

- Lerf A., Schöllhorn R. Solvation reactions of layered ternary sulfides A_xTiS_2 , A_xNbS_2 and A_xTaS_2 // *Inorg. Chem.* 1977. Vol. 16. P. 2950—2956.
- Okada A., Keil K., Taylor G. J. Unusual weathering products of oldhamite parentage in the Norton County enstatite achondrite // *Meteoritics*. 1981. Vol. 16. P. 141—152.
- Okada A., Keil K. Caswellsilverite, $NaCrS_2$: a new mineral in the Norton County enstatite achondrite // *Amer. Miner.* 1982. Vol. 67. P. 132—136.
- Okada A., Keil K., Leonard B. F., Hutcheon I. D. Schöllhornite, $Na_{0.3}(H_2O)_1[CrS_2]$, a new mineral in the Norton County enstatite achondrite // *Amer. Miner.* 1985. Vol. 70. P. 638—643.
- Quint R., Boller H., Blaha H. Zur Kenntnis der wasserhaltigen schichtförmigen Alkali- und Erdalkali-Thiochromite der Formel $M_x(H_2O)_yCrS_2$ // *Monat. Chem.* 1986. Vol. 117. P. 1387—1397.
- Schöllhorn R., Stick E., Lerf A. Reversible topotactic redox reactions of layered dichalcogenides // *Mat. Res. Bull.* 1975. Vol. 10. P. 1005—1012.
- Schöllhorn R., Arndt R., Kubny A. Formation and reactions of hydrated layered chromium sulfides $A_x(H_2O)_y[CrS_2]$ // *J. Solid St. Chem.* 1979. Vol. 29. P. 259—265.
- Whittingham M. S., Jacobson A. J. (Ed.) N. Y.: Intercalation Chemistry, 1982. 595 P.
- Wiegiers G. A., van der Meer R., van Heinigen H., Kloosterboer H. J., Alberink A. J. A. The sodium intercalates of vanadium disulfide and their hydrolysis products // *Mater. Res. Bull.* 1974. Vol. 9. P. 1261—1266.

Поступила в редакцию
19 января 2001 г.

УДК 549.657

ЗВМО, № 3, 2001 г.
Proc. RMS, N 3, 2001

© Н. В. ЧУКАНОВ,* д. чл. И. В. ПЕКОВ,** Р. К. РАСТВЕТАЕВА,***
А. Е. ЗАДОВ,**** В. В. НЕДЕЛЬКО*

ЛЕММЛЕЙНИТ-Ва $Na_2K_2Ba_{1+x}Ti_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot 5H_2O$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА¹

N. V. CHUKANOV, I. V. PEKOV, R. K. RASTSVETAEVA, A. E. ZADOV, V. V. NEDEL'KO.
LEMMLEINITE-Ba $Na_2K_2Ba_{1+x}Ti_4[Si_4O_{12}]_2(O,OH)_4 \cdot 5H_2O$, A NEW MINERAL
OF THE LABUNTSOVITE GROUP

*Институт Проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка
**Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы горы
***Институт кристаллографии РАН, 117333, Москва, Ленинский пр., 59
****НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, б, к. 302

