

УДК 549,73

И. В. ОСТРОВСКАЯ, Н. Н. ПЕРЦЕВ и И. Б. НИКИТИНА

САХАИТ — НОВЫЙ КАРБОНАТОБОРАТ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ¹

Изученный нами новый минерал был впервые обнаружен в 1959 г. при исследовании магнезиальных скарнов Сибири, диагностирован как харкерит и описан под этим названием (Перцев, 1961). Его химический анализ в то время не производился из-за недостатка материала. Позже были сделаны новые находки этого минерала; их детальное изучение показало, что минерал по химическому составу существенно отличается от харкерита. Свойства и порошкограммы обоих минералов хотя и близки, но все же не идентичны. Название сахаит (sakhaite) дано по месту находки.

Харкерит, с которым первоначально был идентифицирован описываемый здесь минерал, является карбонат-боросиликатом Са, Mg и Al, содержащим Si и H₂O, найден только в Шотландии, на о. Скай (Tilley, 1951). В конце статьи приводятся полученные нами новые данные по этому минералу и дается сопоставление свойств харкерита и сахаита.

Сахаит встречается в ряде участков, расположенных в зоне контакта мезозойского гранитоидного массива с доломитами нижнего и среднего палеозоя. Максимальное удаление участков друг от друга достигает 25 км. Гранитоиды представлены граносиенитами и гранодиоритами. В контактовом ореоле массива развиты магнезиальные скарны фации малых глубин и наложенные на них известковые скарны, перидлазовые (бруситовые) мраморы, кальцифиры, котоитовые мраморы. Последние, как правило, примыкают к магнезиальноскарновым зонам со стороны карбонатных пород, но в некоторых участках котоитовыми мраморами сложены жильные тела среди мраморов. Сахаит является составной частью породы, которая образует линзообразные тела, возникшие в результате частичного или полного замещения котоитовых мраморов. Сахаитовая порода имеет светло-серую окраску, до 80% по объему состоит из мелкозернистого сахаита, в котором вкраплены черные игольчатые кристаллы людвигита (рис. 1). В шлифах видно, что кроме сахаита и людвигита в породе присутствуют реликтовые зерна котоита, а также клиногумит, форстерит, суанит и шпинель, унаследованные от котоитовых мраморов. На контакте сахаитовой породы с котоитовыми мраморами удается наблюдать, что сахаит развивается в местах соприкосновения зерен котоита и кальцита. Местами встречаются сфалерит и развитый по первичным боратам ссайбелиит. Порода пронизана тонкими большими прожилками гидротермальных продуктов изменения сахаита, в которых оптическими методами (рис. 2) установлены ссайбелиит, кальцит и новый карбонатоборат боркарит, Са₄MgH₆(ВО₃)₄(СО₃)₂ (Перцев и др., 1965). С поверхности глыбы сахаитовой породы покрыты светло-бурыми или белыми корками гипергенных продуктов изменения.

Сахаит обычно встречается в виде плотных кристаллических масс, кристаллы очень редки, наблюдались только в шлифах под микроскопом

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам Всесоюзного минералогического общества 10 апреля 1965 г.



Рис. 1. Сахалитовая порода. Полированный штуф. (Нагур. пел.).
Темные включения — людовигит.

