

- Резницкий Л. З., Скляр Е. В., Карманов Н. С. Первая находка космохлора (юрита) в метаосадочных породах // Докл. РАН. 1999. Т. 364. № 4. С. 523—526.
- Резницкий Л. З., Скляр Е. В., Уцаповская З. Ф. Наталит $\text{Na}(\text{V}, \text{Cr})\text{Si}_2\text{O}_6$ — новый хромово-ванадиевый пироксен из Слюдянки // ЗВМО. 1985. Вып. 5. С. 630—635.
- Резницкий Л. З., Скляр Е. В., Уцаповская З. Ф. Минералы хрома и ванадия в слюдянском кристаллическом комплексе (Южное Прибайкалье) // Метаморфические образования докембрия Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. С. 64—74.
- Резницкий Л. З., Скляр Е. В., Уцаповская З. Ф. и др. Хромфиллит $\text{KCr}_2[\text{AlSi}_3]\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ — новая диоктаэдрическая слюда // ЗВМО. 1997. № 2. С. 110—119.
- Румянцева Е. В. Хромдравит — новый минерал из Карелии // ЗВМО. 1983. Вып. 2. С. 222—226.
- Румянцева Е. В., Лапишин С. Г. Минералогия и геохимия щелочно-амфиболовых пропилитов и хром-ванадиевых слюдитов Онежского прогиба // Использование новых достижений геолого-минералогических исследований в изучении складчатых областей. Л., 1986. С. 52—64.
- Слюдянский кристаллический комплекс / Под ред. С. М. Замараева. Новосибирск: Наука, 1981. 198 с.
- Dunn P. J. Chromium in dravite // Miner. Mag. 1997. Vol. 41. N 319. P. 408—410.
- Foit F. F., Rosenberg Ph. E. The structure of vanadium-bearing tourmaline and its implication regarding tourmaline solid solutions // Amer. Miner. 1979. Vol. 64. N 7—8. P. 788—798.
- Hawthorne F. C., Henry D. J. Classification of the minerals of the tourmaline group // Eur. J. Mineral. 1999. N 11. P. 201—215.
- Hawthorne F. C., Mac Donald D. J., Burns P. C. Reassignment of cation site occupancies in tourmaline: Al-Mg disorder in the crystal structure of dravite // Amer. Miner. 1993. Vol. 78. N 3—4. P. 265—270.
- Nuber B., Schmetzer K. Die Gitterposition des Cr^{3+} in Turmalin: Strukturverfeinerung eines Cr-reichen Mg-Al-Turmalins // New Jahrb. Miner. Abh. 1979. Bd 137. H. 2. S. 184—197.
- Reznitsky L. Z., Sklyarov E. V. Unique Cr-V mineral association in metacarbonate rocks of the Sludyanka, Russia // Abstr. of the 30th Int. Geol. Congr. Beijing. 1996. Vol. 2. P. 446.
- Snetsinger K. G. Barium-vanadium muskovite and vanadium tourmaline from Mariposa County, California // Amer. Miner. 1966. Vol. 51. N 11—12. P. 1623—1639.
- Walenta K., Dunn P. J. Ferridravite, a new mineral of the tourmaline group from Bolivia // Amer. Miner. 1979. Vol. 64. N 9—10. P. 945—948.

Поступила в редакцию
15 марта 2000 г.

УДК 537.533

ЗВМО, № 2, 2001 г.
Proc. RMS, N 2, 2001

© Д. чл. С. В. МАЛИНКО, * Н. В. ЧУКАНОВ, ** В. Т. ДУБИНЧУК, * А. Е. ЗАДОВ, ***
Е. В. КОПОРУЛИНА****

БУРЯТИТ $\text{Ca}_3(\text{Si}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{SO}_4][\text{B}(\text{OH})_4](\text{OH})_5 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

S. V. MALINKO, N. V. CHUKANOV, V. T. DUBINCHUK, A. E. ZADOV, E. V. KOPORULINA. BURYATITE
 $\text{Ca}_3(\text{Si}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{SO}_4][\text{B}(\text{OH})_4](\text{OH})_5 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, A NEW MINERAL

* Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья (ВИМС),
109017, Москва, Старомонетный пер., 31

** Институт проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка
*** НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, 6

**** Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН,
109017, Москва, Старомонетный пер., 35

Buryatite, a new boron mineral of ettringite group, has been found in kurchatovite-sakhaite ores at Solongo deposit, Buryatia, Russia. The mineral is named from the discovery locality. Buryatite occurs as light grey (with violet shade) fine-grained aggregates and colorless hexagonal tabular crystals up to 10 μm (main forms {0001} and {10 $\bar{1}$ 0}) and is associated with calcite, fluorborite, frolovite, magnetite, kurchatovite, clinokurchatovite, fedorovskite, sakhaite, vimsite, pentahydroborite, hexahydroborite, borcarite. Mohs' hardness is 2.5. The mineral gives light — blue luminescence in UV. Uniaxial, negative. $\omega = 1.523(3)$, $\epsilon = 1.532(3)$, non pleochroic. Trigonal, pseudo-hexagonal. Space group $P31c$; $a = 11.14(1)\text{Å}$, $c = 20.99(5)\text{Å}$, $V = 2256(7)\text{Å}^3$, $Z = 4$. $D_{\text{calc}} = 1.895(10)\text{ g/cm}^3$. The strongest lines of the powder diffraction pattern [d , Å (hkl): 9.70 (8) (100), 3.85 (6) (105), 3.04 (8) (032), 2.736 (6) (304),

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества РАН 8 января 1999 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 2 августа 2000 г.

2.596 (10) (132), 2.374 (6) (306), 2.121 (9) (136), 1.833 (6) (332), 1.498 (7) (248). (FeK_{α} , Debye-Scherrer). IR spectrum and electron microdiffraction pattern are given. Chemical composition (electron probe; water content was determined from thermal data in vacuum; B_2O_3 content was measured by means of spectral analysis), wt %: CaO 25.88, SiO_2 5.60, Fe_2O_3 2.20, Al_2O_3 0.75, MnO_2 0.27, MgO 0.38, SO_3 12.52, B_2O_3 5.70, H_2O 45.80, total 99.10. The empirical formula of buryatite is as following (for the basis $\text{Ca}_6(\text{OH}_2\text{O})_{12}$, i. e. $Z = 2$): $\text{Ca}_{6.00}(\text{Si}_{1.21}\text{Fe}_{0.36}\text{Al}_{0.19}\text{Mg}_{0.12}\text{Mn}_{0.04}^{4+})_{\Sigma 1.92}[\text{SO}_4]_{2.03}[\text{B}(\text{OH})_4]_{2.13}[(\text{OH})_{11.30}\text{O}_{0.70}]_{\Sigma 12.00} \cdot 23.13 \text{H}_2\text{O}$. The simplified formula ($Z = 4$) is: $\text{Ca}_3(\text{Si}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{SO}_4][\text{B}(\text{OH})_4](\text{OH}, \text{O})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Buryatite dissolves in dilute H_2SO_4 and HCl ; presence of boron was confirmed by reaction with quinalizarine. The specimen of buryatite is deposited in Fersman mineralogical museum of Russian Academy of Sciences, Moscow.

Новый минерал — боркремниевый аналог этtringита — обнаружен в керне скважины, пересекающей курчатовито-сахайтовые руды месторождения Солонго (Бурятия) на глубине около 184 м (Малинко, Лисицын, 1997). По первому местонахождению в Бурятии описываемый минерал получил название **бурятит (buryatite)**.

Бурятит образует линзовидные и прожилковидные обособления размером до 3×10 мм, в которых находится в тесном сростании с кальцитом (содержание кальцита варьирует от первых процентов до 20—30 %). Изредка в тонкозернистой массе бурятита обнаруживаются микроскопические зерна магнетита, брусита и флюоборита, общее содержание которых обычно не превышает 0.2—0.3 %. Агрегаты бурятита и ассоциирующихся с ним минералов приурочены к фроловитовым прожилкам, в составе которых присутствуют также другие бораты кальция — вимсит, солонгоит, пентагидроборит и гексагидроборит. Вмещающая порода кроме преобладающих курчатовита и сахаита содержит также федоровскит, людвицит, турнорит, сфалерит, магнетит и кальцит. Зерна бурятита светло-серые с сиреневым оттенком, матовые, в порошке белые.

Твердость по Моосу 2.5. Измерить плотность бурятита непосредственно не удается ввиду пористости его агрегатов и тесных сростаний с другими минералами.