A new labuntsovite group mineral, lemmleinite-Ba has been found in alkaline pegmatites of Khibiny and Lovozero alkaline massifs, Kola peninsula, Russia. At Kukisvumchorr Mt. (Khibiny) it associates with calcite, strontianite, aegirine, microcline, and nepheline; at Karnasurt Mt., Lovozero, — with kuzmenkoite-Mn, aegirine, mangan-neptunite, chabazite, nontronite, etc.; at Maly Punkaruiv Mt., Lovozero, — with microcline and aegirine. It occurs as prismatic crystals up to 2 cm and their aggregates; forms: {100}, {010}, {001}, {−201}, {−401}, {110}. Lemmleinite-Ba is transparent, orange or light coffee-coloured. Lustre vitreous; streak white, cleavage imperfect, Mohs' hardness 5.5. Biaxial, positive, $2V = 37(10)^\circ$, α 1.684(2), β 1.690(2), γ 1.820(5), $r > v$. The crystal structure has been studied $R = 3.68\%$. The mineral is monoclinic, space group $C2/m$, $a = 14.216(2)$, $b = 13.755(3)$, $c = 7.767(5)$ Å, $\beta = 116.7(1)^\circ$, $V = 1357(1)$ Å³, $Z = 2$. In the structure of lemmleinite-Ba barium predominates at C site whereas D site is vacancy-dominated. The strongest reflexes of the powder diffraction pattern [d , Å (I , %) (hkl)] are: 6.93 (26) (001); 6.31 (28) (20 $\bar{1}$); 3.55 (24) (40 $\bar{1}$); 3.16 (100) (42 $\bar{1}$; 40 $\bar{2}$); 3.09 (24) (022; 041); 3.02 (25) (240); 2.577 (25) (20 $\bar{3}$; 241). $D_{meas} = 3.03(1)$, $D_{calc} = 3.05(1)$ g/cm³. Chemical composition of structurally studied sample from Khibiny is (wt %, electron probe, mean over 10 analyses; H₂O content was determined by thermogravimetric method): Na₂O 5.32; K₂O 6.96; SrO 0.11; BaO 12.63; MgO 0.39; MnO 1.58; FeO 0.38; ZnO 0.09; Al₂O₃ 0.03; SiO₂ 38.00; TiO₂ 25.12; ZrO₂ 0.1; Nb₂O₅ 0.43; H₂O 8.02; total 99.17. The empirical formula (taking into consideration structural data) is: $Na_{4.34}K_{3.74}(Ba_{2.08}Sr_{0.03})_{\Sigma 2.11}(\square_{1.07}Mn_{0.56}Mg_{0.24}Fe_{0.13})[(Ti_{7.94}Nb_{0.08}Zr_{0.02})_{\Sigma 8.04}O_{6.40}(OH)_{1.60}][Si_4O_{12}]_4 \cdot 10.46H_2O$. Lemmleinite-Ba from Maly Punkaruiv Mt. contains up to 16.90 wt % BaO. The idealized formula of lemmleinite-Ba is: $Na_2K_2Ba_{1+x}Ti_4[Si_4O_{12}]_2(O,OH)_4 \cdot 5H_2O$ ($Z = 2$). The IR spectrum bands' wavenumbers (cm^{−1}): 3450, 3235, 3130, 1642, 1570, 1075, 975, 929, 766, 678, 574, 495, 461. Lemmleinite-Ba is an analog of lemmleinite-K with Ba prevailing in C site. Type specimen is deposited in Fersman Mineralogical Museum of Russian Academy of Sciences, Moscow.

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов ВМО. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА 5 сентября 2000 г.

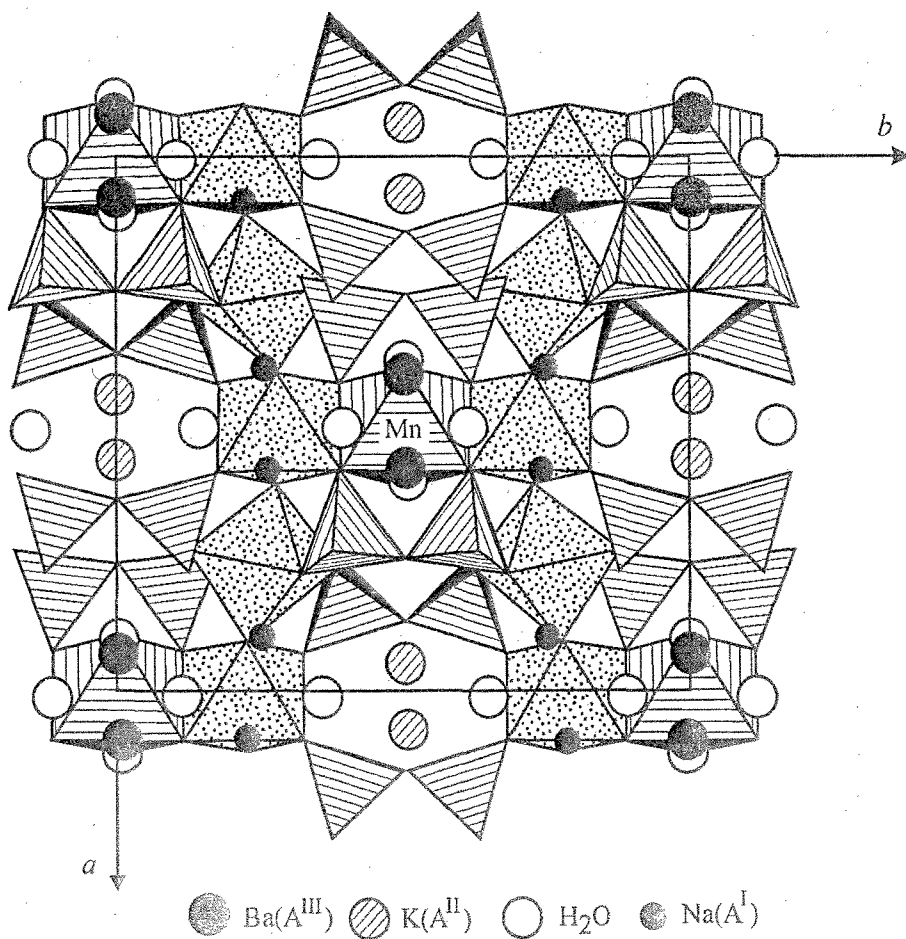


Рис. 1. Кристаллическая структура леммлейнита-Ва: проекция на плоскость (001).