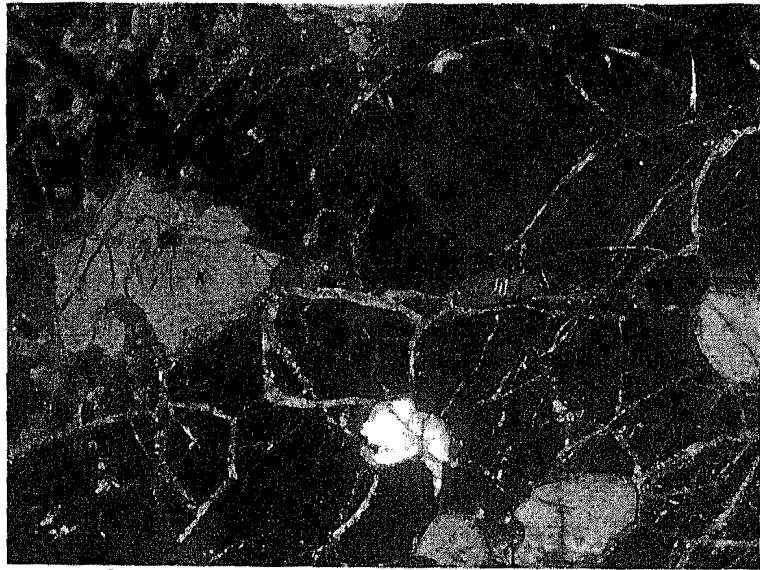


Рис. 2. Сахалит (черный изотропный) с реликтами зерен котоита (*k*), редкими кристаллами магнио-людовигита (*л*) и тонкими прожилками гидротермальных продуктов изменения сахалита. (Николи скрещены; увел. 70).

и, по-видимому, имеют форму октаэдров. Цвет серовато-белый, серый, в мелких кусочках минерал бесцветный и прозрачный, блеск стеклянный до слабожирного, спайности нет, твердость 5, удельный вес в различных образцах колеблется от 2.78 до 2.83, вероятно за счет примеси продуктов изменения и первичных боратов. Изотропный, аномального двупреломления не наблюдалось. Показатели преломления сахаита из двух различных участков, определенные в призмах на гониометре, оказались равными 1.641_2 и 1.638_0 . Физические свойства сахаита сведены в табл. 1, где они сравниваются с таковыми харкерита.

Сингония сахаита кубическая. Параметр элементарной ячейки, определенный по порошкограмме, снятой с внутренним стандартом (Si 99.999),

Таблица 1

Свойства сахаита и харкерита

Свойства	Сахаит	Харкерит
Характер выделения . . .	Плотные массы, изредка октаэдрические кристаллы.	Октаэдрические кристаллы.
Цвет	Серовато-белый, в мелких кусочках бесцветный и прозрачный.	
Цвет порошка	Белый.	Желтовато-белый.
Блеск	Стеклянный, до слабожирного.	
Твердость	5	?
Спайность	Отсутствует.	
Удельный вес измеренный	2.78—2.83 *	2.94 ± 0.01 , * 2.96 (по Тилли).
Удельный вес вычисленный	2.79.	2.94.
Показатель преломления	1.638_0 , 1.641_2 **	1.653 ± 0.001 (по Тилли также 1.653).
Поведение при нагревании	Оптических аномалий не обнаружено. Разлагается в интервале $700-900^\circ$. Дифференциальная термическая кривая (см. рис. 4).	Аномальное двупреломление. Разлагается при 850° (по Тилли).
Отношение к кислотам . .	Легко растворимы в кислотах, даже в уксусной. В HCl вскипает.	—

равен $14.64 \pm 0.01 \text{ \AA}$, объем элементарной ячейки 3137.79 \AA^3 . Вероятные пространственные группы (по погасаниям): $O_h^5-Fm\bar{3}m$; O^3F43 ; $T_d^2-F\bar{4}3m$; $T_d^3-Fm\bar{3}$; T_d^2-F23 . Пьезоэффект не обнаружен.¹ Порошкограмма, снятая на дифрактометре УРС-50И, представлена в табл. 2, где она сравнивается с таковой харкерита.

Химические анализы производились по стандартным методикам (табл. 3). Для анализа 1 использовалась фракция менее 0.1 мм, отмытая водой от пылевидных частиц, для анализа 2 — фракция 0.1—0.25 мм. Материал очищался от примеси людовита на электромагните, затем от остальных минералов-примесей и продуктов изменения путем разде-

* Определено Е. П. Погодиной методом гидростатического взвешивания в спирте.

** Определены Г. А. Пашковой в призмах на гониометре.

¹ Испытание на пьезоэффект было произведено А. Ф. Соловьевым на физическом факультете МГУ.

