© Е. М. ЕСЬКОВА,\* В. Д. ДУСМАТОВ,\*\* Р. К. РАСЦВЕТАЕВА,\*\*\* Н. В. ЧУКАНОВ,\*\*\*\* А. А. ВОРОНКОВ \*

## СУРХОБИТ (Ca, Na)(Ba, K)(Fe<sup>2+</sup>, Mn)<sub>4</sub>Ti<sub>2</sub>(Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub>)O<sub>2</sub>(F, OH, O)<sub>3</sub> — НОВЫЙ МИНЕРАЛ (АЛАЙСКИЙ ХРЕБЕТ, ТАДЖИКИСТАН)<sup>1</sup>

E. M. ESKOVA, V. D. DUSMATOV, R. K. RASTSVETAEVA, N. V. CHUKANOV, A. A. VORONKOV. SURKHOBITE (Ca, Na)(Ba, K)(Fe<sup>2+</sup>, Mn)<sub>4</sub>Ti<sub>2</sub>(Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub>)O<sub>2</sub>(F, OH, O)<sub>3</sub>, THE NEW MINERAL (THE ALAI RIDGE, TADJIKISTAN)

 Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов РАН (ИМГРЭ), 121357. Москва, ул. Вересаева, 15

\*\* Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва, В-71, Ленипский пр., 18—2

\*\*\* Институт Кристаллографии РАН, 117333, Москва, Ленинский пр., 59

\*\*\*\* Институт Проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., г. Черноголовка

The new mineral surkhobite has been found occurring together with acgirine, microcline, albite, quartz, amphibole, annite, bafertisite, astrophyllite, zircon, fluorite, polylithionite, suillwelite, sogdianite, tadjikite in the rare-metal syenite-pegmatite of Dara-Pioz massif, in Tadjikistan. It forms there platy crystals, up to 1 mm, and grains up to  $2 \times 1 \times 0.4$  cm in size. Surkhobite is transhucent, brownish-red, with vitreous luster and white streak; perfect cleavage by (001). Its hardness is anisotropic:  $H_1 = 259$  kg/mm<sup>2</sup>,  $H_2 = 482$  kg/mm<sup>2</sup>; Mobs' hardness — 4.5. Blaxial, negative,  $\beta = 1.858(10)$ ,  $\gamma = 1.888(10)$ ;  $2V = 65(5)^\circ$ ;  $\alpha = 1.790$  (calculated from 2V). Optical orientation: X = b,  $a^A Z = 34^\circ$ . Dispersion is strong, r < v. Pieochroismt Y (orange) > Z (bright-yellow) > X (yellow). Microtwinning observed on (001).  $D_{cakc} = 3.98$  g/cm<sup>3</sup>;  $D_{meas} = 3.84(10)$  g/cm<sup>3</sup>. Its spectrum is given. Wet chemical analysis gives (wt %): Na<sub>2</sub>O 1.57, K<sub>2</sub>O 1.50, CaO 4.74, SrO 0.06, BaO 14.45. MnO 12.75, FeO 13.00, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.47, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.10, SlO<sub>2</sub> 26.68, TiO<sub>2</sub> 14.00, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.00, ZrO<sub>2</sub> 2.40, H<sub>2</sub>O 1.17, F 4.06,  $-O = F_2 - 1.70$ , total 100.05. The empirical formula is (Z = 8): (CaO<sub>2</sub>O<sub>6</sub>Na<sub>0</sub>A<sub>1</sub>O<sub>1,12</sub>(3(BaO<sub>6</sub>SK<sub>0.25</sub>Cs<sub>0.02</sub>) $\varepsilon_{1.12}$ (Fe<sup>2</sup>t<sub>3</sub>Mn<sub>1.62</sub>Fe<sup>3</sup>t<sub>3</sub>A<sub>10.19</sub>) $\varepsilon_{3.87}$ (Ti<sub>1.58</sub>ZrO<sub>1.18</sub>No<sub>0.07</sub>) $\varepsilon_{1.83}$ (Si<sub>4.01</sub>O<sub>1.4</sub>)O<sub>2.26</sub>F<sub>1.91</sub>(OH)<sub>1.17</sub>. The simplified formula: (Ca, Na)(Ba, K)(Fe<sup>2+</sup>, Mn)<sub>4</sub>Ti<sub>2</sub>(Si<sub>4</sub>O<sub>1.4</sub>)O<sub>2</sub>(F, OH, O)<sub>3.75</sub>. The crystal structure has been studied (R = 0.047). Surkhobite is structurally related to perraultite. The strongest lines of the powder diffraction pattern [d, Å(I, %) (hkl)] are: 10.39 (20) (002), 3.454 (100) (006), 3.186 (15) (321), 2.862 (15) (225), 2.592 (70) (008), 2.074 (40) (048).

