, 1950, 1951) об обнаружении кабрерита и магнийсодержащего эритрина, правда, в обоих случаях диагностированных не вполне надежно (по оптическим константам и качественным химическим испытаниям), и описание Г. А. Крутовым (1958) также магнезиального эритрина (около 4% MgO), который оказался полностью сдвинутым на кобальтовый конец эритрин-аннабергитового ряда (Co : Ni = 82 : 18). Несколько позднее были проведены наши исследования арсенатов этой группы из зоны окисления одного из сибирских месторождений (Яхонтова, 1960), показавшие распространенность в ней арсенатов с одновременным и переменным содержанием в них кобальта, никеля и магния, т. е. относящихся к изоморфной серии эритрин — аннабергит — гернезит. В составе 14 проанализированных образцов среднее содержание MgO составляло от 0,4 до 7%, а область кобальт-никелевого отношения для них переместилась почти в середину оси Co — Ni, на участок 20 : 80 — 56 : 44.

Во всех указанных публикациях вхождение магния в состав эритрина и аннабергита рассматривается с позиции изоморфного замещения, вполне возможного при близости ионных радиусов  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ . Отмечаются заметное понижение показателей преломления минералов и повышение угла угасания с ростом их магнезиальности. Но из-за большой редкости описываемых арсенатов, а также недостатка материала очень многие вопросы минералогии эритрин-аннабергит-гернезитовой изоморфной группы неясны. Каждый новый анализ (химический, рентгеновский, оптический и др.) или дополнительное исследование имеют большое научное значение.

При углубленном изучении минералогии окисленных руд упомянутого сибирского месторождения был обнаружен арсенат из эритрин-аннабергитового ряда, содержащий неизвестное до настоящего времени очень высокое количество магния (около 13% MgO). Интересно, что при общем эритриновом облике образец имел очень светлую, скорее слегка кремовую, чем розовую, окраску и резко сниженные показатели преломления. Минерал развит в форме розетковидного агрегата, сложенного плоско удлинненными остроко-

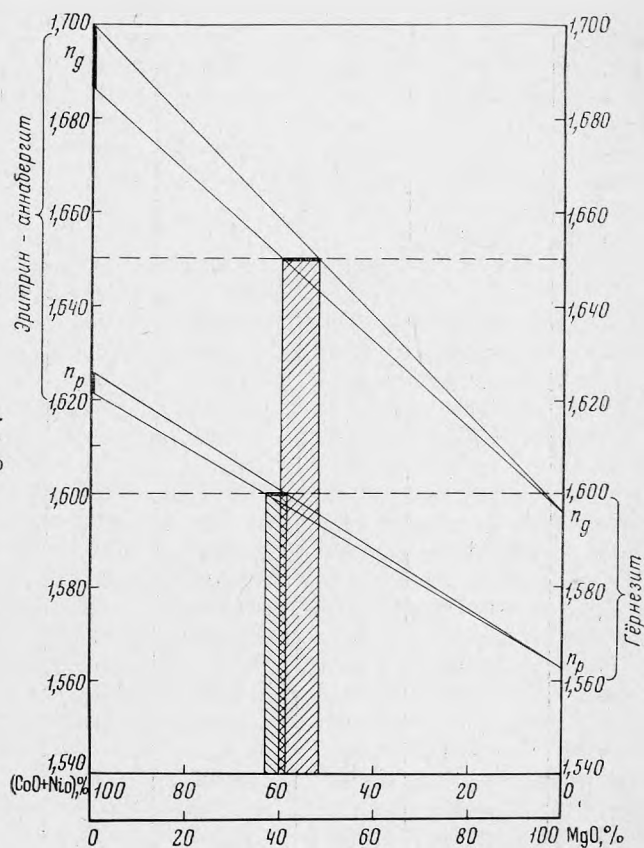
нечными кристаллами длиной до 5 мм. Спайность ясная, продольного типа. Кристаллы имеют сильный стеклянный блеск, хрупки и полупрозрачны. Твердость их около 3.

Для описываемого арсената были получены следующие оптические константы:  $n'_g = 1,650 \pm 0,002$ ;  $n'_p = 1,600 \pm 0,002$ ;  $c : Ng = 35^\circ$ , в соответствии с которыми он занял промежуточное положение в треугольнике эритрин — аннабергит — гернезит (см. рисунок). Согласно этим данным, оптически изученный образец должен содержать 40—50% гернезитового компонента. По величине показателей преломления и углу угасания он сходен с кабберитом из Хирт, описанным Мейксером (Meixner, 1950), в составе которого (по расчету) было около 8—10% MgO.