Таблица 2

Порошкограммы саханта и харкерита

Сахант *			Харкерит *			Харкерит **	
hkl	l	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	hkl	l	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	l	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
111 β	2	(9.3)	222 β	1	(9.4)	—	—
111	9	8.4	222	5	8.5	—	—
220 β	4	(5.7)	440 β	4	(5.8)	—	—
220	22	5.16	440	20	5.22	С.	5.22
—	—	—	622	2	4.45	Сл.	4.45
222	5	4.21	444	1	4.24	Оч. сл.	4.17
—	—	—	533; 731	1	3.82	То же	3.84
331 β	2	(3.69)	662 β	1	(3.72)	—	—
400	3	3.65	800	1	3.67	»	3.69
—	—	—	733	—	—	»	3.61
—	—	—	644; 820	—	—	»	3.58
331	11	3.35	662	7	3.39	Ср.	3.39
—	—	—	840	—	—	Оч. сл.	3.30
—	—	—	842	2	3.22	Сл.	3.24
—	—	—	664	—	—	Оч. сл.	3.15
333 β; 511 β	2	(3.11)	666 β; 10.2.2 β	1	(3.13)	—	—
422	3	2.98	844	8	3.00	Ср.	3.01
—	—	—	755; 771; 933	2	2.96	Оч. сл.	2.97
—	—	—	860; 10.0.0	—	—	Оч. сл.	2.95
440 β	19	(2.86)	880 β	17	(2.88)	—	—
333; 511	13	2.81	666; 10.2.2	7	2.84	Ср.	2.84
—	—	—	—	—	—	Оч. сл.	2.81
440	100	2.58	11.1.1	2	2.66	Сл.	2.66
—	—	—	880	100	2.61	Оч. сл.	2.61
531	0.5	2.47	10.6.0; 866	—	—	Оч. сл.	2.53
600; 442	3	2.44	10.6.2	1	2.49	То же	2.50
—	—	—	12.0.0; 884	4	2.46	Сл.	2.46
—	—	—	12.2.2; 10.6.4	2	2.38	Оч. сл.	2.39
444 β	12	(2.33)	975; 11.5.3	—	—	То же	2.37
620	5	2.31	888 β	9	(2.35)	—	—
551 β; 711 β	2	(2.27)	12.4.0	6	2.33	Сл.	2.33
533	1	2.23	10.10.2 β; 14.2.2 β	1	(2.28)	—	—
622	5	2.20	10.6.6	1	2.25	Оч. сл.	2.25
642 β	2	(2.16)	12.4.4	2	2.22	То же	2.22
—	—	—	12.8.4 β	1	(2.18)	—	—
444	56	2.108	995; 13.3.3	—	—	Оч. сл.	2.16
711; 551	10	2.044	888	22	2.124	С.	2.13
800 β	7	(2.018)	14.2.2; 10.10.2	4	2.065	Ср.	2.07
—	—	—	16.0.0 β	1	(2.037)	—	—
—	—	—	12.8.2; 14.4.0	—	—	Оч. сл.	2.03
642	14	1.951	11.7.7; 13.7.1	1	1.990	То же	2.00
553; 731	5	1.902	12.8.4	4	1.968	Ср.	1.97
800	21	1.827	10.10.6; 14.6.2	2	1.924	Сл.	1.92
—	—	—	16.0.0	5	1.843	С.	1.84
—	—	—	—	—	—	Оч. сл.	1.82
822; 660	6	1.722	—	—	—	То же	1.80
555; 751	5	1.686	16.4.4; 12.12.0	5	1.737	Ср.	1.74
662	4	1.676	10.10.10; 14.10.2	4	1.704	Ср.	1.70
844 β	3	(1.651)	—	—	—	—	—
840	6	1.633	16.8.8 β	3	(1.662)	—	—
911; 753	1	1.603	16.8.0	2	1.650	Ср.	1.65
—	—	—	18.2.2; 14.10.6	0.5	1.617	Сл.	1.61
664	4	1.557	—	—	—	Оч. сл.	1.60
—	—	—	12.12.8	1	1.572	Сл.	1.57
844	12	1.491	—	1	1.551	Оч. сл.	1.55
933; 771; 755	2	1.468	16.8.8	17	1.510	С.	1.51
—	—	—	14.10.10	1	1.483	Оч. сл.	1.48
880 β	5	(1.429)	16.16.0 β	3	(1.447)	—	—

* Сняты в рентгеновской лаборатории ИГЕМ; Си-излучение, без фильтра.