Fig. 1. Crystal structure of lemmleinite-Ba: projection on the plane (001).

Минералы группы лабунцовита обладают весьма сложным и непостоянным составом (Органова и др., 1976; Минералы, 1981). Изучение обширной коллекции этих минералов из 12 щелочных массивов мира, проведенное авторами, показало, в частности, что колебания химического состава здесь приводят к значительным изменениям в кристаллической структуре (Rastsvetaeva e. a., 1994; Расцветаева и др., 1996, 1997а, 1997б, 1998, 2000; Головина и др., 1998; Пеков и др., 1999; Чуканов и др., 1999; Chukanov e. a., 1999). Различия в составе и структуре оказываются настолько серьезными, что позволяют однозначно говорить о существовании в природе целого ряда самостоятельных минеральных видов, родственных лабунцовиту. Недавно, по нашему предложению, группа лабунцовита была «официально признана» и 5 июня 2000 г. Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА утверждена номенклатура входящих в эту группу минералов.

Новый минерал является высокобариевым моноклинным членом группы лабунцовита. Расшифровка его кристаллической структуры (Расцветаева и др., 1997а) выявила ранее не отмечавшийся, предельно возможный для структурного типа лабунцовита вариант катионного упорядочения: атомы Na, K и Ba практически полностью разделяются, занимая в структуре независимые кристаллохимические позиции А, В и С соответственно (рис. 1). Атомы Ba более чем наполовину заселяют позицию С, что отмечается для членов этой группы впервые и позволяет считать рассматриваемый минерал самостоятельным. Ему дано название леммлейнит-Ва, так как он является барий-доминантным аналогом недавно открытого леммлейнита $\text{Na}_2\text{K}_2\text{K}_2(\text{Ti}, \text{Nb})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Хомяков и др., 1999). Название последнего

Простые формы кристаллов леммлейнита-Ва
(класс симметрии $2/m$)
Crystal forms of lemmleinite-Ba ($2/m$ symmetry type)

$\{hkl\}$	Сферические координаты			
	вычисленные		измеренные	
	φ	ρ	φ	ρ
001	90°	26°42'	90 ± 1°	26 ± 1°
100	90°	90°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°
010	0°	90°	0 ± 0.5°	90 ± 0.5°
110	47°17'	90°	46 ± 1.5°	90 ± 1°
$\bar{2}01$	-90°	35°78'	-90 ± 1°	36 ± 0.5°
$\bar{4}01$	-90°	67°78'	-90 ± 1.5°	66 ± 1°

минерала, в соответствии с принятыми принципами номенклатуры группы лабунцовита, изменено на леммлейнит-К.

Леммлейнит-Ва встречается в составе гидротермальных парагенезисов щелочных пегматитов Хибинского и Ловозерского апатитовых массивов на Кольском полуострове. Первоначально новый минерал был установлен в образце из коллекции А. С. Подлесного, найденном им в одной из подземных выработок Кировского рудника на горе Кукисвумчорр в Хибинах. На этом материале выполнены все основные исследования, и он рассматривается как голотипный. Леммлейнит-Ва тесно ассоциирует здесь с кальцитом, стронцианитом и водным Mn-силикатом в полостях мало-мощного нефелино-эгирино-микроклинового пегматитового прожилка, секущего нефелиновый сиенит близ контакта с апатитовой залежью. На горе Карнасурт в Ловозерском массиве новый минерал найден в крупном пегматитовом теле с содалито-натролитовым ядром, локализованном на контакте пород расслоенного комплекса (фойяитов и луавритов) с науяитами. Он входит в состав псевдоморфоз по пластинам мурманита (до $10 \times 6 \times 0.5$ см), иногда слагающая более половины их объема. Псевдоморфозы эти массивные или ячеистые, поликомпонентные, содержащие также кузьменкоит-Mn и эгирин. Мелкие полости в них заполнены агрегатами шабазита-Са, нонтронита и минерала типа каолинита. Эти образования приурочены к существенно эгириновой зоне пегматита, где ассоциируют с псевдоморфозами по эвдиалиту, сложенными гидратированными разновидностями гейдоннеита и терскита, а также с микроклином, манганнептунитом, рабдофаном (?) и оксидами Mn. Леммлейнит-Ва с наиболее высоким содержанием бария установлен в образце с горы Малый Пункаруайв, Ловозерский массив, хранящемся в Музее геологии и минералогии Кольского научного центра РАН (г. Апатиты) под № 4157. Здесь новый минерал находится в мелких полостях эгирино-микроклинового пегматита.

