

С. В. МАЛИНКО, Н. Н. КУЗНЕЦОВА, К. В. ЮРКИНА

БОРКАРИТ ИЗ СОЛОНГО, ЕГО ПАРАГЕНЕЗИСЫ, СОСТАВ И СВОЙСТВА

Боркарит — карбонатоборат кальция и магния — был впервые установлен в Полярной Якутии (месторождение Снежное), где слагал гнездобразное выделение размером около 0,5 м в поперечнике (Перцев и др., 1965). В массе мелкозернистого плотного боркарита, в свежем изломе обладающего светлой голубовато-зеленой окраской, наблюдались тонкие прожилки ссайбелиита, гнезда серпентина, мелкие зерна магнетита и шпинели, включения кальцита, а также прожилковые выделения этого же карбонатобората мощностью до 1 см, сложенные крупозернистыми параллельно- и радиальношестоватыми полупрозрачными зернами, окрашенными от небесно-голубого до довольно яркого, голубовато-зеленого цвета. Для изучения свойств и состава боркарита из Полярной Якутии использовались его прожилковые выделения, на которых позднее была решена кристаллическая структура этого минерала и кристаллохимическая формула его приняла вид $\text{Ca}_4\text{Mg}[\text{V}_4\text{O}_6(\text{OH})_6] [\text{CO}_3]_2$ (Соловьева, Бакакин, 1968).

Плотные разности боркарита месторождения Снежное состоят из изометричных зерен размером до нескольких миллиметров, которые содержат тонкие включения кальцита, ссайбелиита, серпентина, магнетита и шпинели, распределенные неравномерно. Внутри некоторых зерен боркарита наблюдаются участки, совершенно лишенные включений, обычно имеющие округлые очертания и окаймленные волокнистым ссайбелиитом. Эти участки по форме весьма похожи на включения котоита в мраморе, в связи с чем предполагается образование боркарита здесь на месте зерен котоита (Перцев и др., 1965). Известно также описание боркарита из Холдона, КНДР (Ли Дон, 1966), где он установлен в бороносных кальцифирах.

Третьей находкой этого карбонатобората в природе явилось установление его С. В. Малинко в 1974 г. в месторождении Солонго, геологическое строение и особенности минерального состава руд которого неоднократно освещались в литературе (Лисицин, и др., 1974; Малинко, Цыденова, 1970). Здесь боркарит обнаружен в керне скважины, пересекающей курчатовитовую руду, на глубине около 120 м от дневной поверхности и приурочен к зоне интенсивного развития Mg-роуита и федоровскита в этих рудах. Боркаритовая минерализация наблюдается в полутометровом интервале керна и является здесь преобладающей по отношению ко всем другим минералам. Кроме Mg-роуита и федоровскита, видимо, близких к боркариту по времени образования, характерна ассоциация боркарита с многочисленными зернами свабита и более редкими — граната существенно андрадитового состава, большей частью находящимися в сростании с минералами роуит-федоровскитовой серии.

В отличие от боркарита из Полярной Якутии, характеризующегося голубоватой окраской, в боратовых рудах Солонго этот минерал обладает светло-коричневым цветом, а в участках интенсивной пылевидной вкрапленности Mg-Ca-Mn-минерала, подробнее рассмотренного ниже, и более редких мелких зерен якобсита преобладает темно-коричневый с красноватым оттенком цвет.

Морфологический характер выделений боркарита в месторождении Солонго близок якутскому. Он образует сростки кристаллов призматиче-

ского габитуса размером до 6 мм, с шелковистым блеском, при ударе распадающихся на остроугольные осколки, вытянутые в одном направлении. В шлифах боркарит преимущественно наблюдается в виде крупных изометрических зерен, бесцветных, с высоким двупреломлением, во многих из которых, помимо пылевидной вкрапленности Mg-Ca-Mn-минерала и якобсита, содержатся мельчайшие иголки ссайбелиита и тонкозернистые выделения кальцита.

При изучении образцов боркаритсодержащей породы под бинокляром нетрудно заметить, что большая часть выделений боркарита имеет псевдоморфный характер, свидетельствующий об образовании этого карбоната бората по минералу кубической сигонии. Аналогичные псевдоморфные выделения боркарита наблюдаются и в шлифах, где видно, что они обычно сложены несколькими различно угасающими зернами этого минерала. По всей вероятности, описываемые выделения являются псевдоморфозами боркарита по саханту. Местами вкрапленность марганцевых минералов, преимущественно приуроченная к крайним внешним зонам псевдоморфоз, образует оторочки, четко различимые под бинокляром.