Новый минерал сурхобит (названный по месту находки в бассейне р. Сурхоб) был обнаружен в Верхнедараниисэском массиве щелочных пород, расположенном в верховье р. Дараи-Пиез, в приводораздельной части южного склона Алайского хребта, на территории Центрального Таджикистана. В плане массив имеет изометричную форму, несколько вытянутую в северо-западном направлении и занимает площадь около 18 км<sup>2</sup>. В структурном отношении основная масса его сформировалась в ядре довольно крупной синклинальной складки, сложенной терригенносланцевой толщей (С<sub>2-3</sub>). Северная часть, преимущественно гранитная, находится в пределах антиклинальной складки, образованной породами известняково-сланцевого состава (S<sub>3</sub>w—S<sub>2</sub>ld).

Массив имеет строение, близкое к кольцевому, с асимметричным центром в восточной части. Внешнее кольцо в западной части сложено двуслюдяными турмалицизированными гранитами (C<sub>3</sub>), затем следуют среднезернистые биотитовые граниты (C<sub>3</sub>—P<sub>1</sub>). Центральная и восточная части массива сложены мелко- и среднезернистыми эгириновыми сиенитами (P<sub>1</sub>—P<sub>2</sub>); центр образован фойяитами (P<sub>2</sub>—T<sub>1</sub>), и наконец, мелкозернистые граниты (T<sub>1</sub>—T<sub>2</sub>) секут все предыдущие породы. Радиологические данные указывают на возраст пород в пределах 180—150 млн лет. Последовательность образования пород следующая: биотитовые граниты, эгириновые сиениты, гастингситовые и биотито-гранатовые нефелиновые сиениты (фойяиты).

С эгириновыми сиенитами связано образование серии сиенит-пегматитов эгирино-полевошпато-кварцевого состава. В зависимости от их редкометалльной специа-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Новый минерал сурхобит одобрен Комиссией по повым минералам и названиям минералов ВМО 12 июля 2002 г. Утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 октября 2002 г.



лизации выделяются несколько типов пегматитов. Новый минерал обнаружен в зональном редкометалльном сиенит-пегматите. Обособления сурхобита тяготеют к границе периферической зоны, обогащенной эгирином, с зоной блокового микроклина, вдоль которой проявился наложенный кварцево-полилитионитовый замещающий комплекс минералов, с последующей его альбитизацией и кальцитизацией. В участке пегматита, обогащенном астрофиллитом и эгирином, наблюдается следующая последовательность минералообразования: по темно-зеленому эгирину развит зеленый эгирин-авгит, по которому в свою очередь развиваются амфибол и лепидомелан с гнездами бафертисита. Бафертисит замещается золотистым астрофиллитом и сурхобитом. Здесь же содержатся циркон, флюорит, мелкочешуйчатый полилитионит, а также стиллвеллит, согдианит и таджикит.

