

Список литературы

- Пеков И. В., Чуканов Н. В., Задов А. Е. и др. Алсахаровит-Zn, $\text{NaSrKZn}(\text{Ti,Nb})_4[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{O,OH})_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал группы лабунцовита из Ловозерского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 2003. № 1. С. 52—58.
- Расцветаетаева Р. К., Чуканов Н. В. Рентгеноструктурное и ИК-спектроскопическое исследование лабунцовитов // Кристаллография. 2002. Т. 47. № 6. С. 1009—1015.
- Расцветаетаева Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Уточненная кристаллическая структура кузьменкоита // Кристаллография. 2000. Т. 45. № 5. С. 830—832.
- Семенов Е. И. Минералогия Ловозерского щелочного массива. М.: Наука, 1972. 305 с.
- Чуканов Н. В., Пеков И. В., Задов А. Е. и др. Кузьменкоит-Zn, $\text{K}_2\text{Zn}(\text{Ti,Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{OH,O})_4 \cdot 6-8\text{H}_2\text{O}$, новый минерал группы лабунцовита из Ловозерского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 2002. № 2. С. 45—50.
- Чуканов Н. В., Пеков И. В., Задов А. Е., Волошин А. В., Субботин В. В., Сорохтина Н. В., Расцветаетаева Р. К., Кривовичев С. В. Минералы группы лабунцовита. М.: Наука, 2003а. 323 с.
- Чуканов Н. В., Пеков И. В., Задов А. Е. и др. Новые минералы цепинит-К и парацепинит-Ва и их соотношения с другими представителями группы лабунцовита // ЗВМО. 2003б. № 1. С. 38—51.
- Шлюкова З. В., Чуканов Н. В., Пеков И. В. и др. Цепинит-Na, $(\text{Na,H}_3\text{O,K,Sr,Ba})_2(\text{Ti,Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH,O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал группы лабунцовита // ЗВМО. 2001. № 3. С. 43—50.
- Chukanov N. V., Pekov I. V., Khomyakov A. P. Recommended nomenclature for labuntsovite group minerals // Eur. J. Miner. 2002. Vol. 14. N 1. P. 165—173.
- Pekov I. V. New zincian minerals and genetic aspect of the crystal chemistry of zinc in hyperalkaline pegmatites // New approach of study and description of minerals and mineral formation processes. Moscow, 2002. P. 35—37.

Поступила в редакцию
9 июня 2003 г.

УДК 549.657 + 548.6

ЗВМО, № 1, 2004 г.
Zapiski VMO, N 1, 2004

© Д. чл. Н. В. ЧУКАНОВ, * М. М. МОИСЕЕВ, ** д. чл. И. В. ПЕКОВ, *** д. чл. К. А. ЛАЗЕБНИК, ****
Р. К. РАСЦВЕТАЕВА, ***** Н. В. ЗАЯКИНА, **** Дж. ФЕРРАРИС, ***** Г. ИВАЛЬДИ *****

НАБАЛАМПРОФИЛЛИТ $\text{Ba}(\text{Na,Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH,F})_2\}$ — НОВЫЙ СЛОИСТЫЙ ТИТАНОСИЛИКАТ ГРУППЫ ЛАМПРОФИЛЛИТА ИЗ ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫХ МАССИВОВ ИНАГЛИ И КОВДОР, РОССИЯ¹

N. V. CHUKANOV, M. M. MOISEEV, I. V. PEKOV, K. A. LAZEBNIK, R. K. RASTSVETAIEVA, N. V. ZAYAKINA,
G. FERRARIS, G. IVALDI. NABALAMPORPHYLLITE $\text{Ba}(\text{Na,Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH,F})_2\}$ — A NEW
LAYER TITANOSILICATE OF THE LAMPORPHYLLITE GROUP FROM INAGLI AND KOVDOR
ALKALINE-ULTRABASIC MASSIFS, RUSSIA

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

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

*** Московский Университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

**** Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677891, Якутск, пр. Ленина, 59

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

***** Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche, Univ. Torino, Via Valperga Caluso 35,
10125, Torino, Italy

A new mineral of the lamprophyllite group, nabalamprophyllite, has been found in a peralkaline pegmatite in the alkaline-ultrabasic massif Inagli (Yakutia, Russia) in association with albite, orthoclase, pyroxene, batisite, innelite, neptunite, leucospheinite, strontium apatite e. a. (holotype) and in Ca-enriched zeolitized peralkaline pegmatites in the Kovdor alkaline-ultrabasic massif (Kola peninsula, Russia) together with pyroxenes, orthoclase, cancrinite, nepheline, pectolite, natrolite, thomsonite-Ca, different Ti-

¹ Утверждено КНМНМ ММА 4 февраля 2002 г.