В коротковолновых УФ-лучах минерал слабо люминесцирует голубоватым светом. В разбавленных H_2SO_4 и HCl с хинализарином быстро дает яркую реакцию на бор. При нагревании до 700°C в течение 1 ч в вакууме (навеска 5.35 мг) теряет 45.8 % массы.

Под микроскопом бурятит бесцветный. Наблюдаются агрегаты тонкодисперсных слабодвупреломляющих частиц и мелкие иризирующие пластинки с совершенной спайностью. Реже отмечаются таблитчатые кристаллы размером до 10 мкм. Спайность совершенная по $\{10\bar{1}0\}$. Оптически одноосный, отрицательный $n_o = 1.523(3)$, $n_e = 1.532(3)$. Плеохроизм отсутствует.

Состав бурятита (табл. 1) изучен методом локального рентгеноспектрального анализа на микроанализаторах Link AN-10000 (для аншлифа) и ЭММА (для отдельных частиц с нормировкой суммы на 100 %). Содержание B_2O_3 , определенное методом спектрального анализа (аналитик В. А. Гостева, ВИМС) из навески 5 мг, равно 5.7 %. Содержание воды, определенное как потери при прокаливании наиболее чистой отборки в вакууме (700°C , 1 ч, навеска 5.35 мг), равно 45.8 % (чистота пробы контролировалась методами инфракрасной фурье-спектроскопии и локального рентгеноспектрального анализа).

Ниже приведены эмпирические формулы бурятита, рассчитанные на 6 атомов Ca (т. е. $Z = 2$), в предположении о присутствии железа и марганца в форме Fe^{3+} и Mn^{4+} (по аналогии со стурманитом и журавскитом), бора — в форме $\text{B}(\text{OH})_4$ (по аналогии со стурманитом и чарлезитом) и с учетом требований баланса валентностей:

обр. 1 — $\text{Ca}_{6.00}(\text{Si}_{1.21}\text{Fe}_{0.36}\text{Al}_{0.19}\text{Mg}_{0.12}\text{Mn}_{0.04}^{4+})_{\Sigma 1.92}[\text{SO}_4]_{2.03}[\text{B}(\text{OH})_4]_{2.13}[(\text{OH})_{11.30}\text{O}_{0.70}]_{\Sigma 12.00} \cdot 23.13 \text{H}_2\text{O}$;

обр. 2, кристаллы — $\text{Ca}_{6.00}(\text{Si}_{1.10}\text{Fe}_{0.23}^{3+}\text{Mn}_{0.23}^{4+})_{\Sigma 1.56}[\text{SO}_4]_{2.53}[\text{B}(\text{OH})_4]_{2.18}(\text{OH})_{10.15} \cdot 24.02 \text{H}_2\text{O}$;

обр. 2, колломорфные обособления — $\text{Ca}_{6.00}(\text{Si}_{1.01}\text{Fe}_{0.29}^{3+}\text{Mn}_{0.25}^{4+}\text{Al}_{0.20})_{\Sigma 1.75}[\text{SO}_4]_{2.38}[\text{B}(\text{OH})_4]_{2.21}(\text{OH})_{11.17}\text{Cl}_{0.37} \cdot 24.25 \text{H}_2\text{O}$.

Приведенные формулы характеризуются дефицитом катионов в М-позиции, который может быть связан с наличием вакансий. Заметим, что дефицит М-катионов характерен и для чарлезита (Dunn e. a., 1983). Кроме того, в обр. 2 возможно при-

Таблица 1

Химический состав бурятита (мас. %)
Chemical composition of buryatite (wt %)

Компонент	Обр. 1*	Обр. 2, кристаллы**	Обр. 2, коллоидные обособления**
CaO	25.88	25.33	24.97
SiO ₂	5.60	4.98	4.56
Fe ₂ O ₃	2.20	1.39	1.72
Al ₂ O ₃	0.75	Не обн.	0.75
MnO ₂	0.27	1.48	1.58
MgO	0.38	Не обн.	Не обн.
SO ₃	12.52	15.32	14.5
Cl	Не обн.	Не обн.	1.00
-O=Cl ₂			0.23
Сумма (включая 5.7 % В ₂ O ₃ и 45.8 % Н ₂ O)	99.10	100	100

Примечание. Условия анализа: * — микроанализатор Link AN-10000, ** — микроанализатор ЭММА (полная сумма анализа приведена к 100 %).