Сурхобит образует буровато-красные пластинчатые зерна размером до  $2 \times 1 \times 0.4$  см и иссовершенные уплощенные по  $\{001\}$  кристаллы размером до 1 мм. Минерал хрупкий, обладает совершенной спайностью по  $\{001\}$ ; излом неровный. Микротвердость, измеренная С. И. Лебедевой (ИМГРЭ) в различно ориентированных зернах (ПМТ-3, нагрузка 20—30 г), характеризуется анизотропией II рола:  $H_1 = 212 - 292$  кг/мм<sup>2</sup> (среднее значение 250 кг/мм<sup>2</sup>),  $H_2 = 432 - 543$  кг/мм<sup>2</sup> (среднее значение 482 кг/мм<sup>2</sup>), что соответствует твердости по шкале Мооса около 4 1/2. Плотность сурхобита, вычисленлая на основе эмпирической формулы, равна 3.98 г/см<sup>3</sup>.

Микроскопические исследования установили, что минерал оптически двуосный, отрицательный. Показатели преломления сурхобита:  $n_m = 1.858(10)$ ,  $n_g = 1.888(10)$ (определены Д. К. Щербачевым, ИМГРЭ, на автоматической микроспектрометрической установке микроскоп + спектральный вычислительный комплекс КСВУ = 12,  $\lambda = 590$  нм);  $2V = 65(5)^\circ$ ;  $n_p = 1.790$  (вычислено из 2V). Дисперсная сильная, r < v. В плифах сурхобит имеет желтую и оранжевую окраску. Плеохроизм: Y (оранжевый) > Z (ярко-желтый)  $\geq X$  (желтый). Плоскость оптических осей перпендикулярна (010); X = b,  $a \wedge Z = 34^\circ$ . Постоянно отмечаются простые и полисинтетические двойники с двойниковой осью (001).

Сурхобит отличается от ассопиирующего с ним и внешне сходного с ним бафертисита ориентировкой оптической индикатрисы [для бафертисита Y = b,  $a \wedge Z = 5.5^{\circ}$ ,  $c \wedge X = 24^{\circ}$ , плоскость оптических осей параллельна (010),  $2V = +86^{\circ}$ ].

Химический состав сурхобита был изучен методами аналитической химии (аналитик А. В. Быкова, ИМГРЭ). Содержания главных компонентов (мас. %): Na<sub>2</sub>O 1.57, K<sub>2</sub>O 1.30, CaO 4.74, SrO 0.06, BaO 14.45, MnO 12.75, FeO 13.00, Ee<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.47, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.10, SiO<sub>2</sub> 26.68, TiO<sub>2</sub> 14.00, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.00, ZrO<sub>2</sub> 2.40, H<sub>2</sub>O 1.17 (определено методом Пенфилда), F 4.06,  $-O = F_2 - 1.70$ , сумма 100.05. Дополнительно из отдельной навески З. Т. Катаевой (ИМГРЭ) определены 0.09 мас. % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0.27 мас. % Cs<sub>2</sub>O; Mg, Zn, Cl, P, C не обнаружены. Эмпирическая формула, рассчитанная на 12 катионов (Z=8); (Ca<sub>0.76</sub>Na<sub>0.48</sub>Sr<sub>0.01</sub>)<sub>21.23</sub>(Ba<sub>0.85</sub>K<sub>0.25</sub>Cs<sub>0.02</sub>)<sub>21.12</sub>(Fe<sup>1</sup><sub>1.73</sub>Mn<sub>1.62</sub> × Fe<sup>3</sup><sub>0.39</sub>Al<sub>0.19</sub>)<sub>23.83</sub>(Ti<sub>1.58</sub>Zr<sub>0.18</sub>Nb<sub>0.07</sub>)<sub>21.83</sub>(Si<sub>4.01</sub>O<sub>14</sub>)O<sub>2.27</sub>F<sub>1.93</sub>(OH)<sub>1.17</sub>. Упрощениая формула сурхобита с учетом структурных данных (см. ниже) может быть записана следующим образом: (Ca, Na)(Ba, K)(Fe<sup>2+</sup>, Mn)<sub>4</sub>Ti<sub>2</sub>(Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub>)O<sub>2</sub>(F; OH, O)<sub>3</sub>. Состав, отвечающий идеализированной формуле CaBaFe<sup>2</sup><sub>2</sub>Mn<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>(Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub>)O<sub>2</sub>(F<sub>2</sub>O) (мас. %): CaO 6.11, BaO 16.72, MnO 15.47, FeO 15.67, TiO<sub>2</sub> 17.42, SiO<sub>2</sub> 26.21, F 4.14,  $-O = F_2 - 1.74$ , сумма 100.00.