Zr-, Th-silicates, lueshite, cafetite e. a. as coarse translucent prismatic brown to yellowish crystals up to 1 cm (in Kovdor) and up to 10 cm (in Inagli) length with the main form {100}, additional forms being presumably {010}, {130}. Brittle, cleavage is perfect on (100), Mohs' hardness 3. $D_{\text{meas}} = 3.62(2)$ g/cm³; calculated density is 3.58 g/cm³ (from the empirical formula) and 3.68 g/cm³ (from the structural data). Optically biaxial, positive, α 1.750(12), γ 1.799(15), $2V_{\text{meas}} = 40(5)^\circ$; β 1.684(2) (calculated from $2V$); optical orientation: $a \wedge N_g = 10^\circ$, $b = N_p$. Optic angle dispersion is strong, $r > v$. Pleochroism is weak, greenish-brown. IR spectrum is characterized by a characteristic doublet 954–921 cm⁻¹ due to symmetry lowering. The crystal structure was studied, $R = 0.027$. Monoclinic, space group $P2_1/m$. Unit cell dimensions are: $a = 19.741(5)$, $b = 7.105(4)$, $c = 5.408(2)$ Å, $\beta = 96.67(1)^\circ$, $V = 753.4(5)$ Å³ ($Z = 2$). Unlike barytolamprophyllite, the new mineral contains two independent Si₂O₇ groups. Its name recalls lamprophyllite of which nabalamprophyllite is the analogue with two independent sites for the interlayer cations (one is occupied mainly by Na, and another by Ba). The chemical composition averaged over 20 point analyses is (electron probe, wt %; wet analysis for F; H₂O content determined by TGA): Na₂O 11.14, K₂O 0.94, CaO 0.36, SrO 0.65, BaO 24.12, MgO 0.34, MnO 1.10, Fe₂O₃ 0.78, Al₂O₃ 0.44, SiO₂ 28.75, TiO₂ 27.80, H₂O 1.83, F 1.18, –O=F₂ –0.50; total 98.93. The empirical formula is: Na_{2.95}K_{0.17}Ca_{0.05}Sr_{0.05}Ba_{1.29}Mn_{0.13}(Ti_{2.86}Fe_{0.08}Mg_{0.07})_{Σ3.01}[(Si_{3.93}Al_{0.07})_{Σ4.00}O_{14.00}]O_{1.94}(OH)_{1.67}F_{0.51}. The strongest lines of the X-ray powder diffraction pattern are [d , Å (I , %) (hkl)]: 9.87(96)(200), 3.75(65) (31 – 1), 3.45(90)(311, 510), 3.275(78)(600), 2.797(100)(221). Type specimens of nabalamprophyllite are deposited in the Geological Museum (Novosibirsk, Russia) and in the Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences (Moscow).

Лампрофиллит (Sr,Ba)₂{Na₃Ti[Ti₂O₂(Si₂O₇)₂](OH,F)₂} — характерный акцессорный минерал многих агапитовых массивов, где он является важнейшим концентратом стронция. Менее распространен в природе его изоструктурный бариевый аналог баритолампрофиллит (Ba,Sr)₂{Na₃Ti[Ti₂O₂(Si₂O₇)₂](OH,F)₂}, образующий с лампрофиллитом протяженный изоморфный ряд. Оба минерала характеризуются изменчивым составом и могут содержать существенные примеси K, Fe, Mn и Nb. В меньших количествах в них отмечаются Ca, Mg и Al. Это позволяет использовать лампрофиллит и баритолампрофиллит в качестве хороших индикаторов условий минералообразования, в первую очередь химизма среды.

Лампрофиллит с очень низким содержанием бария, вплоть до значений <0.1 мас.% BaO, отмечался неоднократно (Минералы, 1972; Костылева-Лабунцова и др., 1978; Яковенчук и др., 1999), тогда как количество SrO в баритолампрофиллите не опускается ниже 1 мас.%. В связи с этим внимание авторов привлек практически бесстронциевый высокобариевый лампрофиллитоподобный минерал: содержание стронция в нем варьирует от десятых долей процента до величин ниже предела обнаружения электронно-зондовым методом. Он найден в пегматитах двух хорошо известных щелочно-ультраосновных массивов — Инагли в Южной Якутии, а чуть позже — Ковдора на Кольском полуострове. Сначала этот минерал был принят за конечный бариевый член серии лампрофиллит—баритолампрофиллит (Лазебник и др., 1998), но более детальное исследование показало, что он существенно отличается от представителей этого ряда симметрией, строением кремнекислородного мотива, распределением межслоевых катионов, а также физическими свойствами (Расцветаева, Чуканов, 1999). По этим признакам данный минерал был выделен в качестве самостоятельного вида в группе лампрофиллита. В нем впервые для членов группы установлены видообразующая роль натрия в межпакетных позициях и упорядоченное распределение в них Na и Ba. За эту особенность новый минерал получил название **набалампрофиллит**. Образец из Инагли, на котором выполнена расшифровка кристаллической структуры и определена большая часть свойств, является голотипом набалампрофиллита, а материал из Ковдора рассматривается в качестве котипа.

Поскольку якутская находка уже описывалась в литературе (Лазебник и др., 1998), то здесь о ней будет сказано лишь кратко. Проявления набалампрофиллита в Ковдоре мы охарактеризуем подробнее, тем более что их минералогия разнообразна, весьма необычна и ранее почти не исследовалась. Диагностика ассоциирующихся с набалампрофиллитом минералов производилась с помощью методов микрозондового анализа, ИК-спектроскопии и рентгенографии.

Морфология и физические свойства. Набалампрофиллит образует уплощенно-призматические, как правило, несовершенные кристаллы и их сноповидные и хаотические агрегаты. Для Ковдора также характерны тонкопластинчатые индивиды, нередко собранные в веера или розетки. У инаглинских кристаллов наряду с преобладающей формой {100} отмечаются дополнительные грани, предположительно {010} и {130}. Минерал из Инагли коричневого до желто-коричневого, из Ковдора — яркий золотисто-желтый. Черта желтоватая. Набалампрофиллит прозрачен, имеет стеклянный блеск, хрупкий, спайность весьма совершенная по (100), излом ступенчатый до листоватого, твердость по шкале Мооса 3. Плотность, измеренная методом Василевского для голотипа, составляет 3.62(2) г/см³; расчетные значения плотности — 3.58 г/см³ (из эмпирической формулы по данным для химического состава) и 3.68 г/см³ (из структурных данных).

