

С. М. КРАВЧЕНКО, Е. В. ВЛАСОВА и Н. Г. ПИНЕВИЧ

БАТИСИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 11 XI 1959)

В статье о редкометалльных минералах, установленных авторами<sup>(3)</sup> в пределах щелочной провинции Центрального Алдана в 1957 г., ими сообщалось о новом минерале — силикате Na, Ba и Ti, названном по начальным слогам названий главных элементов — батиситом.

В результате рентгенометрического исследования батисита и близкого ему по ряду свойств щербаковита\* было установлено, что щербаковит является не моноклинным<sup>(1)</sup>, а ромбическим, и подтверждено сделанное ранее предположение о том, что эти два минерала образуют изоморфный ряд с замещением катионов по схеме  $BaTi \rightleftharpoons K(Na)Nb$ . Таким образом, детальное изучение батисита позволило по-новому осмыслить уже известные данные о щербаковите.

Батисит встречается в эгирин-эккерманит-микроклиновых пегматитах Инаглинского массива, образующих жильные тела мощностью до 5 м и протяженностью до 10—20 м, залегающие в дунитах. Выделения батисита приурочены к интерстициям кристаллов альбитизированного микроклина и миароллам и представляют собой удлиненные по оси *c* кристаллы, обычно уплощенные по (010), размером до 10×5×2 см. Кроме того, они встречаются в виде радиально-лучистых агрегатов диаметром до 1—2 см в сахаровидном альбите.

В процессе гидротермального изменения крупные кристаллы батисита замещаются тонкоигольчатым спутанноволокнистым агрегатом розовато-бурых кристаллов минерала, весьма близкого по своим свойствам к батиситу (табл. 1, «игольчатый батисит») и, возможно, являющегося членом того же изоморфного ряда.

Твердость батисита около 6, микротвердость, определенная в кабинете минералогических исследований на приборе ПМТ-3, составляет 764 кг/мм<sup>2</sup>. Хрупок, обладает средней спайностью по (100), (010), (001) и отдельностью по (110). Удельный вес 3,432 (среднее из 2 определений методом гидростатического взвешивания). Неэлектромагнитен. Пьезоэффект обнаружен на установке для обнаружения пьезоэффекта на кристаллических порошках динамическим методом<sup>(2)</sup> на кафедре кристаллографии физического факультета Московского университета А. А. Воронковым. Цвет красновато-коричневый, в порошке розовато-бурый. Блеск на плоскостях спайности стеклянный, на плоскостях отдельности слегка маслянистый. В тонких осколках прозрачен. Обладает интенсивным плеохроизмом от бесцветного по  $N_p$  до желтовато-коричневого по  $N_m$  и красновато-коричневого по  $N_g$ . Минерал двуосный, оптически положительный,  $N_p = a$ ,  $N_m = b$ ,  $N_g = c$ . Показатели преломления, измеренные по методу призмы при нормальном вхождении луча Na-света ( $\lambda = 589,3 \mu$ ):  $N_g = 1,791 \pm 0,001$ ;  $N_m = 1,735 \pm$

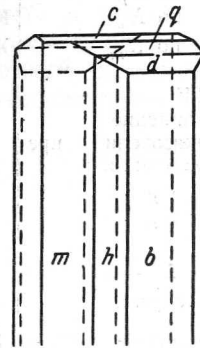


Рис. 1. Кристалл батисита

\* Материал для исследований был любезно предоставлен Е. М. Еськовой.