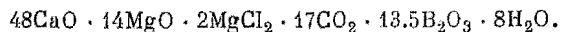
** По Тилли; Fe-излучение, фотометод.

Таблица 2 (продолжение)

Сахаит *			Харкерит *			Харкерит **	
hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	I	$\frac{d_a}{n}$
—	—	—	—	1	1.440	Сл.	1.44
773; 951	2	1.412	14.14.6; 18.10.2	3	1.425	С.	1.42
666; 10.2.2	2.5	1.404	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	Оч. сл.	1.39
—	—	—	—	—	—	То же	1.38
—	—	—	—	—	—	»	1.34
—	—	—	—	—	—	»	1.33
880	9	1.290	16.16.0	7	1.303	Ср.	1.30
971; 955;	2	1.276	18.14.2; 18.10.10;	2	1.290	Сл.	1.28
11.3.1	—	—	22.6.2	—	—	—	—
10.6.0; 866	2	1.252	20.12.0; 16.12.12	1	1.265	С.	1.26
973; 11.3.3	1	1.239	18.14.6; 22.6.6	1	1.252	С.	1.25
10.6.2	1	1.234	20.12.4	1	1.248	—	—
12.0.0	2	1.217	24.0.0	1	1.230	С.	1.22
—	—	—	—	1	1.196	Оч. сл.	1.20
12.4.0	4	1.155	24.8.0	2	1.166	Ср.	1.17
—	—	—	—	—	—	Оч. сл.	1.15
10.8.2	1	1.127	20.16.4	0.5	1.138	То же	1.14
13.1.1; 11.7.1;	1	1.117	26.2.2; 22.14.2;	0.5	1.130	Оч. сл.	1.13
11.5.5	—	—	22.10.10	—	—	—	—
12.4.4	4	1.100	24.8.8	1	1.114	Сл.	1.11
12.6.0	1	1.089	24.12.0	0.5	1.101	Оч. сл.	1.10
12.6.0	2	1.077	24.12.4	2	1.087	То же	1.08
888	2	1.055	16.16.16	2	1.066	»	1.07

ления в бромформе. В результате были получены навески, содержащие не более 1% первичных минералов, что установлено путем определения процентного содержания остатка, нерастворимого в уксусной кислоте. В скрещенных поляроидах в изотропных частичках сахаита были заметны тончайшие трещинки, рассеивающие свет и, возможно, содержащие некоторое количество вторичных минералов, поэтому для анализа 1 материал дополнительно отбирался под бинокулярным микроскопом в скрещенных поляроидах, для анализа 2 был использован сахаит, не подвергавшийся ручной отборке. Оба анализа дали сходные результаты, что свидетельствует о том, что количество продуктов изменения в трещинках невелико. Однако следует отметить, что очень незначительная их примесь возможна и в анализе 1.

Расчет анализов производился с учетом размера элементарной ячейки и величины удельного веса (табл. 3). На основании анализа 1 получена следующая эмпирическая формула:



Для выяснения характера анионного радикала был снят инфракрасный спектр поглощения в области $400-2000 \text{ см}^{-1}$ (рис. 3 и табл. 4).¹ В работах Х. Мёнке (Moenke, 1962), И. И. Плюсиной и Ю. А. Харитоновой (1963) показано, что группа $(\text{BO}_4)^{3-}$, независимо от того, изолирована она или является частью сложного полимеризованного радикала, дает интенсивную полосу поглощения в области между 850 и 1180 см^{-1} . Отсутствие полос поглощения в этой области в спектре сахаита может служить признаком отсутствия бора в четверной координации. В то же время спектр сахаита хорошо интерпретируется при предположении, что бор находится в тройной координации. Треугольные группы BO_3 и CO_3 дают

¹ Инфракрасные спектры поглощения снимались на спектрофотометре UR-10 в лаборатории инфракрасной спектроскопии ИГЕМ. Препараты изготовлялись путем осаждения порошка из суспензии в спирте на пластинки КВг.