Новый минерал оптически двуосный, положительный; $n_p = 1.750(12)$, $n_g = 1.799(15)$; $2V = 40(5)^\circ$; вычисленное значение $n_m = 1.755$ ($a \wedge N_g = 10^\circ$, $b = N_p$). Дисперсия оптических осей сильная, $r > v$. Плеохроизм слабый в зеленовато-коричневых тонах.

По ИК-спектру набалампрофиллит четко отличается от всех изученных нами многочисленных образцов лампрофиллита и баритолампрофиллита из Хибинского, Ловозерского, Мурунского и Инаглинского массивов. Волновые числа полос поглощения (см⁻¹, s — сильная полоса, sh — плечо): 3610, 1033s, 954s, 921s, 854s, 692, 575sh, 549, 459, 420sh и 402s. Главное отличие набалампрофиллита от других членов группы лампрофиллита заключается в присутствии четкого дублета 954—921 см⁻¹ в области Si—O валентных колебаний с участием апикальных атомов O, тогда как в спектрах минералов ряда лампрофиллит—баритолампрофиллит в этой области наблюдается одна полоса, иногда осложненная слабо выраженным плечом. Как это нередко бывает, расщепление полосы ИКС в данном случае обусловлено понижением симметрии кристаллической постройки (см. ниже).

Химический состав набалампрофиллита (табл. 1) изучен электронно-зондовым методом; содержание фтора для инаглинского минерала определено с помощью мокрого химического анализа, H₂O — по данным ТГА. Эмпирическая формула голотипного образца, рассчитанная на 4(Si + Al), т. е. для $Z = 2$: $\text{Na}_{2.95}\text{K}_{0.17}\text{Ca}_{0.05}\text{Sr}_{0.05}\text{Ba}_{1.29}\text{Mn}_{0.13}(\text{Ti}_{2.86}\text{Fe}_{0.08}\text{Mg}_{0.07})_{\Sigma 3.01}[(\text{Si}_{3.93}\text{Al}_{0.07})_{\Sigma 4.00}\text{O}_{14.00}]\text{O}_{1.94}(\text{OH})_{1.67}\text{F}_{0.51}$.

Составы набалампрофиллита из Инагли и Ковдора очень близки между собой и различаются главным образом соотношениями элементов-примесей. Так, в ковдорском минерале больше Ba и Mg, а Fe преобладает над Mn, тогда как в инаглинском Mn > Fe. Эти особенности хорошо согласуются с геохимией обоих массивов. Повышенное содержание Na в набалампрофиллите (11—12 мас.% Na₂O) относительно баритолампрофиллита (8—10 мас.% Na₂O) объясняется вхождением этого катиона в новом минерале не только в титаносиликатные пакеты, но и дополнительно — в межпакетные позиции. Низкое содержание Sr в составе набалампрофиллита уже отмечалось как характерная черта этого минерала. Исходя из особенностей состава «баритолампрофиллита» из Ковдора, кратко охарактеризованного Г. Ю. Иванюком с соавторами (2002), можно с большой долей вероятности считать, что на самом деле этот минерал является набалампрофиллитом. По нашим данным, содержание Ba в ковдорском минерале варьирует в пределах 25—27 мас.%, причем составы более низкобариевых образцов рассчитываются на формулу набалампрофиллита, тогда как составы образцов с повышенным содержанием Ba отвечают идеализированной формуле $\text{Ba}(\text{Ba}, \text{Na})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH}, \text{F})_2\}$. Тем не менее во всех случаях данные ИКС однозначно свидетельствуют о пониженной симметрии минерала. В дальнейшем мы будем называть обе разновидности набалампрофиллитом, имея в виду их принадлежность к данному структурному типу.

Рентгеновские данные и особенности кристаллической структуры. По данным рентгеновского исследования монокристалла, набалампрофиллит моноклинный, пространственная группа $P2/m$. Параметры элементарной ячейки: $a = 19.741(5)$, $b = 7.105(4)$, $c = 5.408(2)$ Å, $\beta = 96.67(1)^\circ$, $V = 753.4(5)$ Å³, $Z = 2$.

Таблица 1

Составы (мас. %) минералов группы лампрофиллита из Ковдора и Инагли
Chemical composition of the lamprophyllite group minerals from Kovdor and Inagli (wt %)