Спектральным анализом в описываемом минерале обнаружены As, Mg, Co, Ni ( $>>1\%$  каждого), Ca, Fe, Cu (0,01—0,1%), Zn, Al, Mn, Si ( $<0,01\%$  каждого). Количественный химический микроанализ, выполненный из навески 20 мг (аналитик Т. И. Столярова), показал следующий состав арсената (в %): MgO 12,83; NiO 12,45; CoO 8,12;  $As_2O_3$  41,85;  $H_2O \pm 25,48$ ;  $\Sigma 100,73$ , которому отвечает формула  $(Mg_{1,9}Ni_{0,8}Co_{0,5})_{3,2}(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$  с соотношениями  $CoO : NiO = 40 : 60$  и  $(CoO + NiO) : MgO = 46 : 54$ .

Таким образом, обнаруженный гипергенный арсенат оказался представителем изоморфной серии эритрин — аннабергит, несколько смещенным в сторону ее никелевого края, и в то же время промежуточным членом изоморфного ряда (эритрин + аннабергит) — гернезит, отвечающим по составу его средней части. В связи с необычным составом минерала при одновременно высокой концентрации в нем кобальта, никеля и магния было очень важно выяснить влияние сложного «тройного» изоморфного замещения на другие

График, показывающий возможное отношение  $(CoO + NiO) : MgO$  в арсенате по величинам  $n_g$  и  $n_p$



Сравнительные межплоскостные расстояния

Во всех случаях Fe-излучение. Сравнительные дебаграммы взяты из работы В. И. Михеева (1957)

Эритрин (Дашкесан)		Аннабергит (Фрайберг)		Кабрерит (Лауриум)		Наш образец	
I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
	—	—	—	3	9,20	—	—
	—	—	—	4	8,91	—	—
4	8,52	—	—	—	—	—	—
	—	5	7,77	—	—	8	7,68
7	6,85	7	6,62	10	6,73	10	6,63
	—	6	6,29	—	—	—	—
	—	—	—	1	5,98	—	—
	—	—	—	1	5,56	—	—
3	5,03	2	4,84	2	4,92	3	4,80
5	4,43	4	4,30	6	4,36	6	4,32
1	4,10	1	4,03	2	4,05	—	—
3	3,94	3	3,85	5	3,90	3	3,88
2	3,69	—	—	1	3,65	2	3,55
	—	—	—	—	—	10	3,43
9	3,23	10	3,19	8	3,19	8	3,18
10	3,010	9	2,998	8	2,989	9	2,98
	—	1	2,887	1	2,948	—	—
	—	7	2,765	—	—	—	—
8	2,729	7	2,709	6	2,711	8	2,69
4	2,666	7	2,674	—	—	—	—
	—	2	2,636	3	2,644	—	—
	—	6	2,534	4	2,550	5	2,51
5	2,456	6	2,441	4	2,437	5	2,42
	—	—	—	1	2,382	—	—
7	2,319	5	2,304	6	2,300	7	2,29
2	2,232	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	2	2,214	—	—
4	2,190	—	—	—	—	—	—
	—	4	2,177	—	—	4	2,17
	—	3	2,131	2	2,139	—	—
6	2,079	4	2,072	5	2,064	6	2,060
1	1,985	—	—	2	1,976	2	1,967
3	1,949	6	1,957	3	1,936	3	1,931
4	1,909	3	1,899	3	1,890	4	1,881
2	1,831	4	1,827	2	1,821	3	1,820
2	1,776	2	1,765	1	1,775	—	—
	—	—	—	2	1,754	4	1,753
	—	—	—	1	1,709	—	—
6	1,679	8	1,680	9	1,666	9	1,656
	—	8	1,649	9	1,637	8	1,632
3	1,611	—	—	—	—	—	—
3	1,596	6	1,603	6	1,594	5	1,591
4	1,583	—	—	—	—	—	—
4	1,564	9	1,557	4	1,551	3	1,544
6	1,521	2	1,532	4	1,526	2	1,523
1	1,513	—	—	—	—	—	—
	—	6	1,497	1	1,502	—	—
6	1,485	2	1,482	5	1,484	4	1,479
1	1,473	2	1,462	1	1,474	—	—

Эритрин (Дашкесан)		Аннабергит (Фрайберг)		Кабрерит (Лауриум)		Наш образец	
<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>
	—	6	1,444	4	1,449	5	1,448
	—	—	—	2	1,438	—	—
2	1,428	1	1,424	—	—	—	—
2	1,412	2	1,411	2	1,417	—	—
	—	—	—	2	1,400	3	1,406
	—	3	1,386	2	1,372	4	1,372
2	1,359	7	1,361	3	1,348	2	1,343
4	1,341	7	1,336	4	1,329	6	1,329
	—	3	1,314	—	—	—	—
	—	2	1,283	2	1,272	2	1,274
5	1,255	3	1,258	—	—	—	—
	—	1	1,248	6	1,248	4	1,247
	—	—	—	1	1,243	—	—
4	1,222	5	1,220	—	—	—	—
	—	—	—	6	1,213	5	1,214
2	1,185	4	1,188	—	—	—	—
3	1,178	—	—	—	—	—	—
4	1,163	3	1,162	4	1,168	4	1,168
	—	—	—	4	1,154	3	1,155
2	1,133	3	1,137	3	1,137	2	1,138
	—	—	—	3	1,132	—	—
	—	3	1,123	—	—	1	1,125
2	1,118	4	1,110	3	1,116	1	1,110
	—	3	1,094	—	—	—	—
2	1,076	7	1,077	—	—	1	1,070
	—	3	1,055	—	—	3	1,050
6	1,042	3	1,038	—	—	4	1,036

(кроме уже отмеченных для него макроскопических и оптических) свойства этого арсената.