существование магния в количествах ниже порога обнаружения при анализе отдельных частиц на микроанализаторе ЭММА.

Идеализированная формула бурятита — $\text{Ca}_3(\text{Si}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{SO}_4][\text{B}(\text{OH})_4](\text{OH}, \text{O})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Рентгенограмма порошка бурятита (табл. 2) получена в дебаевской камере диаметром 114.6 мм на FeK_α -излучении (эталон — кремний). Практически все сильные линии рентгенограммы близки к соответствующим линиям чарлезита, для которого принята пространственная группа $P31c$ (Dunn e. a., 1983; см. табл. 2). Параметры псевдогексагональной элементарной ячейки бурятита, вычисленные из рентгенограммы, равны: $a = 11.14(1)\text{Å}$, $c = 20.99(5)\text{Å}$, $V = 2256(7)\text{Å}^3$. Вычисленная плотность $1.895(10)\text{ г/см}^3$.

ИК-спектр наиболее чистой отборки минерала (порядка 0.02 мг), запрессованный в таблетку с KBr, получен на фурье-спектрометре FTIR 1600 фирмы Perkin Elmer в режиме накопления (16 сканирований в минуту, время накопления 16 мин) в диапазоне волновых чисел 400—4000 см^{-1} . ИК-спектр бурятита (рис. 1) подтверждает его принадлежность к группе эттрингита. Характер водородных связей (области 3000—3600, 1500—1700 см^{-1}), тонкая структура полос колебаний аниона $[\text{SO}_4]^{2-}$ (области 990—1150 и 600—700 см^{-1}) аналогичны соответствующим характеристикам других представителей группы эттрингита. В то же время ИК-спектр бурятита индивидуален. В отличие от таумасита в его ИК-спектре отсутствуют сильные полосы колебаний аниона CO_3^{2-} (наблюдается лишь слабый дублет 1422—1394 см^{-1} , высокочастотная компонента которого относится к небольшой примеси кальцита), но при этом наблюдаются весьма характерные полосы группы $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ при 1235, 1190, 999 и 956 см^{-1} . Интенсивность этих полос значительно выше, чем в спектре стурманита — другого боросодержащего представителя группы эттрингита (Reasor e. a., 1982; табл. 3), что подтверждает наличие в структуре бурятита более двух групп $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ на формулу.

Сильные полосы при 950—990 см^{-1} и более слабый дублет при 1185—1240 см^{-1} наблюдались и в ИК-спектрах синтетических аналогов эттрингита, содержащих группы $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$, причем в ИК-спектрах безборных аналогов эти полосы отсутствуют, а с ростом содержания $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ интенсивность указанных выше полос возрастает (Pöhlmann e. a., 1989). Важно отметить, что эти полосы характерны именно

Таблица 2

Результаты расчета рентгенограмм бурятия и чарлезита
X-ray powder diffraction data for buryatite and charlesite

№ п.п.	Бурятия (по данным авторов)			Чарлезит (Dunn e.a., 1983)			
	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм} , Å	<i>d</i> _{выч} , Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>
1	8	9.70	9.65	100	100	9.70	100
2	2	8.64	8.77	011			
3	2	5.56	5.57	110	80	5.58	110
4	5	5.25	5.25	004			
5	3ш	4.76	4.92	112	20	4.936	112
6	3	4.71	4.71	201			
7	2ш	4.28			40	4.654	104
8	6	3.85	3.85	105			
			3.82	114	80	3.855	114
9	1	3.54	3.55	204	30	3.573	204
10	5	3.40	3.44	212	40	3.444	212
11	1	3.18	3.216	300	10	3.230	300
12	8дв	3.040	3.075	032			
			2.994	214	10	2.996	214
13	1	2.966	2.962	116			
14	3	2.879	2.863	017			
15	3	2.840	2.832	026			
16	6	2.736	2.742	304	70	2.749	304
17	1	2.675	2.676	310	20	2.666	310
18	10	2.596	2.596	312	20	2.598	312
19	4	2.526	2.524	126	70	2.538	126
20	1ш	2.448	2.460	224	1	2.470	224
21	6	2.374	2.383	134	5	2.391	134
22	1	2.330	2.316	217	2	2.325	208
23	2	2.288	2.280	043			
			2.191	404	70	2.193	404
24	3	2.166	2.166	322			
25	9	2.121	2.125	136	50	2.133	136
26	0.5	2.059	2.051	1.0.10	5	2.044	308
27	1	2.020	2.016	413	1	1.991	406
28	2	1.957	1.958	235			
			1.954	414	1	1.956	414
29	3	1.920	1.921	501			
			1.910	228	20	1.926	228
30	2	1.872	1.873	318	1	1.884	318
31	6	1.833	1.828	332	10	1.837	121
32	3	1.796	1.796	422	5	1.787	408
33	2	1.728	1.727	151			
34	1ш	1.685	1.682	153			
35	2ш	1.644	1.651	514			
36	0.5	1.601	1.603	515			
37	1ш	1.564	1.567	419			
38	7	1.498	1.497	248			
39	1	1.471	1.471	160			
40	1	1.442	1.440	346			
41	1	1.376	1.375	351			
42	0.5	1.342	1.342	260			
43	1	1.313	1.312	349			
44	5	1.295	1.294	446			