Компонент	Анализ						
	набалампрофиллит				баритолампрофиллит		лампрофиллит
	1	2	3	4	5	6	7
Na ₂ O	11.14	11.99	11.45	11.06	9.40	9.46	10.86
K ₂ O	0.94	1.03	1.00	1.07	1.27	1.24	1.45
CaO	0.36	0.10	0.23	0.10	0.55	0.45	0.30
SrO	0.65	He обн.	He обн.	1.64	4.41	3.85	13.83
BaO	24.12	25.32	26.37	25.60	20.88	21.42	6.88
MgO	0.34	0.83	0.80	0.58	He обн.	He обн.	1.39
MnO	1.10	1.09	0.85	0.70	0.84	1.05	1.89
ZnO	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	0.15	0.32	He обн.
Fe ₂ O ₃	0.78	1.81	2.03	1.58	1.65	1.41	1.79
Al ₂ O ₃	0.44	0.16	0.20	0.06	0.14	0.14	1.06
TiO ₂	27.80	27.31	25.60	26.74	27.02	26.89	28.60
Nb ₂ O ₅	He обн.	0.64	He обн.	He обн.	He обн.	0.10	2.05
SiO ₂	28.75	29.08	28.73	27.65	28.62	28.39	29.85
F	1.18	He обн.	He обн.	He обн.	0.02	He обн.	0.46
-O=F ₂	-0.50	—	—	—	-0.01	—	-0.29
Сумма	98.93*	99.36	97.26	96.78	94.93	94.06	99.41**
Коэффициенты в формулах, (Si,Al)=4							
Na	2.95	3.12	3.07	3.09	2.53	2.57	2.71
K	0.16	0.18	0.18	0.20	0.23	0.22	0.24
Ca	0.05	0.01	0.03	0.02	0.08	0.07	0.04
Sr	0.05	—	—	0.14	0.36	0.31	1.03
Ba	1.29	1.36	1.43	1.45	1.14	1.18	0.35
Mg	0.07	0.17	0.16	0.12	—	—	0.27
Mn	0.13	0.13	0.10	0.09	0.10	0.12	0.21
Zn	—	—	—	—	0.02	0.03	—
Fe	0.08	0.28	0.21	0.17	0.17	0.15	0.08
Al	0.07	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.16
Ti	2.86	2.81	2.66	2.90	2.82	2.83	2.76
Nb	—	0.04	—	—	—	0.01	0.01
Si	3.93	3.97	3.97	3.99	3.98	3.98	3.84
F	0.51	—	—	—	0.01	—	0.17

Примечание. * В сумму включены 1.83% H₂O; ** в сумму включены 0.21% ZrO₂, 0.76% FeO;
ан. 1 — Инагли, голотип, среднее из 20 локальных анализов; ан. 2—4 — Ковдор;
ан. 5—7 — Инагли (данные авторов); ан. 7 — Инагли (Ефимов и др., 1963).

Рентгенограмма порошка минерала из Инагли (дифрактометр ДРОН-2, Cu_{Kα}-излучение, эталон — кремний) дана в табл. 2. Уточненные по порошковым данным параметры ячейки: $a = 19.805(5)$, $b = 7.123(3)$, $c = 5.426(3)$ Å, $\beta = 96.45(2)^\circ$, $V = 753.4(5)$ Å³.

Кристаллическая структура набалампрофиллита решена на монокристалле из Инагли, $R = 0.027$ (Расцветаева, Чуканов, 1999). Как и у других минералов этой группы, ее основу составляют трехслойные пакеты, в которых октаэдрический Na,Ti-слой находится между смешанными слоями из Si-октаэдров и Ti-пятивершин-

Таблица 2

Составы (мас. %) минералов, ассоциирующих с набалампрофиллитом (Ковдор)
 Chemical composition of minerals associating with nabalamprophyllite in Kovdor (wt %)

Компонент	Анализ									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Na ₂ O	12.79	8.95	7.75	10.98	10.57	9.56	2.52	1.34	4.69	8.22
K ₂ O	0.39	0.08	0.23	0.50	0.63	0.13	1.33	He обн.	He обн.	He обн.
CaO	13.00	12.32	11.80	15.75	17.84	16.89	12.99	21.37	16.10	11.65
La ₂ O ₃	He обн.	0.15	He обн.	0.18	He обн.	0.45	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.
Ce ₂ O ₃	То же	0.55	0.37	0.56	То же	0.28	То же	» »	» »	» »
Pr ₂ O ₃	» »	0.15	0.20	0.30	» »	He обн.	» »	» »	» »	» »
Nd ₂ O ₃	» »	0.11	0.16	He обн.	» »	0.16	» »	» »	» »	» »
MgO	» »	He обн.	He обн.	» »	» »	He обн.	0.59	10.55	5.91	5.56
MnO	0.56	0.67	0.71	1.00	0.57	0.69	He обн.	0.31	0.52	0.33
FeO	5.05	2.24	2.65	4.85	4.38	4.67	0.31	11.59	18.11	21.21
Al ₂ O ₃	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	1.35	1.81	0.86	1.22
TiO ₂	0.09	0.09	0.42	0.27	» »	0.22	1.35	0.63	0.18	0.49
ZrO ₂	11.82	12.31	11.96	11.58	11.73	11.79	20.86	He обн.	He обн.	He обн.
Nb ₂ O ₅	0.99	1.04	1.12	2.42	1.71	2.54	1.95	» »	» »	» »
SiO ₂	51.19	52.06	52.01	48.89	49.50	48.94	38.93	51.45	50.67	54.53
SO ₃	0.40	0.44	0.71	0.33	0.07	0.31	He опр.	He опр.	He опр.	He опр.
Cl	0.99	1.11	0.77	0.32	0.39	0.16	То же	» »	» »	» »
-O=(F,Cl) ₂	-0.22	-0.25	-0.17	-0.07	-0.09	-0.04	—	—	—	—
Сумма	97.05	92.02	90.69	97.86	97.30	96.75	82.18	99.05	97.04	103.21
Коэффициенты в формулах										
Na	12.12	8.33	7.23	10.88	10.35	9.46	3.14	0.10	0.35	0.57
K	0.24	0.05	0.14	0.33	0.41	0.39	1.09	—	—	—
Ca	6.80	6.34	6.8	8.63	9.65	9.24	8.57	0.87	0.66	0.45
La	—	0.03	—	0.03	—	0.08	—	—	—	—
Ce	—	0.10	0.07	0.10	—	0.05	—	—	—	—
Pr	—	0.03	0.04	0.05	—	—	—	—	—	—
Nd	—	0.02	0.03	—	—	0.03	—	—	—	—
Mg	—	—	—	—	—	—	0.57	0.60	0.34	0.30
Mn	0.23	0.27	0.29	0.43	0.24	0.30	—	0.01	0.02	0.01
Fe	2.07	0.90	1.07	2.08	1.85	1.99	0.17	0.36	0.65	0.64
Al	—	—	—	—	—	—	1.03	0.08	0.04	0.05
Ti	0.03	0.03	0.15	0.10	0	0.09	0.67	0.02	0.005	0.01
Zr	2.82	2.88	2.80	2.89	2.89	2.93	6.64	—	—	—
Nb	0.22	0.22	0.24	0.56	0.39	0.58	0.58	—	—	—
Si	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	1.95	1.95	1.96
S	0.15	0.16	0.26	0.13	0.03	0.12	—	—	—	—
Cl	0.82	0.91	0.63	0.28	0.33	0.14	—	—	—	—
Базис расчета	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Si ₂₅	Σ=4 ф.е.	Σ=4 ф.е.	Σ=4 ф.е.