Исследование монокристаллов сурхобита методом рентгеновской гониометрии в камере РКОП установило их принадлежность к моноклинной сингонии, к классу Лауэ 2/*m*. Параметры бокоцентрированной *A*-ячейки, определенные на монокристальном дифрактометре ENRAF-NONIUS SAD-4, были равны: *a* = 20.809(14), *b* = 13.841(5), *c* = 10.716(5) Å,  $\beta$  = 95.11(5)°. Вдоль всех осей отмечаются четкие псевдопериоды, равные соответственно 10.40, 6.92 и 5.36 Å. Обращает на себя внимание соизмеримость параметров ячейки сурхобита и бафертисита (для бафертисита при аналогичной установке, отвечающей пр. гр. *P*2<sub>1</sub>/*m*, *a* = 10.98; *b* = 6.80, *c* = 5.36 Å,  $\beta$  = 94° — см. Гуань Я-сянь и др., 1963).



Рис. 1. ИК-спектры сурхобита (1), перротита (2), изиньшацзянита (3), бафертисита (4) и хейтманита (5) (из библиотеки эталонных спектров Н. В. Чукапова),

Fig. 1. IR spectra of surkhobite (1), perraultite (2), jinshajiangite (3), bafertisite (4) and hejtmanite (5) (from Chukanov's collection of standard spectra).

1.11

an a dhi

ИК-спектр сурхобита практически идентичен спектрам перротита и изинышацзянита, но четко отличается от спектров бафертисита и его Мп-доминантного аналога хейтманита (рис. 1). В частности, в ИК-спектрах сурхобита и его аналогов отсутствует полоса при 1056 см<sup>-1</sup>, характерная для бафертисита и хейтманита, зато присутствуют дополнительные четкие полосы при 633 и 532 см<sup>-1</sup>, относящиеся, по всей видимости, к валентным колебаниям мостиков Ті—O(H)—Ті и Ті—F—Ті. Кроме того, полоса О—H-валентных колебаний в спектрах сурхобита, перротита и изинышацзянита не расщеплена, что может быть следствием высокого содержания фтора в изученных образцах этих минералов.

Таким образом, дапные ИК-спектроскопии указывают на принадлежность сурхобита к структурному типу перротита. Этот факт позволил правильно выбрать элементарную ячейку, что в дальнейшем было использовано при рентгеноструктурном анализе и при индицировании рентгенограммы.

Кристаллическая структура сурхобита уточнена на монокристалле в анизотровном приближении (автодифрактометр ENRAF-NONIUS, Мо-излучение, 3618 рефлексов) до R = 0.047. Параметры моноклинной ячейки: a = 10.723(1), b = 13.826(2), c = 20.791(4) Å,  $\beta = 95.00(1)^\circ$ , пр. гр. C2. Сурхобит относится к тому же структурному типу, что и перрогит (Ямнова и др., 1998), и является производной от структуры бафертисита, отличаясь от последней тем, что трехслойные пакеты H-O-H(где O — октаэдрический слой, H — смещанный слой, образованный диортогруппами и октаэдрическими катионами) сдвинуты относительно друг друга на 0.25 по оси x и y, в результате чего выступающие из H-слоя вершины Ti-октаэдров смыка-







 「王」と言うないのないのであった。

Рис. 2. Кристаллические структуры сурхобита (а) и бафертисита (б).
Пля сурхобита сферами показаны катионы: Ва (большие темные), К. (большие степлие), Na + Ca (маленькие светлие); Са (маленькие темпые); пля бафертисита сферами показаны поны Ва.
Fig. 2. Crystal structures of surkhobite (a) and bafertisite (6). The surkhobite cations are shown by spheres as following: Ba — large dark, K — large light, Na + Ca — small light, Ca — small dark. For bafertisite the spheres