Таблица 3

Расчет химических анализов саханта и харкерита

Оксиды	Содержание (в вес. %)				Элементы	Атомные количества				Количества атомов				Теоретический состав	
	сахант		харкерит			сахант		харкерит		в элементарной ячейке саханта		в псевдо-ячейке харкерита		сахант	харкерит
	1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4		
SiO ₂	0.25	0.25	12.74	14.17	Si	0.0042	0.0042	0.2120	0.2358	0.2	0.2	12.1	13.5	—	12.68
CO ₂	14.33	14.87	13.90	14.94	C	0.3256	0.3379	0.3158	0.3395	17.3	17.9	18.0	19.5	13.36	13.92
B ₂ O ₃	17.65	18.07	9.20	7.77	B	0.5069	0.5190	0.2642	0.2231	26.9	27.6	15.0	12.8	18.50	9.18
Al ₂ O ₃	0.24	0.25	2.51	2.84	Al	0.0047	0.0049	0.0492	0.0557	0.2	0.2	2.8	3.2	—	2.69
Fe ₂ O ₃		Не обн.		0.85	Fe ³⁺	—	—	—	0.0106	—	—	—	0.6	—	—
FeO	0.31	0.33	0.87	0.46	Fe ²⁺	0.0039	0.0046	1.0109	0.0064	0.2	0.2	0.6	—	—	—
MnO	Не опр.	0.05	Не опр.	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	12.54	12.35	11.32	11.15	Mg	0.3110	0.3063	0.2808	0.2765	16.5	16.3	16.0	15.9	12.24	11.34
CaO	50.18	49.55	46.31	46.23	Ca	0.8948	0.8836	0.8258	0.8244	47.5	46.9	47.0	47.3	51.08	47.32
Na ₂ O	Не опр.	0.04	Не опр.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₂ O	Не опр.	0.03	Не опр.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O		Не обн.		0.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	2.75	2.52	1.92	0.81	H	0.3053	0.2798	0.2131	0.0899	16.2	14.9	12.2	5.2	2.73	1.90
Cl	2.63	2.73	1.26	1.36	Cl	0.0742	0.0770	0.0355	0.0384	3.9	4.1	2.0	2.2	2.69	1.25
F	Не обн.	Не опр.			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100.88	101.04	100.13	100.71										100.60	100.28
O=Cl ₂	0.58	0.62	0.27	0.31										0.60	0.28
Фактор F						<i>v · d</i> _{изм.}	0.006023:			53.11	53.11	56.94	57.33	—	—
Сумма	100.30	100.42	99.86	100.40										100.00	100.00

Примечания. 1 и 2 — сахант; аналитик И. Б. Никитина; анал. 1 из навески 0.8 г, аналита 2 из навески 1.2 г.
3 — Харкерит, о. Скай, аналитик И. Б. Никитина, навеска 0.5 г.
4 — Харкерит, о. Скай, по С. Э. Тилли.

по три основных полосы поглощения в области $700-1700 \text{ см}^{-1}$: асимметричное валентное колебание ν_3 , наиболее интенсивное и высокочастотное, деформационное внеплоскостное ν_2 и деформационное плоскостное ν_4 . Поскольку массы атомов углерода и бора близки, последние два колебания группы BO_3 очень близки по частоте соответствующим колебаниям группы CO_3 . При одновременном нахождении этих двух групп в образце поглощение должно наблюдаться в четырех областях, что мы и видим в спектре сахаита. Таким образом, каждый атом бора в структуре сахаита находится в окружении трех атомов кислорода, тетраэдры BO_4

Таблица 4

Полосы поглощения сахаита и харкерита в инфракрасной области спектра (в см^{-1})

Сахаит	Харкерит	Сахаит	Харкерит
455	460	960 (пл.)	975
—	545	1235	1245
625 (ш.)	625 (ш.)	—	1300 (пл.)
742	742	1535	1510
770	770	—	1520
780	780	1620	—
855	855	1655	—
865	865	1702	—
—	910	—	—

отсутствуют. В области валентных колебаний группы (ОН) в спектре сахаита наблюдаются две слабые и широкие полосы, в областях $2800-3000$ и около 3200 см^{-1} , что указывает на наличие в структуре сильных водородных связей (рис. 4).