Таблица 2 (продолжение)

Компонент	Анализ					
	18	19	20	21	22	23
Na ₂ O	3.88	13.79	18.38	Не обн.	0.66	14.59
K ₂ O	0.04	Не обн.	Не обн.	0.36	0.15	Не обн.
CaO	13.65	» »	5.07	7.69	19.71	3.35
ThO ₂	Не обн.	» »	Не обн.	59.54	Не обн.	3.13
MgO	0.06	» »	Не обн.	Не обн.	0.93	Не обн.
Al ₂ O ₃	31.75	27.38	27.79	0.68	Не обн.	» »
TiO ₂	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	52.90	20.32
Nb ₂ O ₅	» »	» »	» »	» »	5.10	50.34
SiO ₂	41.76	49.94	45.47	18.66	3.78	Не обн.
Сумма	91.46	91.11	96.71	87.74	84.57	101.38
Коэффициенты в формулах						
Na	0.90	1.61	5.47	—	0.06	0.74
K	0.01	—	—	0.28	0.01	—
Ca	1.75	—	0.83	5.07	0.96	0.09
Th	—	—	—	8.35	—	0.02
Mg	0.01	—	—	—	—	0.06
Al	4.49	1.94	5.02	0.50	—	—
Ti	—	—	—	—	1.82	0.40
Nb	—	—	—	—	0.10	0.60
Si	5.00	3.00	6.98	11.50	0.17	—
Базис расчета	Si ₅	Si ₃	(Si,Al) ₁₂	(Si,Al) ₁₂	Σ=3 ф.е. (без Si)	(Nb, Ti) ₁

Примечание. Ан. 8 — эвдиалит; ан. 9, 10 — низкожелезистый эвдиалит; ан. 11–13 — фекличевит; ан. 14 — аморфный цирконосиликат; ан. 15, 16 — пироксен из ассоциации с набалампрофиллитом; ан. 17 — пироксен из ассоциации с луешитом; ан. 18 — томсонит-Ca (в сумму включены 0.32 мас.% BaO и 0.81 мас.% PbO — соответственно 0.02 ф. е. Ba и 0.03 ф. е. Pb); ан. 19 — натролит; ан. 20 — канкринит; ан. 21 — Ca, Th-силикат; ан. 22 — кафетит (в сумму включены 1.34 мас.% FeO, соответственно 0.05 ф. е. Fe); ан. 23 — луешит (в сумму включены 1.25 мас.% SrO, 5.73 мас.% Ce₂O₃, 4.09 мас.% La₂O₃, 1.58 мас.% Nd₂O₃ — соответственно 0.05 ф. е. Sr, 0.06 ф. е. Ce, 0.04 ф. е. La, 0.01 ф. е. Nd).

ников (рис. 1). В межпакетном пространстве располагаются катионы Ba и Na с координационными числами, равными 11. Таким образом, мы имеем дело с гетеросиликатными *HOH*-пакетами, характерными для минералов полисоматической серии бафертисита (Ferraris, 1997; Ferraris e. a., 2001). *O*-слой имеет состав Na₃Ti(OH)₂, а два примыкающих к нему *H*-слоя состоят из полиэдров TiO₅ и диортогрупп Si₂O₇, и, таким образом, Ti присутствует как в *H*-, так и в *O*-слоях. Новый минерал содержит в структуре два типа групп Si₂O₇ (на рисунке они выделены разной штриховкой), в отличие от лампрофиллита и баритолампрофиллита, где Si-диортогруппы эквивалентны. Следствием этого является распад единой позиции межпакетных катионов, наблюдаемой у лампрофиллита и баритолампрофиллита, на две неэквивалентные позиции в набалампрофиллите, одна из которых заселяется только барием, а во второй преобладает натрий. Присутствие двух различных диортогрупп обуславливает и обуславливающее выше явление расщепления полосы Si-O-валентных колебаний в ИК-спектре нового минерала.

Кристаллохимическая формула изученного образца служит иллюстрацией сепарации примесных катионов в соответствии с их радиусами по разным позициям структуры: $^{XI}Ba^{XI}(Na_{0.5}Ba_{0.3}K_{0.15}Sr_{0.05})_{\Sigma 1}\{^{VI}(Na_{2.75}Mn_{0.15}Mg_{0.05}Ca_{0.05})_{\Sigma 3}^{VI}Ti[V(Ti_{1.7}Fe_{0.2}Al_{0.1})_{\Sigma 2}O_2(Si_2O_7)_2](OH,F)_2\}$ (римскими цифрами обозначены координационные числа). Упрощенная формула набалампрофиллита: $Ba(Na,Ba)\{Na_3Ti[Ti_2O_2Si_4O_{14}](OH,F)_2\}$.