В табл. 1 приводится сопоставление свойств боркарита месторождений Снежное и Солонго (свойства боркарита из месторождения Снежное изучались на его прожилковых выделениях небесно-голубого цвета).

Как видно из табл. 1, образцы боркарита обоих месторождений, кроме различия в цвете, характеризуются в целом близостью свойств, хотя этому минералу из месторождения Солонго свойственны несколько меньшие значения удельного веса, показателей преломления и угла оптических осей по сравнению с описанным ранее боркаритом из месторождения Снежное в Полярной Якутии. Параметры элементарных ячеек образцов близки.

Дебаеграммы боркарита обоих месторождений практически идентичны; к ним близка и дебаеграмма боркарита из месторождения Холдон (КНДР), хотя она и лишена ряда характерных для этого минерала отражений (табл. 2). К сожалению, отсутствие в описании боркарита из Хол-

Таблица 1
Свойства боркарита

Свойства	Месторождение		Свойства	Месторождение	
	Снежное, Полярная Якутия (Перцев и др., 1965; Соловьева, Бакакин, 1968)	Солонго (Бурятская АССР)		Снежное, Полярная Якутия (Перцев и др., 1965; Соловьева, Бакакин, 1968)	Солонго (Бурятская АССР)
Характер выделения	Мелкозернистые агрегаты; субпараллельные сростки кристаллических индивидуальных призматического габитуса с остроугольными окончаниями	Сростки удлиненных кристаллов призматического габитуса с шелковистым блеском	Nm Np $Ng-Np$ Параметры элементарной ячейки, Å:	1,651-1,653 1,590-1,594 0,067-0,066	1,632 1,587 0,054
Цвет	От небесно-голубого до голубовато-зеленого	Светло-коричневый	a b c β , град. v , Å	17,81 0,02 8,36 0,01 4,46 0,005 102 650,76	17,843 * 8,378 4,444 101,94 662,50
Спайность - Твердость Уд. вес (измер.) -2 <i>v</i> , град Ng	Совершенная вдоль удлинения Около 4				
	2,77	2,67			
	30±2	27±2			
	1,657-1,660	1,641			

* Параметры элементарной ячейки боркарита Солонго определены на кафедре кристаллографии МГУ Н. А. Ямной.

Таблица 2

Межкласковые расстояния (d) и интенсивности отражений (I) боркарита из различных месторождений

Солонго, Бурятская АССР		Свежное, Полярная Якутия (Перцев и др., 1965)		Холдон КНДР (Ли Дон, 1966)	
d	I	d	I	d	I
9,27	3	8,4	3	8,166	2
7,42	9	7,57	10	7,47	8
4,66	8	4,78	3	—	—
4,306	1	4,37	3	—	—
—	—	4,19	3	—	—
3,922	1	3,90	1	—	—
3,591	4	3,57	1	—	—
3,451	1	3,46	1	—	—
3,195	6	3,22	8	3,230	4
2,975	1	2,98	3	2,975	4
2,881	7	2,91	3	2,901	6
—	—	2,81	1	—	—
—	—	2,79	0,5	—	—
—	—	2,76	0,5	—	—
2,715	8	2,73	8	2,740	7
2,655	10	2,67	10	2,660	10
2,489	5	2,52	2	2,526	4
—	—	(2,44)	2	—	—
2,363	9	2,39	8	—	—
2,262	8	2,27	9	2,275	5
2,210	8	2,21	9	2,213	4
2,134	3	2,13	5	2,148	4
2,087	2	2,09	8	2,090	3
2,050	2	2,06	4	—	—
(1,992)	1	1,991	1	—	—
1,881	6	1,886	10	1,888	10
1,810	10	1,812	8	1,818	6
1,755	1	1,740	1	—	—
1,697	8	1,699	8	1,699	8
1,660	7	1,658	6	1,656	5
1,610	7	1,610	9	1,613	8
1,598	1	1,594	2	—	—
1,577	2	1,572	1	—	—
1,539	1	—	—	—	—
1,523	6	1,523	6	1,520	3
1,474	2	1,480	1	—	—
1,420	3	1,427	1	—	—
1,370	4	1,365	2	—	—
1,342	1	1,335	2	1,343	3
1,329	6	1,329	6	—	—
1,312	3	1,301	6	—	—
1,299	5	1,294	6	—	—
—	—	1,281	2	—	—
—	—	1,271	2	—	—
—	—	1,259	1	—	—
—	—	1,241	1	—	—
—	—	1,226	1	—	—