1. S. 1. 1. 1.	(a) (10000) 21 (1010)	a fa sursit o o	show Ba cations.	
$\alpha_{ij} \in \mathcal{A}_{ij}^{(n)} (\alpha_{ij})$	$^{2} = 0  a^{2} = 0  a^{2}$	${}^{*}e^{ix}=(1,2,\ldots,n){}^{*}e^{ix}$	(1) 小小的第三人称单数就是整理了一些建筑的管理和中心的一些。	land a state of the second
5	5 <sup>E</sup> 1	w	at to be "A page strange" to be the most of	and the a
				+ 3 5, - 5,
10 N	9° • 1	··· . ··	$(z_{1,2},z_{1,2},\ldots,z_{n}) = \frac{2\pi T_{n+1} (z_{1,2},z_{1,2}) + \frac{2\pi T_{n+1} (z_{1,2},z_{1,2})}{2\pi T_{n+1} (z_{1,2},z_{1,2})} +$	e sheref agin's "
90 B	× 8 - 9	i a rij	$(1 - 1)^{-1} = (1 - 1)^{-1} d^{-1} (1 - 1)^{-1} d^{-1} (1 - 1)^{-1} d^{-1} (1 - 1)^{-1} d^{-1} d^{$	
25 - 295a	51 F M	ι.	and the fail are an all the proved of the costs of	ono <sup>25</sup> 4 <sup>6</sup> a d

Таблица I

Результаты расчета дифрактограммы сурхобита X-ray powder diffraction data on surkhobite

Ілзм	<i>d</i> <sub>КЗМ</sub> . А	<i>d</i> <sub>выч</sub> , А	hki	. / <sub>II3M</sub>	d <sub>H3M</sub> , A	d <sub>BM</sub> u, A	hki	
20	10.39	10.36	002	40	2.074	2.074	048	
10	5.18	5.18	004	5	2.030	2.033	512	
5	4.06	4.05	203			2.027	406	
5	3.82	3.82	222	3	1.779	1.779	600	
5	3.56	3.56	204,003			1.778	0.4.10	
100	3.454	3.454	006	5	1.764	1.765	429	
5	3.390	3.394	224			1.763	249	
15	3.186	3,189	312	15	1.728	1.728	602, 3.3.10,	
15	2.862	2.860	225				371, 370	
5	2.772	2.772	226	3	1.712	1.712	3.1.10, 4.0.10	
3	2.725	2.724	243, 136	10	1.589	1.589	607	
		2.722	027	3	1.573	1.573	376	
10	2.630	2.631	243, 136	3	1.470	1.471	5.1.11	
70	2.592	2.590	008	ing and the second s		1.470	286	
5	2.468	2.468	422	10 July 10		1.469	607	
3	2.435	2.434	245	5 (broad)	1.445	1.446	4.2.11	
3	2.327	2:326	245			1.444	647	
3	2.285	2.283	423	10	1.427	1.428	3.3.12, 482	
5	2.212	2.209	406			1.427	539, 2.4.13	
3	2.187	2.188	063	22		1.426	734, 557	
		2.186	209	3	1.355	1.355	6.0.11,649	
5	2.124	2.125	247	5	1.296	1.296	2.6.13	
3	2.104	2.104	512, 426			1.295	0.0.16, 4.2.13	

ются через общую вершину OH, O или F (рис. 2). Благодаря этому слои сшиваются в трехмерный каркас, в котором межпакетное пространство распадается на сквозные каналы, вытянутые вдоль осей x (цирокие, с восьмиугольным сечением) и у (узкие, с шестиугольным сечением), что сближает эти минералы с другими цеолитоподобными титаносиликатами, например лабунцовитами. Второе важное отличие структуры типа перротита от структур бафертисита и его Mn-аналога хейтманита размеры элементарной ячейки: из-за взаимного сдвига H—O—H пакетов независимыми в структуре перротита становятся два трехслойных пакета, а не один, как в структуре бафертисита, вследствие чего параметр c в структуре лерротита удванвается. В случае сурхобита удвоение ячейки обусловлено также сдвигами внекаркасных катионов (Ba, Ca, K и Na); их позиционным упорядочением, а также распределением в O-слое катионов Fe и Mn. Распределение крупных анионов F и OH подчеркивает псевдопериодичность структуры.