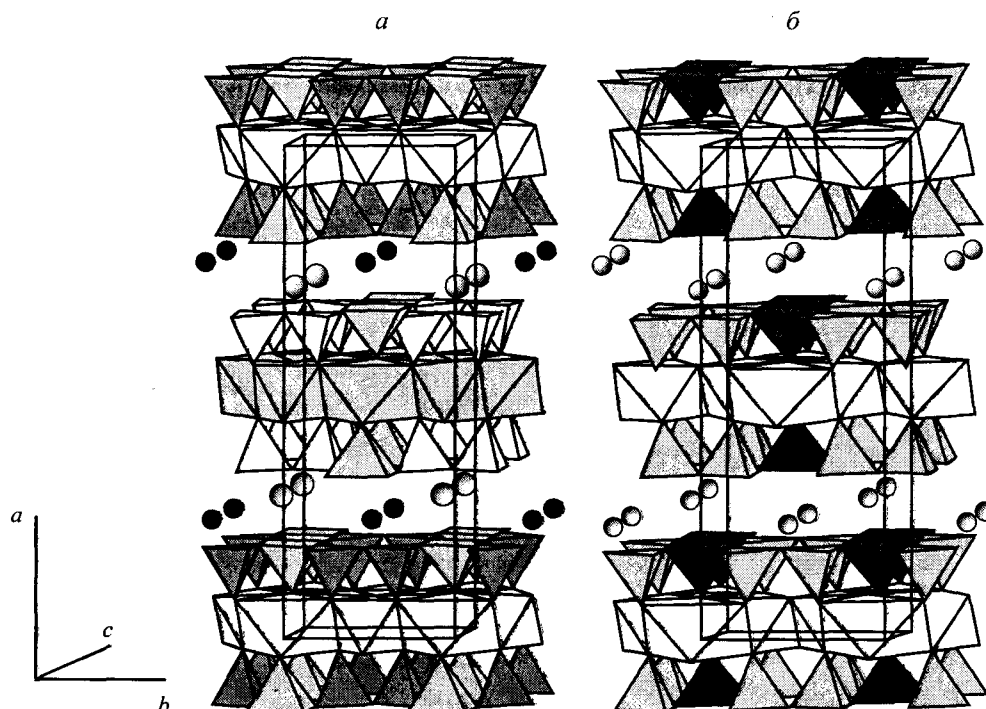


Рис. 1. Кристаллические структуры набалампрофиллита (а, настоящая работа) и баритолампрофиллита (б, Peng Zhizhong c. a., 1984).

Полиэдры двух независимых *HOH*-слоев выделены разной штриховкой; Na-доминантные межпакетные позиции отмечены черными кружками.

Fig. 1. Crystal structures of nabalamprophyllite (a) and barytolamprophyllite (b).

Сравнительная характеристика набалампрофиллита и членов ряда лампрофиллит—баритолампрофиллит приведена в табл. 3.

Проявление набалампрофиллита в Инагли, Южная Якутия. Впервые набалампрофиллит был найден в полостях выщелачивания в агпаитовом пегматите, приуроченном к зоне кольцевого разлома, опоясывающего Инаглинский щелочно-ультраосновной массив. Здесь этот минерал образует грубые уплощенно-призматические кристаллы длиной до 10 см и их агрегаты, находящиеся в ассоциации с альбитом, ортоклазом, диопсидом, эгирином, экерманитом, батиситом, иннелитом, лоренценитом, нептунитом, лейкофенитом, стронцийапатитом, натролитом и анкилитом (Лазебник и др., 1998). Ранее в аналогичных по минеральному составу пегматитах Инагли описывался и «нормальный» лампрофиллит с $Sr > Ba$ (Ефимов и др., 1963). Нами из этих пегматитов изучены все три члена группы, причем инаглинские лампрофиллит и баритолампрофиллит по ИК-спектрам идентичны этим минералам из других массивов и однозначно отличаются от набалампрофиллита.

Проявления набалампрофиллита в Ковдоре, Кольский полуостров. Набалампрофиллит в Ковдорском массиве обнаружен нами при изучении жильных пегматитов, залегающих в породах «флогопитового комплекса». Эти жилы отмечались многими исследователями, но детально не изучались. Предполагается их связь с Малым Ковдорским массивом нефелиновых сиенитов (Римская-Корсакова, Краснова, 2002).

Ковдорский набалампрофиллит установлен в двух телах пегматитов, различающихся характером фельдшпатоидной минерализации (канкринитовая и нефелиновая).