Примечание. ш — широкая линия, дв — двойная линия.

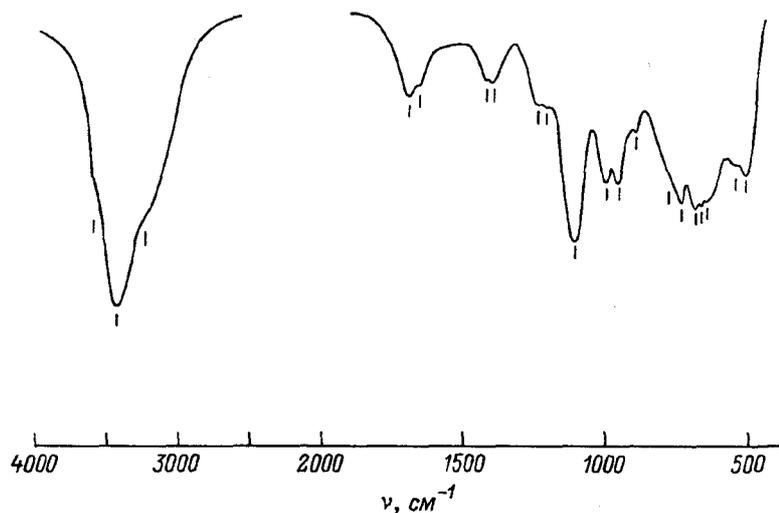


Рис. 1. ИК-спектр бурятита.
Fig. 1. IR spectrum of buryatite.

для групп $[B(OH)_4]^-$ и не совпадают с характерными полосами боратов, ассоциирующихся с бурятитом.

Исследование бурятита с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-101 позволило выявить две основные формы его обособлений: кристаллическую, представленную таблитчатыми кристаллами гексагональных очертаний (рис. 2), и коллоидную. Химический состав двух морфологических разновидностей бурятита, определенный с помощью микроанализатора ЭММА, различается незначительно. Размер хорошо образованных кристаллов, как правило, не превышает 5 мкм (максимальный размер около 10 мкм). Преобладающие формы: $\{0001\}$ и $\{1010\}$. Уплощенные кристаллы характерны и для других боросодержащих минералов группы этtringита (чарлезита и стурманита), тогда как для безборных членов группы (эт-



Рис. 2. Кристаллические обособления бурятита (увел. 9000).
Fig. 2. Crystal aggregates of buryatite ($\times 9000$).

Таблица 3

Волновые числа (cm^{-1}) полос в ИК-спектрах минералов группы этtringитаWavenumbers (cm^{-1}) of bands in IR spectra of ettringite group minerals

Бурятия	Стурманит	Этtringит	Отнесение
3600 пл	3610 пл	3635 ср	$\nu(\text{OH})$
3422 с	3420 с		
3210 пл	3230 пл	3410 с	$\nu(\text{H}_2\text{O})$
1683 сл	1680 сл	1670 сл	$\delta(\text{H}_2\text{O})$
1650 пл			
1422 сл	1410 сл	1390 сл	$\nu(\text{CO}_3)$
1394 сл			
1235 сл	1200 пл		$[\text{B}(\text{OH})_4]$
1190 сл			
1105	1113	1114	$\nu(\text{SO}_4)$
999 ср	987 сл		$[\text{B}(\text{OH})_4]$
956 ср	945 сл		
894 оч. сл	879 оч. сл	871 сл	$\delta(\text{CO}_3)$
750 пл			
726 с	750 пл	745 пл	$[\text{SiO}_6]$
676 с			
658 с	650 пл	617 с	$\delta(\text{SO}_4)$
636	618 с		
540 пл	595 пл	547 с	$[\text{AlO}_6]$
499 ср		500 sh.	$[\text{SiO}_6]$
	467 ср		$[\text{FeO}_6]$