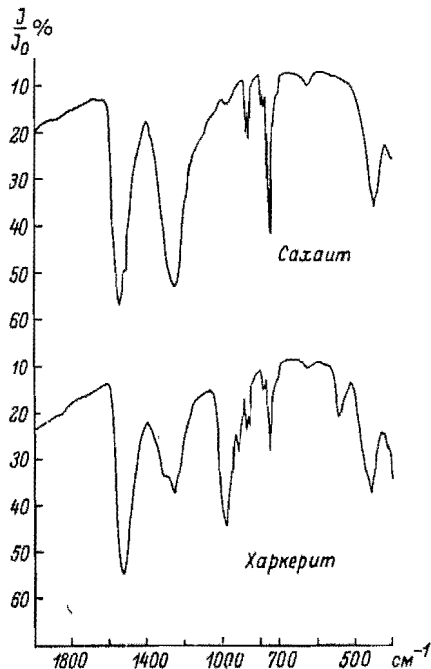
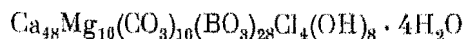


Рис. 3. Инфракрасные спектры поглощения сахаита и харкерита в области $400-2000 \text{ см}^{-1}$.

Для получения дифференциальной термической кривой и кривой обезвоживания сахаита (рис. 5) использовался материал, выделенный для химического анализа (анализ 2). Обезвоживание происходит в интервале температур $350-450^\circ$, чему соответствует небольшой эндотермический пик. В интервале $670-870^\circ$ имеет место потеря в весе, соответствующая процентному содержанию CO_2 и Cl , сопровождающаяся эндотермическим эффектом.

На основании данных, полученных в результате химического, рентгеновского и спектроскопического изучения сахаита, оказалось возможным вывести структурную формулу этого минерала. При этом имелись в виду следующие данные: 1) весь бор в сахаите находится в виде групп BO_3 ; 2) отношение числа атомов кислорода к суммарному количеству атомов бора и углерода в эмпирической формуле равно 3.24, т. е. более трех; это свидетельствует о том, что группы BO_3 изолированные; характер инфракрасного спектра поглощения также согласуется с представлением о наличии в структуре изолированных анионов $(\text{BO}_3)^{3-}$; 3) при любой из вероятных пространственных групп число атомов и атомных группировок каждого сорта в элементарной ячейке должно быть кратно четырем.

Учет всех этих обстоятельств приводит к следующей структурной формуле:



или при $Z = 4$:



Возможно, что группировка из двух гидроксильных ионов и одной молекулы H_2O , содержащая три атома кислорода, играет в структуре сахайта ту же роль, что и анионы $(\text{BO}_3)^{3-}$ и $(\text{CO}_3)^{2-}$, аналогично тому, как в гидрогранатах функцию SiO_4 -тетраэдров могут выполнять группировки из четырех гидроксильных групп.

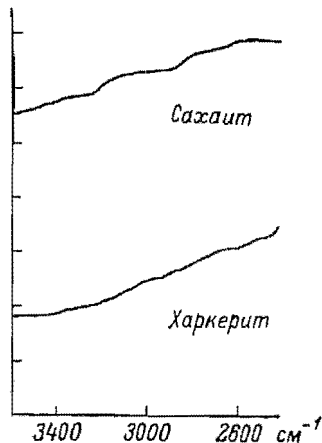
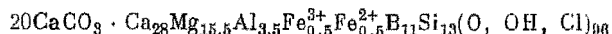


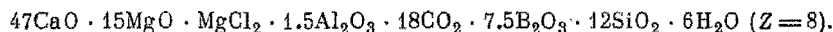
Рис. 4. Инфракрасные спектры поглощения сахайта и харкерита в области $2400\text{--}3600\text{ см}^{-1}$.