В Хибинах леммлейнит-Ва встречается в виде призматических кристаллов размерами и до $20 \times 4 \times 2$ мм. Наиболее хорошо образованные из них были измерены на двукружном гониометре ГД-1 (к сожалению, качество граней невысокое, они шероховатые, нередко выпуклые). Полученные сферические координаты хотя и не отличаются высокой точностью (± 0.5 — 1.5), но все же весьма близки к вычисленным значениям для простых форм с небольшими величинами индексов hkl , что позволило уверенно их проиндексировать — табл. 1. На кристаллах леммлейнита-Ва (класс симметрии $2/m$) присутствуют грани пинакоидов $\{100\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{-201\}$, $\{-401\}$ и ромбической призмы $\{110\}$ — рис. 2. Наиболее развиты грани $\{100\}$ и $\{-201\}$. Кристаллы из Хибин длиннопризматические, часто расщеплены по $\{100\}$, собраны в веерообразные и сноповидные сростки. Кристаллы леммлейнита-Ва с горы Карнасурт (Ловозеро) короткопризматические, по размеру редко превышают 0.8—1 мм. Они образованы только гранями трех пинакоидов — $\{100\}$, $\{001\}$ и $\{010\}$. Часто они эпитактически нарастают на вытянутые вдоль $[010]$ уплощенно-призматические

Рис. 2. Кристалл леммлейнита-Ва.

Fig. 2. Crystal of lemmleinite-Ba.

кристаллы кузьменкоита-Мп: направления b индивидов обоих минералов совпадают. На горе Малый Пункаруайв новый минерал представлен уплощенно-призматическими кристаллами до 1 мм.

Леммлейнит-Ва прозрачный, кристаллы из Хибин и с горы Малый Пункаруайв окрашены в ярко-оранжевый до оранжево-красного цвет. Некоторые индивиды полихромные, внешние зоны их желтоватые до бесцветных. Минерал с горы Карнасурт светло-кофейный до почти бесцветного. Леммлейнит-Ва обладает белой чертой и сильным стекляннным блеском, имеет несовершенную спайность в нескольких направлениях и неровный излом. Твердость по Моосу около 5.5. Минерал двусный, оптически положительный, $2V_{изм} = 37(10)^\circ$, $2V_{выч} = 27(6)^\circ$, $\alpha = 1.683(1)$, $\beta = 1.690(2)$, $\gamma = 1.820(5)$, дисперсия оптических осей

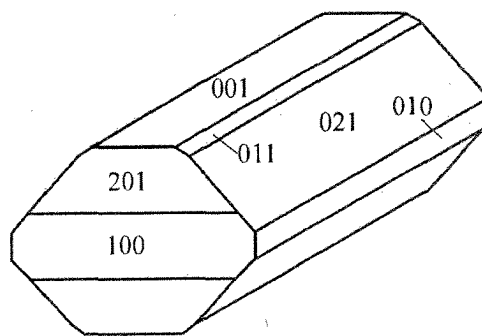


Таблица 2

Результаты расчета рентгенограммы порошка леммлейнита-Ва

X-ray powder pattern of lemmleinite-Ba

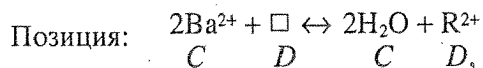
I	$d_{изм}$	$d_{выч}$	hkl	I	$d_{изм}$	$d_{расч}$	hkl
18	9.34	9.33	110	8	2.102	2.102	$60\bar{3}$
26	6.93	6.94	001	4	2.079	2.077	511
4	6.75	6.74	$11\bar{1}$	5	2.046	2.044	351
28	6.31	6.34	$20\bar{1}$	3	2.022	2.019	441
6	4.88	4.884	021	7	2.008	2.007	$44\bar{3}$
4	4.65	4.647	$22\bar{1}$	4	1.977	1.975	261
2	4.41	4.436	$31\bar{1}$	6	1.934	1.934	$64\bar{1}$
6	4.05	4.046	310			1.931	$40\bar{4}$
24	3.55	3.554	$40\bar{1}$	3	1.885	1.884	$71\bar{3}$
3	3.47	3.471	002	4	1.805	1.803	640
7	3.39	3.389	221	4	1.796	1.795	$60\bar{4}$
100	3.16	3.158	$42\bar{1}$	14	1.778	1.777	$80\bar{2}$
		3.153	$40\bar{2}$	2	1.753	1.751	621
24	3.09	3.099	022			1.736	$62\bar{4}$
		3.081	041	6	1.737	1.735	004
25	3.02	3.024	240			1.735	352
9	2.885	2.883	420	4	1.722	1.719	080
25	2.577	2.578	$20\bar{3}$	5	1.686	1.688	461
		2.577	241			1.684	$44\bar{4}$
5	2.498	2.495	401	3	1.638	1.637	$66\bar{1}$
15	2.472	2.472	$40\bar{3}$	3	1.592	1.591	$64\bar{4}$
		2.471	$44\bar{1}$	5	1.552	1.552	$55\bar{4}$
4	2.442	2.442	042	7	1.544	1.547	$48\bar{1}$
		2.442	$11\bar{3}$			1.546	$84\bar{1}$
5	2.369	2.369	$35\bar{1}$	6	1.539	1.537	$84\bar{3}$
6	2.334	2.334	440	3	1.433	1.433	282
		2.333	$60\bar{2}$			1.433	$84\bar{4}$
3	2.186	2.183	$35\bar{2}$	5	1.417	1.418	$44\bar{5}$
8	2.118	2.116	600				

средняя, $r > v$. Плеохроизм: α и γ — бесцветный, β — светло-коричневый. Оптическая ориентировка: $Y = b$, $Z = a$, $X^{\wedge}c \approx 27^\circ$.