Кристаллохимическая формула изученного образца имеет вид (Z = 4): [Ba<sub>165</sub> × K<sub>0.35</sub>][Ca<sub>1.2</sub>Na<sub>0.3</sub>]{[Fe<sub>4</sub>(Mn<sub>3.7</sub>Na<sub>0.3</sub>)]Ti<sub>3.2</sub>(Zr, Nb)<sub>0.8</sub>O<sub>4</sub>][Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]<sub>4</sub>}F<sub>4</sub>OH(OH, O). Здесь первыми двумя квадратными скобками выделено содержимое изолированных полостей в каналов, фигурными скобками — состав H—O—H пакетов. Анионы F, OH в О дифференцированы в соответствии с локальным балансом валентностей на анионах. Из четырех атомов F один располагается в общей вершине двух титановых октаздров, в то время как общие вершины титано-ниобиевых октаздров заняты группами OH. Остальные атомы F находятся в общих вершинах трех Fe, Mn октаздров слоя Q.

Распределение внекаркасных катионов по позициям в структурах перротита в сурхобита хотя и имеет черты сходства (катионы упорядочены по разным позициям — в каналах и полостях), но не идентично: в случае сурхобита атомы Са

64

. An tao

## Сравнительные данные для сурхобита, цзиньшацзянита и перротита Comparative data for surkhobite, jinshajiangite and perraultite

V	Минерал						
ларактеристика	сурхобит	цзиньшацэямит*	перротит**				
Упрощенная формула	$(Ca,Na)(Ba,K)(Fe^{2+},Mn)_4$ Ti <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>14</sub> )O <sub>2</sub> (F,OH,O) <sub>3</sub>	(Na,Ca)(Ba,K)(Fe <sup>2+</sup> ,Mn) <sub>4</sub> Ti <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>14</sub> )O <sub>3</sub> (F,O,OH) <sub>2</sub>	$(Na,Ca)(Ba,K)(Mn,Fe^{2+})_4$ Ti <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>14</sub> )O <sub>3</sub> (OH,F) <sub>2</sub>				
Сингония Пр. гр.	Моноклинная С 2	Моноклинная С 2/m, Ст или С 2	Моноклинная С 2				
Параметры ячейки							
a, Å	10.723	10.732	10.820				
b, Å	13.826	13.847	13.843				
<i>c</i> , Å	20.791	20.817	20.93				
β, град	95.00	95.05	95.09				
₽,ų	3071	3081	3122.6				
Z	8	8	8				
Оптические свойства	. " int	17 18 60 18 17 19 19	a ya asa d I Late saad				
n <sub>n</sub>	1.790	1.792	1.785				
nm	1.858	1.801	1.81				
ng	1.888	1.825	1.82				
Оптический знак, 2 <i>V</i> , град	65		,≯1,4(rollid) - <b>⊐,66</b> ,4(rollid) Mathania (197				
<i>D</i> <sub>изм</sub> , г/см <sup>3</sup>	3.84	<b>3.61</b>	3.71				
Сильные ли- нии рентгено- граммы по- рошка d, $\lambda(I, %)(hkl)$	10.39(20)(002), 3.454(100)(006), 3.186(15)(312), 2.862(15)(225), 2.590(70)(008), 2.074(40)(048)	10:2(70)(002), 3:44(100), (311, 310, 202, 006) 3:15(80)(205), 2:85(70)(241), 2:63(70)(136, 243), 2:570(80)(403)	10.43(42)(002), 3.573(11)(025), 3.474(100)(006), 3.186(15)(224), 2.867(13)(241), 2.606(40)(008),				
പംപായ പം പ്രതിശ്യം ഇവം	4 - 1. Julio Argenburi. Status an antaly sumation, da	n na na statichte an said An an	2,084(15)(0.0.10)				
Ссылки	Настоящая работа	Hong Wenxing, Fu Pingiu 1982	Chao, 1991; Имнова и пр. 1998: Пеков и пр.				
ada Cipinshak		Ferraris e. a., 2001	1999; Ferraris e. a., 2001				
Примечан) ца (Chao, 1991).	1 с. * Структура неизвестна: ** [	Іараметры элементарной ячейк	а тана ту боло и посо образ-				
A NY COL			Comparison of the second				
занимают одну	позицию в узком канал	е полностью, а две дру	ПИС: ПОЗИЦИИ: СОВМСС				