В связи с тем, что свойства сахайта близки к свойствам харкерита, описанного только в одной работе (Tilley, 1951), мы сочли необходимым провести параллельное изучение этого минерала. Образец харкерита был получен из Минералогического музея Кембриджского университета (из коллекции С. Э. Тилли). Он представляет собой мелкозернистую харкеритовую породу с диопсидом, халькозином, магнетитом и сфалеритом; порода имеет буровато-серый цвет, вероятно, пропитана гидроокислами железа, образовавшимися при разложении рудных минералов. Харкерит образует идиоморфные октаэдрические кристаллы размером до 2–3 мм, центральные части которых замещены кальцитом. Для харкерита были получены следующие данные: химический анализ, инфракрасный спектр поглощения, порошкограмма, удельный вес и показатель преломления. Все определения производились в тех же условиях, что

и для сахайта. Результаты приведены в соответствующих таблицах наряду с данными по сахайту. Самостоятельный интерес представляло изучение химического состава харкерита, поскольку формула, предложенная Тилли,



не полностью соответствовала приводимому им анализу (см. анализ 4, табл. 3) и самим автором считалась недостаточно достоверной. Для получения возможно более чистого материала мы использовали для анализа мелкую фракцию (менее 0.1 мм, отмытую водой от пыли). После разделения в бромформе производилась дополнительная отборка под бинокулярным микроскопом в скрещенных поляроидах от частиц харкерита, частично замещенного кальцитом, и оставшихся зерен диопсида и рудных минералов. Наш анализ (см. анализ 3, табл. 3) показал несколько меньшее процентное содержание SiO_2 и CO_2 и несколько более высокое содержание B_2O_3 и H_2O . Его расчет привел к следующей эмпирической формуле:



В инфракрасном спектре поглощения харкерита наряду с полосами поглощения, наблюдавшимися в спектре сахайта и связанными с наличием в структуре групп BO_3 и CO_3 , имеются полосы 910, 974 и 545 см^{-1} ,

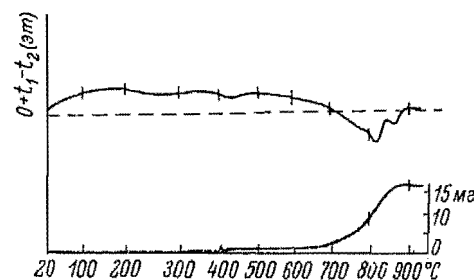
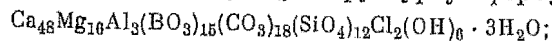
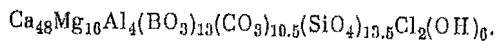


Рис. 5. Дифференциальная кривая и кривая потери веса сахайта. (Навеска 97.5 мг).

характерные для изолированных тетраэдров SiO_4 (Tarte, 1963); кроме того, интенсивность полос 1235 и 742 см^{-1} , которые обусловлены колебаниями группы BO_3 , значительно меньше. Это позволяет заключить, что харкерит содержит в анионной части изолированные группы BO_3 , CO_3 и SiO_4 . Учитывая его сходство с сахаитом, для анализированного нами образца можно предложить следующую структурную формулу (при $Z=8$):



для образца, изученного С. Э. Тилли:

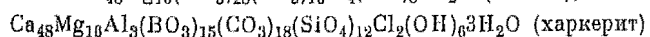
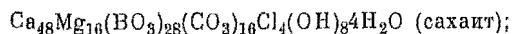


Снятая нами порошковая диаграмма харкерита хорошо совпала с данными Тилли, имеющиеся отличия связаны, по-видимому, с условиями съемки (табл. 2). Общий вид порошковой диаграммы сахаита и харкерита сходен. Однако даже при сравнении стандартных порошковых диаграмм хорошо заметно несовпадение линий, связанное с различием в величине межплоскостных расстояний. Кроме того, в порошковой диаграмме харкерита имеется несколько отражений, не наблюдающихся в порошковой диаграмме сахаита (табл. 2). По Тилли, параметр элементарной ячейки харкерита 29.53 \AA , т. е. приблизительно в 2 раза больше, чем у сахаита, причем нечетные линии на рентгенограммах вращения были очень слабы, что свидетельствует о существовании псевдопериода 14.76 \AA , который приблизительно соответствует параметру сахаита (14.64 \AA).