Рентгенограмма порошка (дифрактометр ДРОН УМ-1, $Co_{K\alpha}$ -излучение, Фелфильтр) леммлейнита-Ва из Хибин приведена в табл. 2. При выборе индексов hkl для рефлексов с $d/n < 4 \text{ \AA}$ использованы данные по интенсивностям, полученные при структурном исследовании минерала. Рентгенограмма леммлейнита-Ва близка к порошкограмме лабунцовита.

Кристаллическая структура леммлейнита-Ва решена на монокристалле ($R_{\text{аннiso}} = 3.68 \%$). В основе структуры этого минерала (Расцветаева и др., 1997а), как и других моноклинных членов группы лабунцовита, лежат гофрированные цепочки Ti(Nb)-октаэдров, соединенные четверными кремнекислородными кольцами. В пустотах располагаются крупные щелочные и щелочноземельные катионы и молекулы воды. Особенностью структуры леммлейнита-Ва, отличающей его от лабунцовита (Головастикова, 1973; Органова и др., 1976) является наличие селективно бариевой позиции С (рис. 1).

В лабунцовитоподобных структурах расстояние между позицией С и соседней октаэдрической позицией D, частично заполненной двухвалентными катионами R^{2+} (Mn, Fe, Mg, Zn), укорочено (2.1 \AA), что вызывает своеобразную конкуренцию между катионами Ba^{2+} и комплексами $R^{2+} (H_2O)_2$ по схеме:



где \square — вакансия.

В структуре леммлейнита-Ва в позиции С доминирует барий, следовательно, роль R^{2+} -катионов (здесь это преимущественно Mn^{2+}) оказывается менее значительной.

Параметры элементарной ячейки леммлейнита-Ва, определенные для монокристалла ($a = 14.219$, $b = 13.755$, $c = 7.767 \text{ \AA}$, $\beta = 116.7^\circ$, $V = 1375 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$), практически совпадают с соответствующими параметрами, рассчитанными из рентгенограммы порошка.

Химический состав леммлейнита-Ва изучен методом локального рентгено-спектрального анализа (аналитик А. Н. Некрасов), содержащие воды определено термогравиметрическим методом (табл. 3). Пересчет состава с учетом структурных данных (Расцветаева и др., 1997а) приводит к эмпирической формуле $Na_{4.34}K_{3.74}(Ba_{2.08}Sr_{0.03})_{\Sigma 2.11}(\square_{1.07}Mn_{0.56}Mg_{0.24}Fe_{0.13})[(Ti_{7.94}Nb_{0.08}Zr_{0.02})_{\Sigma 8.04}O_{6.40}(OH)_{1.60}][Si_4O_{12}]_4 \cdot 10.46H_2O$ ($Z = 1$). Упрощенная формула $Na_2K_2BaTi_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot 5H_2O$ ($Z = 2$). Согласно термогравиметрическим данным (термовесы АТВ-13А, скорость нагрева 4 град./мин, навеска 25.45 мг, вакуум), практически вся вода в составе леммлейнита-Ва является прочносвязанной и выделяется в температурном интервале 250—600 $^\circ\text{C}$ с максимумом скорости потери массы при 400 $^\circ\text{C}$. Это подтверждается структурными данными, согласно которым все молекулы воды, а также ОН-группы участвуют в образовании водородных связей (Расцветаева и др., 1997а).

Как видно из ИК-спектра (рис. 3, табл. 4), молекулы воды в структуре леммлейнита-Ва занимают два типа позиций, которым соответствуют две полосы невырожденных деформационных колебаний при 1570 и 1642 cm^{-1} . При этом вода и гидроксильные группы образуют как относительно слабые (полоса при 3450 cm^{-1}), так и прочные (3235, 3130 cm^{-1}) водородные связи. Характерной особенностью леммлейнита-Ва, отличающей его от лабунцовита, является отсутствие в ИК-спектре полосы валентных колебаний Si—O—Si с частотой около 1050 cm^{-1} . Как показано ранее (Chukanov e. a., 1999), интенсивность этой полосы коррелирует с содержанием калия в позиции С. Таким образом, ИК-спектральные данные подтверждают сделанный на основании структурных исследований вывод о том, что в структуре леммлейнита-Ва в позиции С находятся практически только атомы бария и молекулы воды.