Таблица 3

Результаты расчета рентгенограммы порошка набалампрофиллита из Инагли

X-ray powder diffraction data for nabalamprophyllite from Inagli

$I_{\text{изм}}$	$d_{\text{изм}}$	$I_{\text{выч}}$	$d_{\text{выч}}$	hkl
96	9.87	45	9.839	200
2	6.73	4	6.698	110
2	4.92	0.5, 05	4.969, 4.920	20 $\bar{1}$, 400
2	4.51	4	4.519	201
29	4.12	25	4.124	111
8	3.86	7	3.856	40 $\bar{1}$
65	3.75	57	3.753	31 $\bar{1}$
2	3.57	11	3.562	020
90	3.45	41, 30	3.457, 3.445	311, 510
18	3.36	14	3.349	220
78	3.275	34	3.280	600
41	3.040	34	3.042	51 $\bar{1}$
16	2.953	7, 11	2.966, 2.953	12 $\bar{1}$, 60 $\bar{1}$
33	2.894	24, 22	2.895, 2.885	22 $\bar{1}$, 420
100	2.797	100	2.797	221
34	2.775	28	2.782	511
33	2.673	33, 12	2.678, 2.672	20 $\bar{2}$, 601
43	2.610	27, 29	2.616, 2.615	42 $\bar{1}$, 710
5	2.473	6, 3, 2	2.485, 2.477, 2.468	40 $\bar{2}$, 421, 112
8	2.450	6, 2, 3	2.456, 2.446, 2.441	71 $\bar{1}$, 52 $\bar{1}$, 31 $\bar{2}$
4	2.410	4	2.413	620
9	2.338	8	2.340	80 $\bar{1}$
10	2.270	9	2.275	312
11	2.233	3, 7	2.233, 2.232	330, 51 $\bar{2}$
15	2.210	6	2.208	60 $\bar{2}$
40	2.143	20, 18, 14	2.150, 2.140, 2.137	02 $\bar{2}$, 22 $\bar{2}$, 621
15	2.084	3, 13	2.091, 2.090	33 $\bar{1}$, 910
10	2.058	9	2.062	222
17	2.027	22, 9	2.033, 2.029	530, 512
13	1.984	14	1.984	71 $\bar{2}$
7	1.962	5	1.955	82 $\bar{1}$
2	1.916	2	1.919	10.0.1
7	1.870	4	1.882	911
6	1.864	6, 2	1.867, 1.863	531, 920
3	1.810	8	1.814	730
9	1.779	23	1.781	040
5	1.752	3	1.753	33 $\bar{2}$
3	1.703	5	1.707	11.1.1
4	1.675	5, 1	1.682, 1.674	10.0.2, 440
8	1.662	8	1.662	513
1	1.635	5, 1, 1	1.640, 1.638, 1.630	313, 722, 403
12	1.604	14, 4	1.605, 1.602	023, 11.1.1
9	1.592	16	1.596	10.2.1
1	1.575	3, 1, 1	1.580, 1.577, 1.573	532, 11.2.1, 423
2	1.558	8	1.558	73 $\bar{2}$
1	1.501	4	1.502	623
6	1.482	6, 14, 4	1.486, 1.483, 1.482	042, 242, 641
11	1.472	22	1.475	12.2.1
2	1.452	12	1.457	732
2	1.434	7	1.434	93 $\bar{2}$
8	1.401	6, 3	1.406, 1.400	14.0.0, 12.2.1
2	1.353	6, 4, 2	1.356, 1.356, 1.352	204, 351, 11.3.1

Примечание. Величины $I_{\text{выч}}$ рассчитаны из структурных данных.

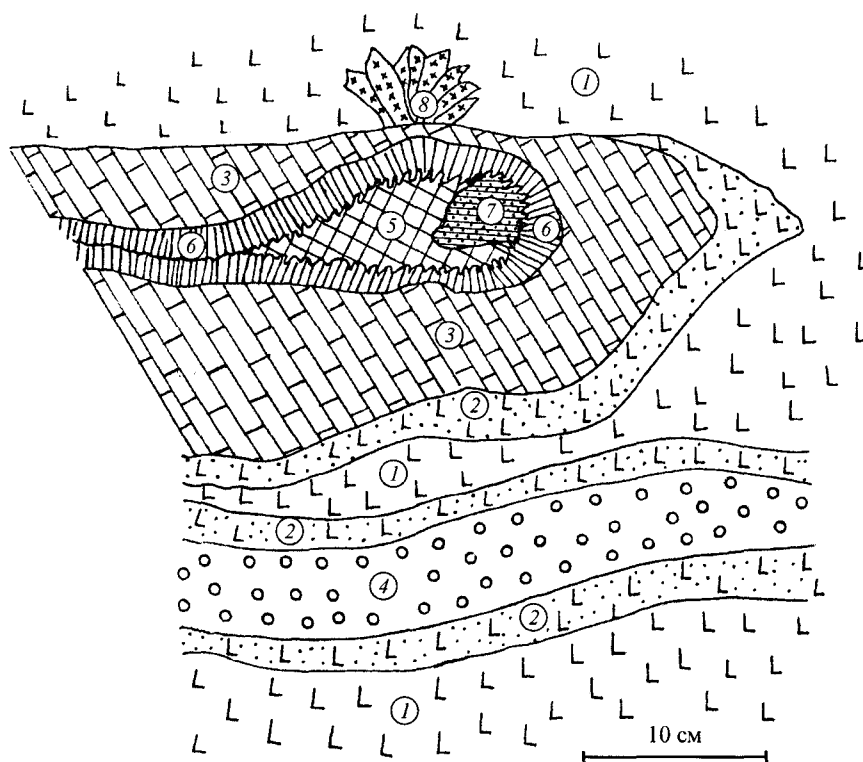


Рис. 2. Схема строения коренного проявления набалампрофиллита (Ковдор, Флогопитовое месторождение).

1 — мелилито-флогопито-оливино-диопсидовая порода; 2 — сходная порода, но более обогащенная диопсидом и флогопитом; 3 — кальцитовый карбонатит; 4 — канкринито-щелочнопироксеновая жильная порода с цеолитами, набалампрофиллитом и эвдиалитом; 5 — пектолит-канкринито-ортоклазо-фелдичевитовый пегматит; 6 — щелочнопироксеновая оторочка; 7 — гнездо пектолита; 8 — гнездо флогопита.