Таблица 2 (окончание)

Солонго, Бурятская АССР		Снежное, Полярная Якутия, (Перцев и др., 1965)		Холдон ИИДР (Ли Дон, 1966)	
<i>d.</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>
—	—	1,216	1	—	—
—	—	1,204	1	—	—
1,196	9	1,196	8	—	—
—	—	1,176	3	—	—
—	—	1,163	3	—	—
1,155	7	1,153	3	—	—
1,136	2	1,133	3	—	—
1,122	2	1,122	2	—	—
1,107	5	1,103	7	—	—
—	—	1,098	2	—	—
1,091	5	1,091	7	—	—
—	—	1,086	2	—	—
1,073	5	1,069	5	—	—
1,059	1	1,057	1	—	—

дона многих других характеристик этого минерала не позволяет провести сравнения его с боркаритом из обоих месторождений Советского Союза.

ИК-спектры боркарита месторождений Солонго и Снежное (образец боркарита из Снежного был любезно предоставлен автору Н. Н. Перцевым), снятые в ВИМС на спектрофотометре UR-20, практически идентичны (рис. 1).

Приведенные данные с определенностью свидетельствуют о принадлежности описанного минерала из Солонго к боркариту. Некоторые различия в физических свойствах, наиболее значительное из которых заключается в различной окраске образцов боркарита из Солонго и Снежного, видимо, связаны с нюансами их состава.

При общем несомненном сходстве несколько более существенны различия термических кривых обоих образцов. Как видно из рис. 2, дифференциальные термические кривые боркарита из месторождения Снежное, снятые в ИГЕМ и в ВИМС (кривые 1 и 2), практически идентичны. Вместе с тем дифференциальная термическая кривая боркарита из Солонго (кривая 3) отличается от обеих предыдущих ярче выраженным эндотермическим эффектом с максимумом при 828° , которому на кривых якутского образца соответствуют эндотермические реакции при $800-810^{\circ}$. Кроме того, наблюдается некоторое различие в температурах плавления, которое в боркарите Солонго наступает несколько ранее (970° С), чем в образцах из месторождения Снежное (1020° С).

Слабая изученность боркарита и различия в свойствах этого минерала из Солонго с ранее изученным образцом прожилкового боркарита из месторождения Снежное побудили необходимость исследования его химического состава, которые и было проведено параллельно для образцов боркарита из двух месторождений — Солонго и Снежное; в последнем исследовании подвергся плотный боркарит, образующий сплошную массу, состав которого ранее не определялся.

Поскольку выделения боркарита Солонго и плотных разновидностей этого минерала из месторождения Снежное характеризуются тончайшим проращением ссайбелиита, наиболее обильного в якутском образце, получение мономинеральных фракций боркарита в данном случае практически неосуществимо. Поэтому для исследования отбирались под бинокляром