Химический состав (мас. %) леммлейнита-Ва
Chemical composition (wt %) of lemmleinite-Ba

Компонент	Образец				
	1	2	3	4	5
Na ₂ O	5.32 (0.3)	5.50	3.27	5.03	3.15
K ₂ O	6.96 (0.6)	6.72	6.42	6.56	5.09
SrO	0.11 (0.05)	0.20	—	0.28	—
BaO	12.63 (0.90)	13.12	13.44	13.85	16.90
MgO	0.39 (0.2)	0.16	0.13	0.40	0.13
MnO	1.58 (0.2)	1.74	1.42	0.19	0.38
FeO	0.38 (0.2)	0.54	1.03	2.32	2.14
ZnO	0.09 (0.05)	—	0.10	—	—
Al ₂ O ₃	0.03 (0.01)	—	—	—	—
SiO ₂	38.00 (0.7)	37.44	37.89	38.22	38.00
ZrO ₂	0.11 (0.04)	0.08	0.16	—	—
TiO ₂	25.12 (0.15)	23.99	22.52	23.92	21.95
Nb ₂ O ₅	0.43 (0.2)	0.52	2.66	0.56	4.04
H ₂ O	8.02	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Сумма	99.17	90.01	89.04	91.33	91.78

Примечание. Обр. 1 и 2 — гора Кукисвумчорр, Хибины, обр. 1 — структурно изученный образец, среднее из 10 микрозондовых анализов; в скобках — стандартные отклонения; содержание воды определено из термогравиметрических данных в вакууме); обр. 3 — гора Карнасурт, Ловозеро; обр. 4 и 5 — гора Малый Пункаруайв, Ловозеро; прочерк — содержание данного компонента ниже порога обнаружения.

Плотность леммлейнита-Ва, измеренная методом уравнивания зерна в тяжелых жидкостях, равна 3.03 (1) г/см³, что хорошо согласуется со значением рентгеновской плотности 3.05 (1) г/см³. Корректность определений химического состава, показателей преломления и плотности леммлейнита-Ва подтверждается хорошей по критерию Гладстона—Дейла ($1 - K_p/K_c = 0.014$).

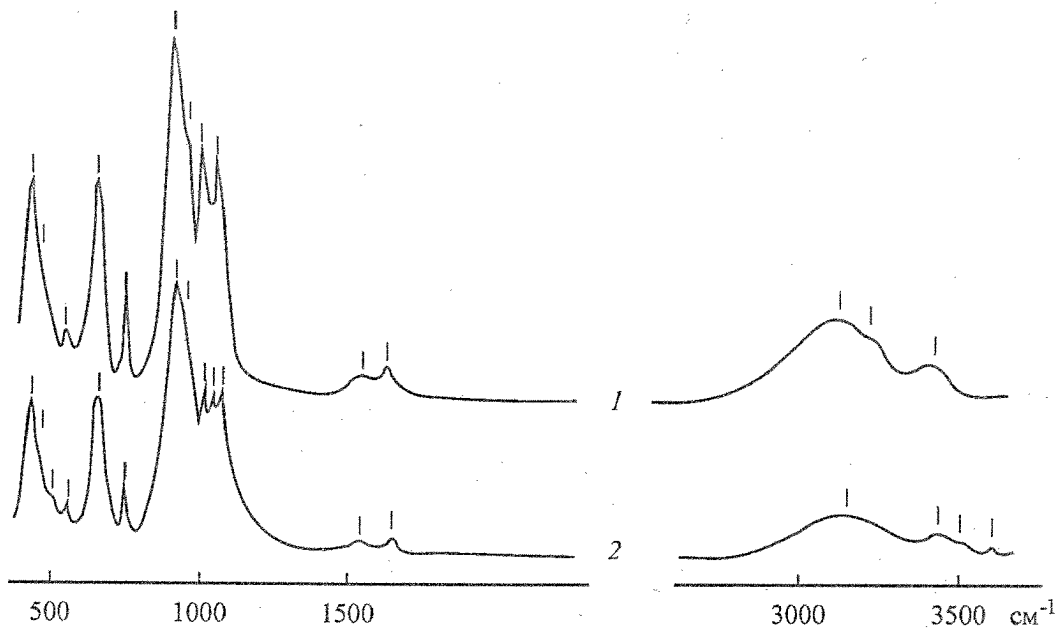


Рис. 3. ИК-спектры леммлейнита-Ва (1) и лабунцовита (2).

Fig. 3. IR spectra of lemmleinite-Ba (1) and labuntsovite (2).