Поскольку минерал был обнаружен только в одном образце и в очень малом количестве, удалось выполнить лишь рентгеновский анализ по методу порошка (рентгеновская лаборатория ИМГРЭ), результаты которого приведены в таблице. Для сравнения в ней указаны межплоскостные расстояния и интенсивности дебаеграмм, имеющих в справочниках для эритрина, аннабергита и кабрерита.

Из таблицы видно, что по общей рентгеновской картине исследованный арсенат схож с представителями изоморфной эритрин-аннабергитовой группы. В то же время по межплоскостным расстояниям и интенсивности отвечающих им отражений полученная рентгенограмма ближе к кабреритовой. Последняя в целом сходна с дебаеграммой аннабергита и отличается от нее некоторыми особенностями, очевидно, связанными со структурными деталями кабрерита, отвечающими изоморфному вхождению в аннабергит магния. Только кабрериту присущи отражения 9,20, 8,91, 2,214, 1,438, 1,400, 1,154, 1,132 и др. У него по сравнению с аннабергитом две тройки отражений (7,77—6,62—6,29 и 2,765—2,709—2,674) заменены каждой одним сильным отражением (6,73 и 2,711). Большинство этих изменений оказались характерными и для рентгенограммы описываемого минерала. По рентгеновской картине обнаруженный высокомагнезиальный арсенат вполне мог бы быть диагностирован как кабрерит.

В литературе, к сожалению, отсутствуют работы, посвященные рентгеновским исследованиям арсенатов — членов изоморфной серии эритрин — аннабергит. Поэтому остается неясным характер влияния содержания кобальтового и никелевого компонентов в образцах на их рентгеновские параметры. Лишь для изоморфной серии аннабергит — гернезит имеется уже рассмотренная дебаеграмма классического кабрерита из Лауриум. Из приведенного выше ее анализа видно, что содержание магния в бескобальтовом аннабергите довольно ощутимо изменяет картину межплоскостных расстояний и интенсивностей, свойственную чисто никелевому арсенату.

В нашем случае, когда в минерале оказались вместе кобальт, никель и магний, очевидно, более заметную роль должны играть никель и магний. Действительно, по рентгенограмме арсенат оказался похож больше на кабрерит (и аннабергит), чем на эритрин. Общий характер сходства рассмотрен выше.

В заключение остановимся на вопросе, касающемся названия описанного арсената — представителя изоморфного ряда эритрин — аннабергит — гернезит. Мейкснер (Meixner, 1951) предложил два термина — «никелькабрерит» для членов серии аннабергит — гернезит и «кобальткабрерит» — для кобальт-магнезиального ряда. Нам кажется, что первый из этих терминов лишней. Кабреритом был назван именно магнезиальный аннабергит, в котором никель частично замещен на магний. Это название и следует сохранить за всеми представителями изоморфного аннабергит-гернезитового ряда. Второй термин Мейкснера («кобальткабрерит»), видимо, является наиболее подходящим для всех тех арсенатов, в составе которых одновременно содержатся кобальт, никель и магний. Что касается безникелевого эритрина, содержащего магний, то, очевидно, он остается просто магнезиальным эритрином, и его эталоном пока являются образцы, описанные Мейкснером (Meixner, 1951) и Г. А. Крутовым (1958). Поэтому исследованный высокомагнезиальный арсенат следует называть кобальтовым кабреритом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пелач Ч., Берман Г., Фрондель К. Система минералогии. Т. II, стр. 2. ИЛ, 1954.
- Крутов Г. А. Магнезиальный эритрин в серпентинитах Южного Урала и некоторые общие вопросы состава минералов ряда эритрин — аннабергит. — Труды Мин. музея АН СССР, 1958, вып. 9.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
- Яхонтова Л. К. Вопросы состава и свойств минералов ряда эритрин — аннабергит. — Труды Мин. музея АН СССР, 1960, вып. 11.
- Meixner H. Ober Cabrerit. — Neues Jahrb. Mineral., 1950, H. 8.
- Meixner H. Kobaltcabrerit, ein neues Mineral aus der Magnesitlagerstätte auf der Millstätter Alpe bei Radenthein, Kärnten. — Neues Jahrb. Mineral., 1951, H. 1.