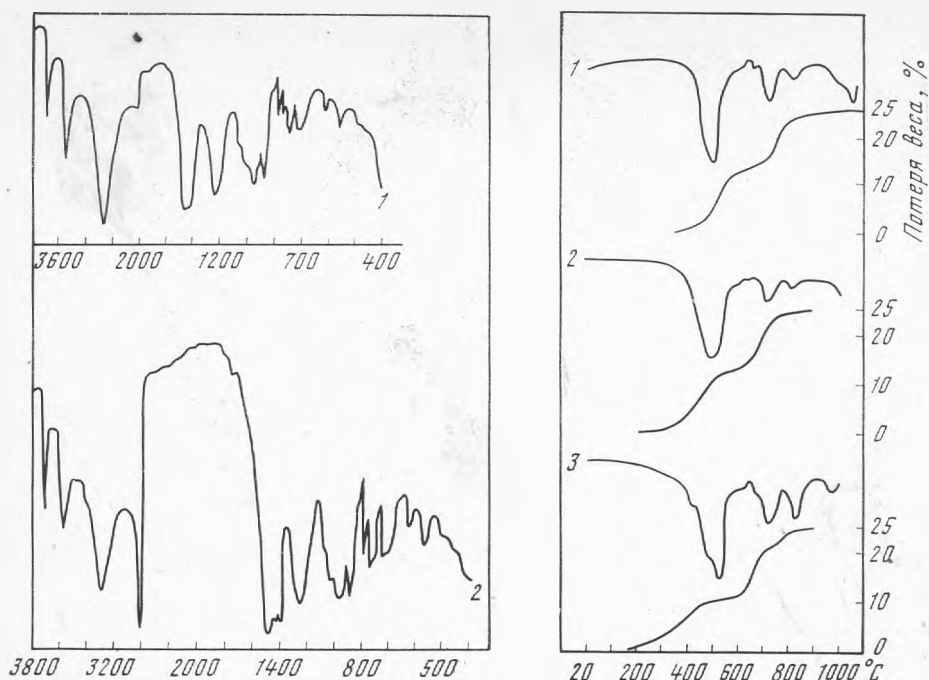


Рис. 1. ИК-спектры поглощения боркарита из месторождений Снежное (1) и Солонго (2). Сняты на приборе UR-20

Рис. 2. Дифференциальные термические (верхние) и термовесовые (нижние) кривые боркарита

1 — боркарит месторождения Снежное (по Перцеву и др., 1965); 2 — боркарит месторождения Снежное (по данным автора); 3 — боркарит месторождения Солонго

зерна боркарита, которые во внутренних частях в некотором количестве неизбежно содержали мельчайшие включения ссайбелиита, неразличимого под биноклем. В связи с тем, что присутствие магниевого бората в навесках должно значительно отразиться на результатах химического исследования боркарита, данные химических анализов обоих образцов этого минерала, проведенных микрохимическим методом из 150 мг навесок Н. Н. Кузнецовой (ВИМС) корректировались определением содержаний катионов в них микрорентгеноспектральным анализом на установке JXA-3A (аналитик К. В. Юркина, ВИМС). Результаты этого исследования в сопоставлении с данными ранее проведенного химического анализа прожилкового боркарита из Якутии приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, изученные образцы боркарита характеризуются количественными различиями как в катионной, так и в анионной группе. В катионной группе это выражается в пониженном количестве ионов кальция и соответственно повышенном — магния в плотном мелкокристаллическом боркарите по сравнению с его прожилковыми выделениями; еще значительнее это различие наблюдается в проанализированном образце из Солонго. Изменения в анионной группе наиболее четко проявлены для анионов бора и гидроксиллов, в соответствии с чем плотные разновидности боркарита из Снежного и особенно боркарита из Солонго характеризуются более низким содержанием бора и более высоким — воды по сравнению с ранее изученной разновидностью прожилкового боркарита; последнему свойственно и несколько более высокое содержание CO_2 .

Сопоставление составов изученных образцов боркарита с кристаллохимической формулой этого минерала $\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{B}_4\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot (\text{CO}_3)_2$ показывает, что наиболее близок к идеальному составу поздний прожилковый боркарит из месторождения Снежное; боркарит плотной мелкозернистой

Таблица 3

Состав боркарита по данным химического и рентгеноспектрального анализов

Компонент	Снежное (Полярная Якутия)															
	Прожилки					Плотные кристаллические массы										
	химический					микрохимический					микрорентгено-спектральный		микрорентгеноспектральный + микрохимический			
	Содержание, вес. % (среднее из двух анализов)	атомное кол-во	кол-во атомов в элементарной ячейке при $K=10,86$	коэффициент при $Z=2$	теоретический состав, вес. %	содержание, вес. %	мол. кол-во	мол. кол-во примеси		атомное кол-во в боркарите, содержащем примесь ссаибелита	вес. % в боркарите	атомное кол-во катионов в боркарите	атомное кол-во при-меси ссаибелита	атомное кол-во в боркарите в пересчете на 100%	кол-во атомов в элементарной ячейке при $K=10,86$	коэффициент при $Z=2$
подви-гита								сер-пентина								
CaO	41,31	Ca 0,7366	8,06	4,03	41,09	34,10	0,608	—	—	Ca 0,608	27,0	0,674	—	Ca 0,674	7,32	3,66
MgO	7,40	Mg 0,1835	—	—	14,30	0,354	0,048	0,009	—	Mg 0,297	5,6	0,236	0,061	Mg 0,236	2,56	1,28
MnO	—	—	2,05	1,02	7,38	0,09	—	—	—	Mn 0,001	—	—	—	—	—	—
FeO	0,46	Fe 0,0064	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	0,007	—	Fe 0,007	0,08	0,04
Fe ₂ O ₃	0,02	—	—	—	—	1,90	0,012	0,012	—	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,26	Al 0,0051	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SiO ₂	Следы	—	—	—	—	0,38	0,006	—	0,006	—	—	—	—	—	—	—
B ₂ O ₃	24,77	B 0,7114	7,78	3,89	25,51	21,78	0,313	0,012	—	B 0,602	—	—	0,061	B 0,562	6,10	3,05
CO ₂	15,64	C 0,3554	3,89	1,94	16,12	14,45	0,328	—	—	C 0,328	—	—	—	C 0,340	3,69	1,85
						(по равности)										
H ₂ O ⁺	10,20	H 1,1329	12,38	6,19	9,90	13,00	0,722	—	0,006	H 1,432	—	—	0,061	H 1,451	15,76	7,88
H ₂ O ⁻	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl	Не обн.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,27					100,00										
Аналитик	И. Б. Никитина, ИГЕМ					Н. Н. Кузнецова, ВИМС					К. В. Юркина, ВИМС					
Формулы	Ca _{4,03} Mg _{1,72} [B _{3,80} O _{5,85} (OH) _{6,19}](CO ₂) _{1,94}					Ca _{3,85} (Mg _{1,28} Fe _{0,04}) _{1,32} [B _{3,02} O _{3,76} (OH) _{7,88}](CO ₂) _{1,85}										