Таблица 4

Волновые числа (cm^{-1}) полос в ИК-спектрах
леммлейнита-Ва и лабунцовита-Мп

Wavenumbers (cm^{-1}) for IR spectral bands
of lemmleinite-Ba and labuntsovite-Mn

Леммлей- нит-Ва	Лабунцо- вит-Мп	Леммлей- нит-Ва	Лабунцо- вит-Мп
	3625	1019	1021
	3500	975	945
3450	3440	929	930
3235			
3130	3145	766	765
1642	1650	678	679
1570	1545	574	571
1075	1076	495	525
	1051	461	453

Минералы группы лабунцовита встречаются во многих точках Хибино-Ловозерского щелочного комплекса. Однако они, как правило, представлены разновидностями с существенно более низкими содержаниями бария. Находка в Хибинах высокобариевого представителя с предельно упорядоченной структурой — леммлейнита-Ва — именно на Кировском руднике представляется не случайной. Здесь в зоне крупного Кукисвумчоррского разлома расположено мощное поле пегматитов и гидротермалитов, несущих богатую и разнообразную редкометалльную минерализацию. Барий играет в этих образованиях заметную роль, разнообразие его минералов

здесь является максимальным для Хибин и Ловозера. Собственные бариевые минералы представлены карбонатами (витерит, баритокальцит, эвальдит, маккельвиит, кухаренкоит и тулюокит), сульфатами (барит), фосфатами (набафит) и силикатами (баритолампрофиллит, шербаковит и леммлейнит-Ва). По большей части они входят в состав позднегидротермальных парагенезисов минералов, так как барий, являясь некогерентным элементом, постепенно накапливается в ходе эволюции системы породы — пегматиты — гидротермалиты. Для зоны Кукисвумчоррского разлома также характерна гидротермальная переработка значительных масс нефелиновых сиенитов. Разлагающийся при этом калиевый полевой шпат может служить дополнительным источником бария. Таким образом, в составе и структуре леммлейнита-Ва наглядно отражены особенности условий его формирования: обогащенность гидротермалитов барием, достаточно высокая натрий-калиевая щелочность и низкая температура кристаллизации, которая благоприятствует образованию минералов с высокоупорядоченными структурами и большими содержаниями воды.

Появление леммлейнита-Ва в Ловозере вызывает особенный интерес: породы Ловозерского массива почти вдвое беднее барием, чем хибинские, а число собственных минералов этого элемента в Хибинах (25) превышает число бариевых минералов Ловозера (10). Процесс обогащения гидротермальных систем барием в Ловозерском массиве носит (в отличие, вероятно, от Хибинского) сугубо локальный характер: это происходило там, где содержащиеся калиевый полевой шпат — главный носитель Ва — породы подвергались содалитизации, альбитизации, уссингитизации и натролитизации. Видимо, перед нами яркая иллюстрация того, насколько хорошо подходит структурный тип лабунцовита с его цеолитоподобными полостями разных размеров и конфигурации на роль избирательной «ловушки» для крупного катиона Ba^{2+} .

Эталонный образец леммлейнита-Ва передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН (Москва).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 97-05-65127).

Список литературы

Головастиков Н. И. Кристаллическая структура щелочного титаносиликата — лабунцовита // Кристаллография. 1973. Т. 18. В. 5. С. 950—955.

Головина Н. И., Шилов Г. В., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура высокомарганцевого анализа лабунцовита // Докл. РАН. 1998. Т. 362. № 3. С. 350—352.

Минералы. Справочник. Т. III. В. 2. М.: Наука, 1981. 614 с.

Органова Н. И., Шлюкова З. В., Забавникова Н. И. О кристаллохимии лабунцовита и ненаджевичита. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 2. С. 98—116.

Пеков И. В., Чуканов Н. В., Хомяков А. П., Расцветоваева Р. К., Кучериненко Я. В., Неделько В. В. Коробинит $\text{Na}_{3-x}(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал из Ловозерского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 1999. № 3. С. 72—79.

Расцветоваева Р. К., Аракчеева А. В., Хомяков А. П. Кристаллическая структура и микродвойникование нового моноклинного аналога ненадкевичита. // Докл. РАН. 1996. Т. 351. № 2. С. 207—211.

Расцветоваева Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура нового минерала — аналога лабунцовита с высокой упорядоченностью калия и бария. // Докл. РАН. 1997а. Т. 357. № 1. С. 64—67.

Расцветоваева Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура нового минерала — титанового аналога ромбического ненадкевичита // Докл. РАН. 1977б. Т. 357. № 3. С. 364—367.

Расцветоваева Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. и др. Структуры двух высококальциевых лабунцовитов в свете кристаллохимии минералов семейства лабунцовита—ненадкевичита // Кристаллография. 1998. Т. 43. № 5. С. 874—881.

Расцветоваева Р. К., Органова Н. И., Рождественская И. В. и др. Кристаллическая структура оксониевого минерала группы ненадкевичита—лабунцовита из Хибинского массива // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 3. С. 336—340.

Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Расцветоваева Р. К., Дорохова Г. И. Леммлейнит $\text{NaK}_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{O}, \text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал семейства лабунцовита—ненадкевичита // ЗВМО. 1999. № 5. С. 54—63.