тно с Na, а крупные атомы Ва занимают 2 позиции в широких каналах полностью и третью — совместно с К. Упорядоченное расселение Сази Na в структуре нового миперала приводит к чередованию этих атомов вдоль периода с.

Важно подчеркнуть, что в отличие, от бафертисита и хейтманита минералы со структурным типом перротита (к которому относится и сурхобит, а также, очевидно, и цзипьшацзянит) являются не слоистыми, а каркасными, титаносидикатами. Именно наличие в последних цеолитных каналов является причимой высоких содержаний в этих минералах патрия и кальция.

Рентгенограмма порошка сурхобита (дифрактометр УРС-50 ИМ, FeKa-излученис, этанол — германий) дана в табл. Б. Согласно дифрактограмме, сурхобит моноклинный, пр. гр. С2. Определенные по порошковым данным параметры элементарной ячейки близки к соответствующим значениям, полученным из структурных

3 Записки ВМО, № 2, 2003 г.



Рис. 3. Содержання Fe<sup>2+</sup> и Мл (атомов на 12 катнонов) в бафертисите (*черные кружки*), хейтманите (*треуголь-иики*), перротите (*ромбы*), цзиньшацзяните (*квадраны*) и сурхобите (*незалиный кружок*).

I — Баюнь-Обо, Китай (Semenov, Chzhan Pei-shan, 1959); 2 — Даран-Пиез, Талжикистан (Пеков и др., 1999); 3, 7, 11, 16, 17 — Даран-Пиез, Талжикистан (наиные авторов); 4 — Тарбаттай, Казактан (Яковлевская, Мишеев, 1965); 5 — Мболее Хал, Замбия (Ута́па е. а., 1992); 6 — Труловое, Киргизия (Пеков и др., 1999); 8 — Бурлала, Бурятия (Ганзеев и др., 1968); 9 — Октябрьский массив, Украина (Пеков и др., 1999); 10 — Сент-Илер, Канала (Сао, 1991); 7 — Цанынаназань, Китай (Нове Wenxing, Fu Pinglu, 1982); 13-15 — Норра Черр, Швения (данные авторов).

Fig. 3. Contents of Fe<sup>2+</sup> and Mn (atoms per 12 cations) in bafertisite (*black circles*). hejtmanite (*triangles*); peraultite (*thombs*), jinshajiangite (*squares*) and surkhobite (*empty circles*).

данных, и в аналогичной установке равны: a = 10.719(3) Å, b = 13.838(8) Å, c = 20.805(10) Å,  $\beta = 95.09(8)^{\circ}$ ; K = 3074(3) Å<sup>3</sup>.

Вообще следует отметить, что по стехиометрии, физическим свойствам и рангенометрическим характеристикам сурхобит, перротит и цзиньшацзянит близки между собой, но отличаются от прочих «титаносиликатных слюд» — членов бафертиситовой мероплезиосерии (meroplesioseries — Ferraris e. a., 2001). Как отмечалось выше, сурхобит и перротит относятся к одному структурному типу. Хотя кристаллическая структура цзиньшацзянита до сих пор не изучена, на основании химинеского состава, параметров ячеек и большинства физических свойств можно с высокой степенью достоверности допустить принадлежность этого минерала к структурному типу сурхобита—перротита. Наиболее надежным методом установления принадлежности минерала к этому структурному типу является ИК-спектросколия. Сравнительная характеристика всех трех минералов дана в табл. 2. Как видно в табл. 2, главным отличием сурхобита от перротита и цзиньшацзянита является преобладание кальция над натрием в цеолитных каналах, а от перротита — еще и преобладание железа над марганцем.