Таблица 3 (продолжение)

Компонент	Солонго (Бурятская АССР)									
	микрохимический				микрорентгеноспектральный			микрорентгеноспектральный + +микрохимический		
	содержание, вес. %	мол. кол-во	мол. кол-во примеси граната	атомное кол-во в боркарите с примесью ссайбеллита	вес. % в боркарите	атомное кол-во катионов в боркарите	атомное кол-во при- меси ссай- беллита	атомное кол-во в боркарите в пересчете на 100%	кол-во атомов в элем. ячей- ке при K=10.60	коэффици- ент при Z=2
CaO	35,67	0,636	0,022	Ca 0,614	26,0	0,649	—	Ca 0,649	6,88	3,44
MgO	14,73	0,365	—	Mg 0,365	5,1	0,215	0,140	Mg 0,215	2,28	1,14
MnO	0,83	0,012	—	Mn 0,012	0,6	0,020	—	Mn 0,020	0,21	0,10
FeO	1,98	0,012	0,012	—	0,4	0,007	—	Fe 0,007	0,08	0,04
Fe ₂ O ₃	Не обн.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,28	0,003	0,003	—	—	—	—	—	—	—
SiO ₂	2,55	0,042	0,022	Si 0,020	—	—	—	—	—	—
B ₂ O ₃	18,64	0,268	—	B 0,536	—	—	0,140	B 0,450	4,77	2,39
CO ₂	13,70	0,289	—	C 0,289	—	—	—	C 0,328	3,48	1,74
H ₂ O ⁺	12,33	0,685	—	H 1,370	—	—	0,140	H 1,400	14,84	7,42
H ₂ O ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,73									
Аналитик	Н. Н. Кузнецова, ВИМС				К. В. Юркина, ВИМС					
Формулы	Ca _{2,44} (Mg _{1,14} Mn _{0,10} Fe _{0,04}) _{1,28} [B _{2,30} O _{2,86} (OH) _{2,42}](CO ₃) _{1,74}									

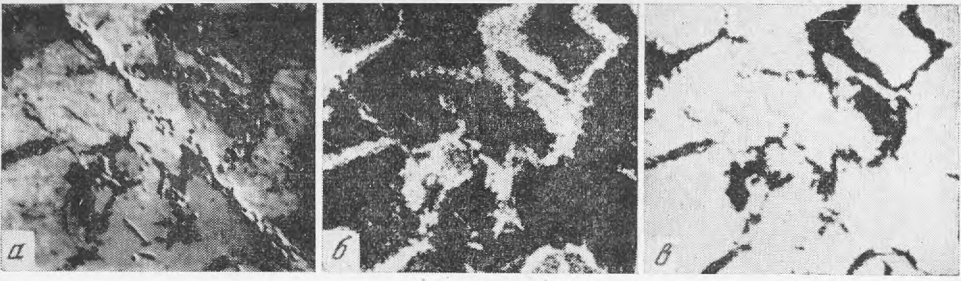


Рис. 3. Растровые изображения плотного боркарита месторождения Снежное
а — в обратно-рассеянных электронах; *б* — в рентгеновском излучении магния; *в* — в рентгеновском излучении кальция. Микроанализатор САМЕВАХ, увел. 800