Чуканов Н. В., Пеков И. В., Головина Н. И., Задов А. Е., Неделько В. В. Кузьменкоит $\text{K}_2(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Ti}, \text{Nb})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал // ЗВМО. 1999. № 4. С. 42—50.

Chukanov N. V., Pekov I. V., Rastsvetaeva R. K., Nekrasov A. N. Labuntsovite: solid solutions and features of the crystal structure // Canad. Miner. 1999. Vol. 37. N 4. P. 901—910.

Rastsvetaeva R. K., Tamazyan R. A., Pushcharovsky D. Yu., Nadezhina T. N. Crystal structure and microtwinning of K-rich nenadkevichite. // Eur. J. Miner. 1994. Vol. 6. P. 503—509.

Поступила в редакцию
14 ноября 2000 г.

УДК 549.657

ЗВМО, № 3, 2001 г.
Proc. RMS, N 3, 2001

© Д. чл. З. В. ШЛЮКОВА,* Н. В. ЧУКАНОВ,** д. чл. И. В. ПЕКОВ,*** Р. К. РАСЦВЕТАЕВА,****
д. чл. Н. И. ОРГАНОВА,* А. Е. ЗАДОВ*****

ЦЕПИНИТ-Na $(\text{Na}, \text{H}_3\text{O}, \text{K}, \text{Sr}, \text{Ba})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА¹

Z. V. SHLYUKOVA, N. V. CHUKANOV, I. V. PEKOV, R. K. RASTSVETAEVA, N. I. ORGANOVA, A. E. ZADOV.

TSEPINITE-Na $(\text{Na}, \text{H}_3\text{O}, \text{K}, \text{Sr}, \text{Ba})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$,

A NEW MINERAL OF THE LABUNTSOVITE GROUP

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

**Институт Проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка,
E-mail: chukanov@icp.ac.ru

***Московский государственный университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

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

*****НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, д. 6

Tsepinite-Na, a new mineral of the labuntsovite group, has been found in alkaline pegmatites at Khibinpakhchorr Mt., Khibiny massif, and Lepkhe-Nelm Mt., Lovozero massif (both at Kola Peninsula, Russia). It occurs as colourless, white and light-brown radial aggregates and separate prismatic crystals (up to 1 cm) together with microcline, aegirine, analcime, natrolite, catapleiite, apophyllite, labuntsovite-Mn, epididymite, fluorite, sphalerite, etc. (Khibinpakhchorr) and with microcline, aegirine, magnesio-arfvedsonite, natrolite, eudialyte, lamprophyllite, fluorapatite, neptunite, lorenzenite, titanite, vinogradovite, polyolithionite, tainiolite, rancieite, tundrite-(Ce) (Lepkhe-Nelm). Crystal forms: {001}, {100}, {201}, {010}, {012}, {241}. Transparent to translucent. Lustre vitreous. Brittle, cleavage is not observed, Mohs' hardness 5. $D_{\text{meas}} = 2.74(2)$, $D_{\text{calc}} = 2.72(1)$ g/cm³. Optically biaxial, positive, α 1.658(1), β 1.668(1), γ 1.770(5), $2V_{\text{meas}} = 19-31^\circ$, $2V_{\text{calc}} = 36^\circ$. The crystal structure is studied, $R = 0.055$. Monoclinic, Cm , $a = 14.604(7)$, $b = 14.274(8)$, $c = 7.933(2)$ Å, $\beta = 117.40(3)$, $V = 1468.2$ Å³. Tsepinite-Na is a structural analogue of vuorijarvite-K with $\text{Na} > \text{K}$ and $\text{Ti} > \text{Nb}$. Na^+ in tsepinite-Na is partly substituted with H_3O^+ . Presence of H_3O^+ is confirmed by IR spectral data. The average chemical composition for the structurally studied crystal is (electron probe, wt %): Na_2O 5.48, K_2O 1.58, CaO 0.18, SrO 2.32, BaO 2.60, ZnO 0.04, Fe_2O_3 0.25, TiO_2 14.17, Nb_2O_5 20.69, SiO_2 40.38, total 87.69. H_2O content (by thermogravimetric procedure in vacuum) is 13.18 %. The empirical formula is ($Z = 1$): $\text{H}_{34.83}(\text{Na}_{4.21}\text{K}_{0.80}\text{Sr}_{0.54}\text{Ba}_{0.41}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.01})\Sigma_{6.05}(\text{Ti}_{4.22}\text{Nb}_{3.71}\text{Fe}_{0.07}^{3+})\Sigma_{8.00}\text{Si}_{16}\text{O}_{70.78}$. Idea-

¹ Рассмотрено и рекомендовано Комиссией по новым минералам и названиям минералов ВМО. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА 5 декабря 2000 г.