Корректность определений химического состава, показателей преломления и плотности сурхобита подтверждается хорошей сходимостью по критерию Гпадстоупа—Дейла (1— $K_p/K_c = -0.003$  для  $D_{1136}$ ; 1— $K_p/K_c = 0.032$  для  $D_{304}$ ). В заключение остановимся на особенностях изоморфизма в «титаносиликатных слюдах», относящихся к семействам бафертисита и перротита. Как видно на риз 3, в октаэдрических слоях реализуется непрерывный изоморфизм между Мп и Fe<sup>4</sup>. Иную ситуацию мы наблюдаем для внекаркасных катионов (рис. 4). В координатах «содержание Ва—содержание Са» слоистые титаносиликаты семейства бафертисита обособляются от каркасных титаносиликатов семейства перротита. При этом интересно отметить, что дисбаланс заряда, возникающий при замещении натрия карь-

a of a constant





шием, не компенсируется замещением бария калием. По-видимому, компенсация заряда в этом случае осуществляется путем гетеровалентных изоморфных замещений в октаэдрических позициях, а также в группе дополнительных анионов.

Эталонный образец сурхобита передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве, рег. № 2882/1.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 01-05-64739).

## Список литературы

Ганзеев А. А., Ефимов А. Ф., Семенова Н. Г. Изоморфизм щелочных элементов в минералах группы ас-

трофилитта // Геохимия. 1968. № 3. С. 335—340. Гуань Я-сянь, Симонов В. И., Белов Н. В. Кристаллическая структура бафертисита BaFe<sub>2</sub>TiO[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>] (OH)<sub>2</sub> // Докл. АН СССР. 1963. Т. 149. № 6. С. 1416—1419.

Пеков И. В., Беловицкая Ю. В., Карташов П. М., Чуканов Н. В., Ямнова Н. А., Егоров-Тисменко Ю. К. Новые дапные о перротите (Приазовье) // ЗВМО. 1999. № 3. С. 112-120,

Расцветаева Р. К., Тамазян Р. А., Соколова Е. В., Беликовский Д. И. Кристаллическая структура ивух модификаций природного Ва, Мп-титаносиликата // Кристаллография. 1991. Т. 36. № 2. С. 354—360.

Яковлевская Т.А., Минеев Д.А. О кристаллах и оптической ориентировке бафертисита // Тр. Минер. музея, 1965. Вып. 16. С. 293-294.

Ямнова Н. А., Егоров-Тисменко Ю. К., Пеков И. В. Кристаллическая структура перротита из Приазовья // Кристаллография. 1998. Т. 43. С. 401-410.

Chao G. Y. Perraultite, a new hydrous Na-K-Ba-Mn-Ti-Nb silicate from Mont Saint-Hilaire, Quebec // Canad. Miner, 1991, Vol. 29, P. 355-358.

Ferraris G., Ivaldi G., Pushcharovsky D. Yu., Zubkova N. V., Pekov I. V. The crystal structure of delindeite, Ba<sub>2</sub>[(Na, K,  $\Box$ )<sub>3</sub>(Ti, Fe)[Ti<sub>2</sub>(O, OH)<sub>4</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>14</sub>](H<sub>2</sub>O, OH)<sub>2</sub>], a member of the mero-plesiotype bafertisite series # Canad. Miner. 2001. Vol. 39. P. 1307–1316.

Hong Wenxing, Fu Pinglu. Jinshajiangite --- a new Ba-Mn-Fe-Ti-bearing silicate mineral # Geochemistry (China). 1982. Vol. 1: P. 458-464. Abstract: Amer. Miner. 1984 («New minerals and mineral names»).

Semenov E. I., Chzham Pei-shan. New mineral --- bafertisite # Science Record. 1959, Vol. 3, P. 652, Vrana S., Rieder M., Gunter M. E. Hejtmanite, a manganese-dominant analog of bafertisite, a new mineral # Eur. J. Miner. 1992. Vol. 4. P. 35-43.

> Поступила в редакцию 26 ноября 2002 г.

67