Таблица 1

	Щербаковит	Батисит	Игольчатый батисит
Сингония	Ромбическая	Ромбическая	Ромбическая
Размеры элементарной ячейки, Å			
$a_0$	$10,55 \pm 0,05$	$10,41 \pm 0,05$	$10,45 \pm 0,03$
$b_0$	$13,92 \pm 0,05$	$13,85 \pm 0,05$	$13,85 \pm 0,05$
$c_0$	$8,10 \pm 0,02$	$8,06 \pm 0,02$	$8,45 \pm 0,02$
Число формульных единиц в ячейке $n$	4	4	
Отношение осей $a_0 : b_0 : c_0$	0,758 : 1 : 0,582	0,755 : 1 : 0,582	0,755 : 1 : 0,610
Габитус	Призматический уплощенный по (010)	Призматический, уплощенный по (010)	Длиннопризматический
Твердость	6,5	6	5
Спайность	Отдельность по (110)	Средняя по (100) (001) и (010) отдельность по (110)	
Удельный вес	2,968	3,432	
Цвет	Темно-коричневый	Красновато-коричневый	Светлый розовато-бу- рый
Плеохроизм по $N_p$	Слабо-желтый	Бесцветный	Бесцветный
по $N_g$	Коричневато-желтый	Красно-коричневый	Светло-коричневый
по $N_m$	Желтый	Желтовато-коричневый	Светло-желтый
$2V$	$-82^\circ$	$+7^\circ$	$\sim +40^\circ$
Удлинение	+	+	+
Показатели преломления			
$N_g$	1,776	1,791	1,776
$N_m$	1,745	1,735	1,732
$N_p$	1,707	1,730	1,726
$N_g - N_p$	0,069	0,061	0,050
Дисперсия	$r < v$	Сильная $r < v$	Очень сильная $r < v$

$\pm 0,001$ ;  $N_p = 1,730 \pm 0,001$ ;  $N_g - N_p = 0,061$ . Призма с преломляющим углом  $19^\circ 38'$  была задана так, чтобы плоскость биссектрисы двугранного угла призмы была параллельна плоскости оптических осей. Угол оптических осей  $2V$ , измеренный коноскопическим методом на столике Федорова в Na-свете,  $7^\circ \pm 0^\circ 30'$ . Дисперсия оптических осей: сильная  $r < v$ . Температура плавления  $1005^\circ$ . Сингония ромбическая, ромбо-пирамидальный ( $mm2 - L_2P$ ) или ромбо-тетраэдрический ( $222 - 3L_2$ ) вид симметрии. Гониометрические исследования кристаллов батисита позволили установить у него наличие следующих форм:

$\psi$	$\rho$	$hkl$	$\psi$	$\rho$	$hkl$
$0^\circ$	$90^\circ$	$b$ (010)	$\infty$	$0^\circ$	$c$ (001)
$15^\circ 04'$	$90^\circ$	$h$ (150)	$0^\circ$	$30^\circ 16'$	$d$ (011)
$52^\circ 57'$	$90^\circ$	$m$ (110)	$0^\circ$	$60^\circ 02'$	$q$ (031)
$75^\circ 39'$	$90^\circ$	$o$ (310)			

Отношение осей, вычисленное по координатам двуединичных граней  $m(110)$  и  $d(011)$ ,  $a : b : c = 0,755 : 1 : 0,584$ .

Рентгеновское исследование было проведено в лаборатории рентгеноструктурного анализа. Ниже приводится таблица (табл. 2) межплоскостных расстояний обычного батисита, из которой видно, что практически они идентичны таковым щербаковита<sup>(1)</sup>, если не считать некоторого увеличения значений межплоскостных расстояний щербаковита по сравнению с батиситом в соответствии с большими размерами элементарной ячейки (см. табл. 1).