Измеренный показатель преломления харкерита 1.653 ± 0.001 (Na) совпал с данными Тилли. Он существенно выше показателя преломления сахаита. Оба минерала отличаются также тем, что сахаит изотропный, без оптических аномалий, зерна его имеют неправильную форму; для харкерита очень характерно наличие октаэдрических кристаллов с аномальным двупреломлением. Согласно Тилли, кристаллы харкерита почти всегда зональны и имеют секториальное строение. Каждый кристалл под микроскопом представляется как бы составленным из пирамид, основаниями которых являются грани октаэдра (аналогично гроссулярам скарновых месторождений).

Удельный вес харкерита несколько выше, чем у сахаита (табл. 1).

Таким образом, описанный выше новый минерал сахаит существенным образом отличается от харкерита по химическому составу. Он не содержит кремния и алюминия, процентное содержание бора, хлора и воды значительно выше, чем в харкерите. Если харкерит является карбонат-боросиликатом, то сахаит следует отнести к группе карбонат-боратов. Структуры обоих минералов близки, различия между ними связаны, по-видимому, главным образом с тем, что места, в которых в структуре сахаита находятся группы BO_3 с треугольной конфигурацией, в харкерите частично заняты тетраэдрами SiO_4 . При сравнении формул обоих минералов



можно видеть, что на ячейку сахаита и на псевдоячейку харкерита приходится одинаковое число атомов Ca и Mg, количество атомов кислорода равно 144 в ячейке сахаита и $144 + 12 = 156$ в псевдоячейке харкерита; 12 дополнительных атомов кислорода появляется за счет замещения 12 групп BO_3 на 12 SiO_4 .

Условия возникновения в природе сахаита и харкерита сходны, оба минерала характерны для магниезальных скарнов малых глубин образования, появление того или другого обусловлено различием в химизме минералообразующей среды, главным образом относительным содержанием бора и кремния. Об этом свидетельствует тот факт, что для сахаита характерна ассоциация с боратами — котоитом, суанитом, людвицитом,

а харкерит встречен в тесном прорастании с силикатами — монтичеллитом и пироксеном.

При идентификации сахаяит и харкерит можно отличить друг от друга с достаточной степенью достоверности по парагенетическим соотношениям с другими минералами, по инфракрасному спектру поглощения в области 800—1100 см⁻¹, по оптическим свойствам.

Образцы сахаяита переданы в Минералогический музей АН СССР им. А. Е. Ферсмана, в Минералогический музей МГРИ и в Минералогический музей Ленинградского горного института, изученный образец харкерита — в Минералогический музей АН СССР.

Авторы пользуются случаем выразить глубокую благодарность Ф. В. Чухрову, передавшему образец харкерита, Н. Н. Батыревой, оказавшей помощь в выделении чистого материала для исследования, и Э. М. Бонштедт-Куцлетской за внимание к работе.

Литература

- Перцев Н. Н. (1961). Харкерит и котоит в скарнах. Геолог. и геофиз., № 7.
 Перцев Н. Н., И. В. Островская, И. Б. Никитина. (1965). Новый минерал боркарит. Зап. Всесоюз. минер. общ., 94, вып. 2.
 Плюснина И. И., Ю. А. Харитонов. (1963). Кристаллохимические особенности и инфракрасные спектры поглощения боратов и боросиликатов. Журн. структ. хим., т. 4, № 4.
 Moenke H. (1962). Nachweis von BO_3 — und BO_4 — Gruppen in den häufigsten natürlich gebildeten Silikaten. Silikattechnik, № 8.
 Tarte P. (1963). Etude infra-rouge des orthosilicates et des orthogermanates. Spectroch. Acta, 19, № 1.
 Tille y C. E. (1951). The zoned contact skarns of the Broadford area: a study of boron-fluorine metasomatism in dolomites. Miner. Mag., 29, № 214.

Институт геологии рудных
 месторождений, петрографии, минералогии
 и геохимии АН СССР, Москва.