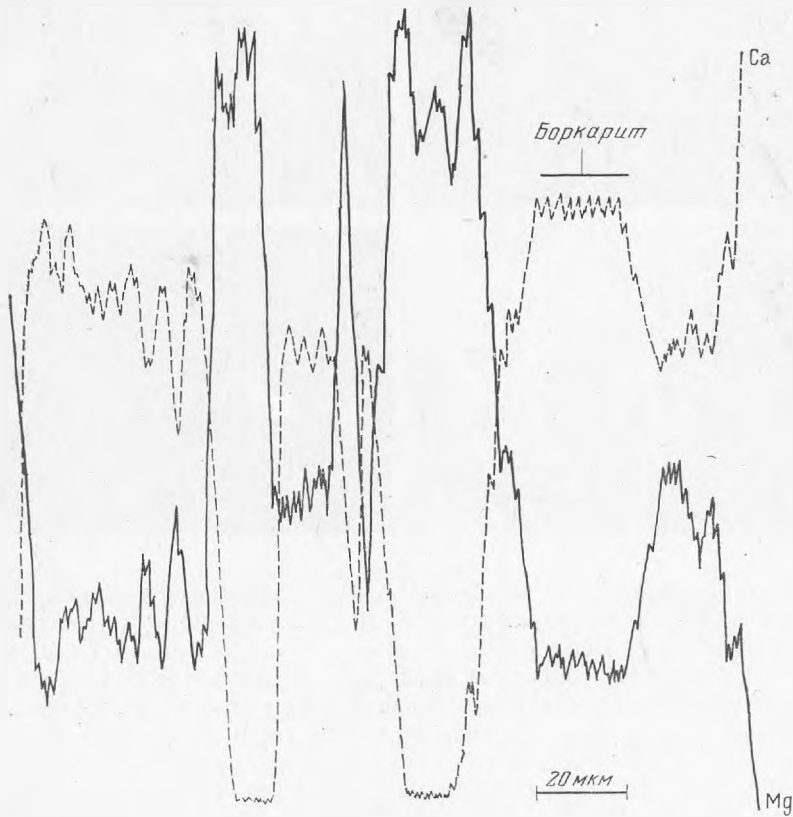


Рис. 4. Распределение интенсивностей аналитических линий кальция и магния в образце плотного боркарита из месторождения Снежное

разности из этого месторождения и особенно боркарит из Солонго значительно отклоняются от теоретического состава. Дефицит кальция и бора в последних, а также избыточное количество магния и гидроксидов в них при несущественных отклонениях рентгеновских характеристик позволяют предполагать, что в данном случае, по-видимому, имеют место изоморфные замещения в пределах боркаритовой структуры по схеме $\text{Ca} \rightarrow \text{Mg}$ и $[\text{B}(\text{O},\text{OH})_4]^{4-} \rightarrow [(\text{OH})_4]^{4-}$. Видимо, именно эти замещения обуславливают некоторые изменения в физических свойствах и термических характеристиках отдельных разновидностей боркарита, отмеченные выше. Вместе с тем различия в цвете боркарита из месторождений Снежное и

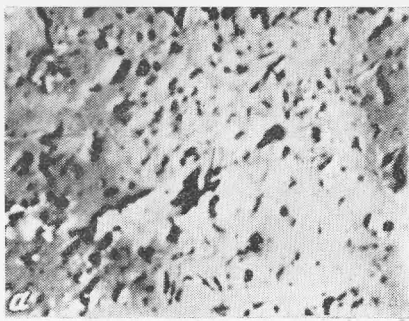
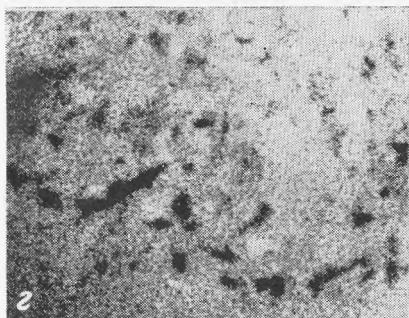
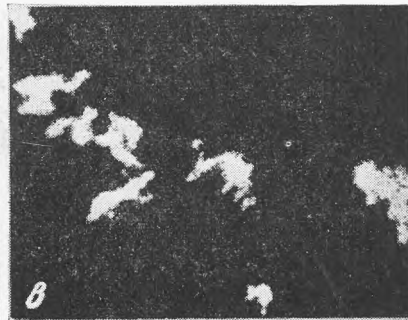
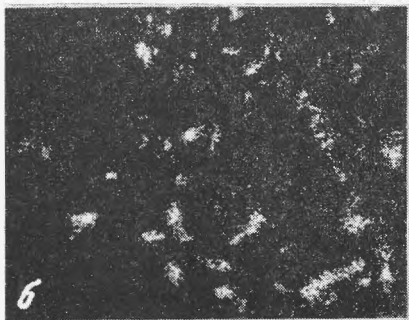