Таблица 2

Таблица основных межплоскостных расстояний батисита ( $\lambda$  Cu—Ni;  $2R=57,3$ ;  $d=0,6$  мм)

№№ п.п.	$l$	$d$ , кХ	$hkl$	№№ п.п.	$l$	$d$ , кХ	$hkl$
1	5	3,39	310	16	2	1,525	273, 035, 190
2	3	3,20	202, 301	17	1,5	1,483	543
3	10	2,91	132	18	1	1,410	730, 390
4	1,5	2,66	150	19	1	1,390	633, 055
5	3	2,62	010, 042, 051	20	1	1,356	482
6	1,5	2,30	060, 033	21	1	1,339	563, 732
7	1,5	2,23	152	22	1	1,317	026, 604, 084
8	5	2,16	161, 350, 431 (?)	23	1	1,306	374, 662
9	4	2,09	440, 143, 422	24	1,5	1,286	554, 671
10	1,5	2,02	004, 501, 323 (?)	25	1,5	1,253	525, 046
11	1	1,84	442, 451, 512	23	1,5	1,222	840, 822, 680
12	1,5	1,75	080, 044, 172, 541	27	1	1,197	545, 406
13	5	1,68	620, 611, 181	28	1	1,173	673, 484, 682
14	2	1,594	404, 073, 602, 105	29	1	1,146	107, 017
15	3	1,558	640, 125, 424, 363				

В результате исследования монокристаллов щербаковита установлена, как отмечалось выше, его принадлежность к ромбической симметрии (класс Лауэ  $mmm$ ), что опровергает прежние выводы о моноклинной симметрии щербаковита, сделанные из-за недостаточно полных гониометрических данных.

Было установлено также, что на кфорограммах (развертках нулевой—четвертой слоевых линий) батисита присутствуют только отражения с  $h+k+l=2n$ , подтверждающие объемноцентрированную  $I$ -ячейку батисита, определенную ранее при исследовании в камере РК ОП. Никаких других систематических погасаний, кроме определяющихся условием  $h+k+l=2n$ , обнаружено не было, что привело к рентгеновской группе  $mmmI^{---}$ , включающей следующие федоровские:  $Immm$ ,  $Imm2$ ,  $I222$ ,  $I2_12_12_1$ . Пьезоэффект позволяет остановиться на трех последних нецентросимметричных группах; однозначный выбор пространственной группы на настоящем этапе исследования минерала пока невозможен из-за отсутствия общей формы  $hkl$  в кристаллах батисита. Следует отметить четко выраженную псевдопериодичность структуры игольчатого батисита вокруг оси  $c$  (нечетные слоевые линии очень слабы или вообще отсутствуют), увеличивающую истинный размер элементарной ячейки вдоль этого направления с 4 до 8. Число формульных единиц в ячейке рассчитывалось по формуле  $N = vd/1,66M$ , где  $v$  — объем ячейки ромбического кристалла,  $d$  — удельный вес (табл. 1) с учетом теоретической формулы батисита.  $N_{\text{экср}} = 3,9 \approx 4$ . Отношение осей  $a_0:b_0:c_0$  всех этих минералов (табл. 1) близко к таковому для структур с гексагональной упаковкой, что находится в соответствии с псевдогексагональностью батисита, установленной при гониометрических и рентгенометрических исследованиях.

Батисит не растворяется в HCl, HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Перед паяльной трубкой легко сплавляется в бурое прозрачное стекло. Химический анализ батисита производился А. В. Быковой. Данные химических анализов батисита и щербаковита приведены в табл. 3.

Пересчет анализов дает формулы батисита:  $[(\text{Na},\text{K})_{2,00} (\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Mn}, \text{Sr})_{0,92}]_{2,92} [\text{Ti}_{1,68} \text{Fe}_{0,14} \text{Zr}_{0,09} \text{Al}_{0,11}]_{2,02} [\text{Si}_{3,97} \text{I}]_{13,66} (\text{OH})_{0,34}]_{14}$  и щербаковита:  $[(\text{Na},\text{K})_{2,63} (\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Mn})_{0,36}]_{2,99} [\text{Ti}_{1,31} \text{Nb}_{0,44} \text{Fe}_{0,17} \text{Zr}_{0,06} \text{I}_{1,98} \text{Si}_{3,96} \text{Al}_{0,09} \text{Cl}_{0,05} \text{O}_{13,6} (\text{OH}, \text{Cl})_{0,4}]_{14}$ . Округляя коэффициенты до целых чисел, получаем следующую формулу батисита:  $\text{Na}_2\text{BaTi}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}$ . Кроме того, батисит, по данным спектрального анализа, содержит примеси V (0,0n%), Pb и Cu (0,00n%), Be (0,000n%). Из других известных силикатов Ba и Ti близким батиситу является джоакинит  $\text{NaBa}(\text{Ti},\text{Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{15}$  (4) — ромбический си-