Примечание. Стурманит — Намибия (Hotazel), этtringит (Si-содержащий) — Германия (Eifel).

tringита и таумасита) характерны длиннопризматические (до волокнистых) кристаллы.

Расчет многочисленных микродифракционных картин (рис. 3) позволил определить значения параметров элементарных ячеек для кристаллической ($a = 11.28$, $c = 21.09 \text{ \AA}$) и колломорфной ($a = 11.30$, $c = 21.15 \text{ \AA}$) разновидностей минерала. Эти параметры близки к параметрам, рассчитанным из рентгенограммы.

Таким образом, изучение найденного в месторождении Солонго, Бурятия, необычного бората и сопоставление полученных данных с известными в литературе характеристиками различных представителей минералов группы этtringита приводит к выводу о том, что изученный минерал представляет собой неизвестный ранее необычный по составу высокоборный член группы этtringита (Fleischer, Mandarino, 1995) с явным преобладанием кремния над Al, Fe^{3+} и другими в позиции М.

В табл. 4 сопоставлены характеристики боросодержащих членов группы этtringита.

Образец бурятия передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, г. Москва.



Рис. 3. Микродифракционная картина бурятия.

Fig. 3. Microdiffraction pattern for buryatite.

Сопоставление характеристик боросодержащих членов группы этtringита
Comparative data for some ettringite group minerals

Параметр	Минерал		
	бурятияит	чарлезит	стурманит
Химическая формула	$\text{Ca}_6(\text{Si}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_2(\text{SO}_4)_2 [\text{B}(\text{OH})_4]_2[\text{OH}, \text{O}]_{12} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_6(\text{Al}, \text{Si})_2(\text{SO}_4)_2 [\text{B}(\text{OH})_4][\text{OH}, \text{O}]_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_6(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Mn}^{2+})_2 (\text{SO}_4)_2 [\text{B}(\text{OH})_4][\text{OH}]_{12} \cdot 25\text{H}_2\text{O}$
Кристаллическая система	Тригональная, псевдогексагональная	Тригональная, псевдогексагональная	Тригональная, псевдогексагональная
Пространственная группа	$R\bar{3}1c?$	$R\bar{3}1c?$	$R\bar{3}1c?$
a , Å	11.14	11.16	11.16
c , Å	20.99	21.21	21.79
V , Å ³	2256	2287	2350
Источник	По данным авторов	Dunn e. a., 1983	Peacor e. a., 1982

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 97-05-64008 и 97-05-65127).

Список литературы

- Малинко С. В., Лисицын А. Е. Экзотические борные руды месторождения Солонго в Бурятии // Руды и металлы. 1997. № 5. С. 63—71.
- Dunn P. J., Peacor D. K., Leavens P. B., Baum J. L. Charlesite, a new mineral of the ettringite group from Franklin, New Jersey // Amer. Miner. 1983. Vol. 68. N 9—10. P. 1033—1037.
- Fleisher M., Mandarino J. A. Glossary of mineral species. Tucson, Miner. Rec. Inc.: 1995. 280 p.
- Moore A. E., Taylor H. F. W. Crystal structure of ettringite // Acta cryst. 1970. Vol. B26. Pt 4. P. 386—393.
- Peacor D. R., Dunn P. J., Duggan M. Sturmanite, a ferric iron boron analog of ettringite // Canad. Miner. 1982. Vol. 21. P. 705—709.
- Pöhlmann H., Kuzel H.-J., Wenda R. Compounds with ettringite structure // N. Jb. Miner. Abh. 1989. Bd 160. H. 2. S. 133—158.
- Taylor H. F. W. Crystal structures of some double hydroxide minerals // Miner. Mag. 1973. Vol. 39. N 304. P. 377—383.

Поступила в редакцию
26 сентября 2000 г.