Рис. 5. Растровые изображения боркарита месторождения Солонго. Микроанализатор САМЕВАХ, увел. 800

a — во вторичных электронах; в рентгеновском излучении магния (*б*); кальция (*в*), марганца (*г*), железа (*д*)



Солонго, по-видимому, обусловлены присутствием в последнем примеси марганца (0,83% MnO), практически отсутствующей в обеих разновидностях боркарита из Снежного.

При исследовании образцов боркарита на микроанализаторе и электронном микроскопе выявилась чрезвычайная сложность их состава. Так, в зернах боркарита из плотной разновидности этого минерала в месторождении Снежное собственно боркаритовому составу отвечали лишь отдельные мелкие участки, имеющие округлые очертания, оконтуренные ссайбелиитом и по предположению впервые описавших этот минерал исследователей образовавшиеся на месте зерен котоита. Именно на этих участках было произведено количественное определение состава катионов в боркарите микрорентгеноспектральным методом. Основная масса боркаритовых зерен представлена тончайшим проращением карбонатовобората с ссайбелиитом и кальцитом (рис. 3, 4), не позволяющим произвести определение состава минерала даже при высокой разрешающей способности микроанализатора. Выделения боркарита в боратовых рудах месторождения Солонго обладают сравнительно большой однородностью, хотя и в них проращение с ссайбелиитом фиксируется повсеместно и при любых увеличениях (рис. 5, 6).

На рис. 5, *б*, *в* видно проращение боркарита ссайбелиитом; на рис. 5, *г*, *д* отчетливо различается вкрапленность яcobита и Mg-Ca-Mn-минерала.

Помимо изучения состава собственно боркаритовых выделений в этих рудах, исследования на микроанализаторе и электронном микроскопе

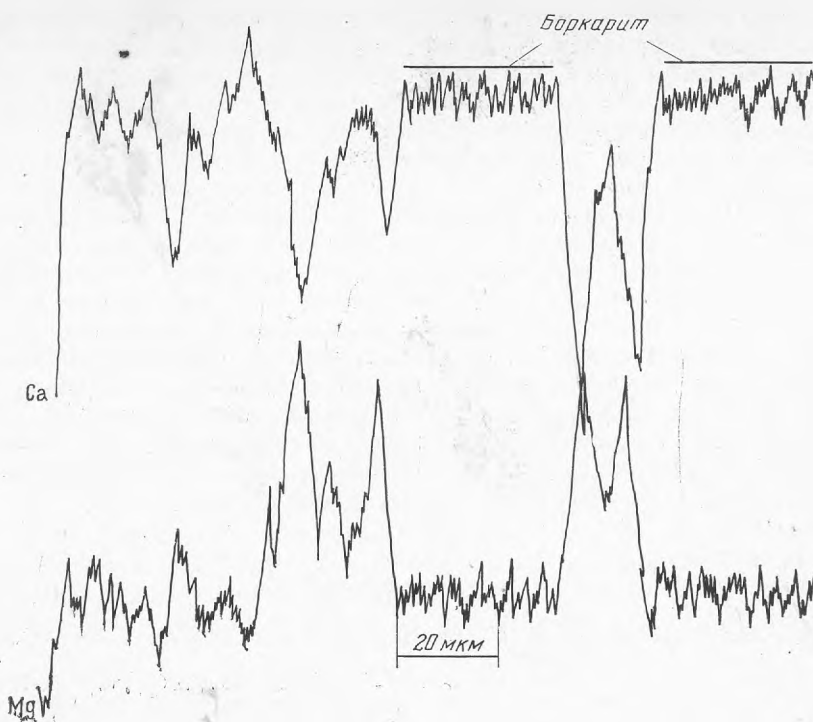


Рис. 6. Распределение интенсивностей аналитических линий кальция и магния в зерне боркарита из месторождения Солонго. Четко фиксируется прорастание боркарита ссайбедитом