Таблица 3

Щербаковит				Батисит			
окисел	вес. %	атомное колич. катионов	число атомов катионов	окисел	вес. %	атомное колич. катионов	число атомов катионов
SiO <sub>2</sub>	40,61	0,6761	3,9590	SiO <sub>2</sub>	39,00	0,6490	3,9708
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,76	0,0148	0,0867	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,90	0,0176	0,1077
TiO <sub>2</sub>	17,91	0,2241	1,3123	TiO <sub>2</sub>	22,00	0,2753	1,6844
(Nb + Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,44	0,0752	0,4403	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,36	0,0026	0,0159
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,80	0,0224	0,1312	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,80	0,0226	0,1383
FeO	0,47	0,0065	0,0381	FeO	—	—	—
ZrO <sub>2</sub>	1,23	0,0099	0,0579	ZrO <sub>2</sub>	1,90	0,0154	0,0942
MgO	0,26	0,0064	0,0375	MgO	сл.	—	—
BaO	6,22	0,0405	0,2372	BaO	22,00	0,1435	0,8780
CaO	0,82	0,0146	0,0855	CaO	0,27	0,0048	0,0294
MnO	0,04	0,0005	0,0029	SrO	0,03	0,0003	0,0018
Na <sub>2</sub> O	5,82	0,1876	1,0985	MnO	0,09	0,0013	0,0079
K <sub>2</sub> O	12,29	0,2608	1,5272	Na <sub>2</sub> O	8,40	0,2714	1,6605
Cl	0,30	0,0084	0,0492	K <sub>2</sub> O	2,60	0,0552	0,3377
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,54	0,0598	0,3502	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,50	0,0556	0,3396
П. п. п.	0,10			П. п. п.	0,10		
Σ	99,61				99,95		
— Cl=O	0,14						
Σ	99,47						

Аналитик М. Е. Казакова

Аналитик А. В. Быкова

ликат, присутствующий в натролитовых жилах в глаукофановых сланцах провинции Сан-Бенито (Калифорния), в парагенезисе с нептунитом и бенитоитом. Джоакинит содержит 36,4% SiO<sub>2</sub>; 30,5% TiO<sub>2</sub>; 3,5% FeO; 0,3% MgO + CaO; 24,7% BaO; 4,6% Na<sub>2</sub>O. Удельный вес 3,89; 2V = 50°; плеохроизм заметный в желтых тонах; показатели преломления:  $N_g = 1,823$ ,  $N_m = 1,767$ ,  $N_p = 1,748$ ,  $N_g - N_p = 0,075$ ; размеры элементарной ячейки:  $a_0 = 9,61 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 10,45 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 22,4 \text{ \AA}$ .

Образцы батисита хранятся в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов АН СССР, Минералогическом музее АН СССР и Музее Московского геологоразведочного института.

Институт минералогии, геохимии и  
кристаллохимии редких элементов  
Академии наук СССР

Поступило  
12 XI 1959

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Е. М. Еськова, М. Е. Казакова, ДАН, 99, № 5 (1954). <sup>2</sup> В. А. Копчик, Изв. АН СССР, сер. физ., 20, № 2 (1956). <sup>3</sup> С. М. Кравченко, Е. В. Власова, ДАН, 128, № 5 (1959). <sup>4</sup> С. Н. Palache, W. F. Foshag, Am. Min., 17 (1932).