позволили определить состав и характер выделения пылевидной вкрапленности марганцевых минералов в боркарите Солонго, в отдельных участках обуславливающий его темный вишнево-коричневый цвет. На растровых изображениях этого боркарита (рис. 4) четко устанавливаются редкие вкрапленники яacobита, выделяющиеся высокими содержаниями марганца и железа при полном отсутствии кальция и магния. Рентгено-спектральным методом на микроанализаторе JXA-3A (аналитик К. В. Юркина, ВИМС) в минерале установлено железо (47%) и марганец (20%), в отдельных зернах содержится 2—3% Mg. Вместе с тем большая часть вкрапленности представлена соединениями, наряду с марганцем содержащими большое количество кальция и значительно меньшее — магния (рис. 4, б—г). В шлифах при изучении в оптическом микроскопе этот минерал характеризуется непрозрачностью и полуметаллическим блеском.

Наблюдения в электронном микроскопе показали, что обычно он образует агрегаты мельчайших зерен, размером $\sim 0,1$ мкм, с идиоморфными очертаниями, взаимоотношения которых с боркаритом свидетельствуют о близкоодновременном их выделении. Методом электронной микродифракции (аналитик В. И. Мещанкина, ВИМС) предварительно установлена принадлежность минерала к кубической сингонии. Межплоскостные расстояния, определенные по электронограмме, следующие: $d=3,01; 1,98; 1,87; 1,53; a=5,18$ Å. При изучении в электронном микроскопе минерал легко поддается температурному воздействию, что, вероятно, связано с присутствием в нем воды.

По набору межплоскостных расстояний минерал наиболее близок к полианиту, который, кстати, ранее отмечался в ассоциации с другим карбонатоборатом — годефруаитом (Jouravsky, Permingeat, 1964). Тем не менее описываемый минерал не является полианитом, поскольку кроме марганца содержит большое количество кальция. В соответствии с составом можно было бы предположить принадлежность его к тодорокиту;

однако, его форма выделения и данные электронной микродифракции не соответствуют тодорокиту. Вероятно, данный минерал представляет собой пока не известный в природе минеральный вид; к сожалению, его характер выделения не позволяет произвести более полные исследования, необходимые для достоверной характеристики нового минерала.

Вместе с сахайтом, ранее установленным в борных рудах месторождения Солонго и являющимся в них одним из основных рудообразующих минералов, новая находка боркарита, по-видимому, свидетельствует о широком распространении в природе магниево-кальциевых карбонатоборатов, впервые открытых в месторождениях Полярной Якутии. Условия формирования борных руд Солонго показывают, что образование карбонатоборатов не ограничивается фацией наименьшей глубинности, как это считалось ранее (Перцев, 1971), а имеет место в природе в значительно более широком диапазоне гипабиссальной фации. Это положение существенно расширяет перспективы карбонатоборатowego оруденения.

Сравнительное исследование образцов боркарита разных месторождений показало существенные вариации в составе и свойствах этого карбонатобората в различных минеральных ассоциациях.

ЛИТЕРАТУРА

- Лисицын А. Е., Виноградов Б. К., Малинко С. В. Скарны месторождения Солонго в Бурятии и их рудоносность.— Советская геология, 1974, № 3.
- Малинко С. В., Цыденова Д. Э. О новом типе эндогенных борных руд.— Разведка и охрана недр, 1970, № 9.
- Перцев Н. Н. Парагенезисы борных минералов в магниезильных скарнах. «Наука», 1971.
- Перцев Н. Н., Островская И. В., Никитина И. Б. Новый минерал — боркарит.— Зап. Всесоюз. минер. об-ва, ч. 94, в. 2, 1965.
- Соловьева Л. П., Бажакин В. В. Кристаллическая структура боркарита $\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{B}_2\text{O}_6(\text{OH})_6](\text{CO}_3)_2$.— Докл. АН СССР, 1968, 180, № 6.
- Ли Дон. О боркарите в Холдоне.— Чечжинь гва чирн, 1966, 7, № 3 (корейск., резюме русск.).
- Jouravsky G., Permingeat F. La gauderfroyite, une nouvelle espece mineral.— Bull. Soc. franç. Miner. Crist., 1964, 87.