Fig. 2. Scheme of nabalamprophyllite occurrence (Kovdor, Phlogopite Mine).

Пегматит, обнажающийся в борту карьера, имеет форму жилы (4 на рис. 2) мощностью 7—10 см, залегающей в диопсидо-оливиновой породе и прослеженной на 2.5 м. Пегматит сечет линейную зону пектолит-везувиановых скарноидов и контактирует с кальцитовым карбонатитом, содержащим флогопит, диопсид, пирротин и апатит. По данным рентгено-флюоресцентной спектроскопии, кальцит карбонатита содержит 0.7 мас.% SrO. Подобные содержания SrO (0.5—1.3, среднее 0.8 мас.% — см. Соколов, 1996) характерны для кальцита ранних карбонатитов. В зоне контакта пегматита с карбонатитом образовался гигантозернистый агрегат эгирин-диопсида, ортоклаза и эвдиалита.

В поперечном разрезе жилы можно выделить три зоны.

1. Мелкозернистая пироксено-флогопитовая оторочка.
2. Мелкозернистая порода, состоящая преимущественно из эгирин-диопсида и канкринита и содержащая набалампрофиллит, лоренценит, пирротин, апатит; изредка наблюдаются крупные (до 4 см) кристаллы канкринита (ан. 20).
3. Осевая часть; проявлена в виде отдельных линз крупно- и гигантокристаллических агрегатов натролита (ан. 19), пектолита и томсонита-Са (ан. 18). В этой зоне выделяется комплекс относительно ранних минералов: пектолит, канкринит, пироксены (железистый диопсид, геденбергит, эгирин — ан. 15—17), минералы группы эвдиалита (ан. 8—13), набалампрофиллит (ан. 2—4), пирротин, луешит (ан. 23), лоренценит, рентгеноаморфный Ca, Th-силикат (ан. 14). В мелких полостях и в виде

псевдоморфоз по ранним минералам развиваются поздние, имеющие гидротермальное происхождение: томсонит-Са, натролит, мезолит, сколецит, шабазит, кальцит, тоберморит, тахеренит, кафетит (ан. 22), сфалерит и галенит.

Кристаллы пироксена из тесной ассоциации с набалампрофиллитом зональны: внешние зоны отвечают геденбергиту, внутренние — диопсиду; с луешитом ассоциирует Са-эгирин (табл. 2). Канкринит образует желтовато-зеленые призматические кристаллы длиной до 3 см, которые с поверхности замещаются агрегатом натролита, а по трещинам — томсонитом, вплоть до образования полных псевдоморфоз. Пектолит формирует обычно бесцветные призматические кристаллы длиной до 15 см. По отношению к канкриниту, пироксену и эвдиалиту он является более поздним. Эвдиалит формирует изометричные кристаллы до 4 см, расположенные в агрегатах пектолита, натролита, томсонита, и ксеноморфные обособления среди канкринита. Как правило, кристаллы эвдиалита зональны: центральная часть их светло-красная или светло-коричневая, а краевая — коричневая до черной. Черные зоны характеризуются пониженными содержаниями железа (ан. 9, 10). Коричневые до желтых зон сложены фекличевитом, который, вероятно, имеет реакционную природу. Фекличевит (ан. 11—13) встречается здесь также в виде трещиноватых красно-коричневых изометричных зерен (до 2 см) среди томсонита. Кафетит встречен в виде светло-коричневой псевдоморфозы по пластинчатому кристаллу (судя по форме, ломоносавита или мурманита).

Набалампрофиллит образует агрегаты (площадью до нескольких квадратных сантиметров) пластинчатых кристаллов, выросших на пектолит и канкринит, обнаруживая признаки совместного роста с пектолитом. Характерны закономерные сростки кристаллов набалампрофиллита и лоренценита, в которых направления удлинения индивидов обоих минералов совпадают.

В 10—15 см над описанным жильным телом находятся отделенные от него кальцитовым карбонатитом будинообразные блоки гигантозернистой породы существенно более лейкократового состава (рис. 2). Внутренняя часть блоков сложена таблитчатыми кристаллами сероватого ортоклаза (35—40 %), призматическими кристаллами желто-зеленого канкринита (35—40 %) и досковидными зернами пектолита (~20 %); в малых количествах присутствуют эгирин-диопсид, фекличевит, титанит, пирротин и Са,Th-силикат. Блоки обрастают друзовыми оторочками эгирин-диопсида. В штуфах аналогичной породы, найденных в отвалах карьера, был впервые установлен фекличевит (Пеков и др., 2001).

В отвалах этого же карьера была найдена глыба с пегматитовой жилой, содержащей набалампрофиллит в другой ассоциации. Вмещающей породой в данном случае послужил крупнозернистый пироксенит с небольшим количеством флогопита. Жила имеет мощность 3—4 см и резкие контакты, по которым местами развит мелкочешуйчатый флогопит. Краевые части жилы сложены агрегатом серо-зеленого нефелина (частично натролитизированного) с вростками эгирин-диопсида, а центральная часть образована зернами пектолита с подчиненными количествами нефелина и пироксена. Из акцессорных минералов встречаются набалампрофиллит, образующий агрегаты пластинчатых кристаллов и радиально-лучистые сростки до 1 см, лоренценит, титанит и эвдиалит.

Описанные пегматиты с набалампрофиллитом отличаются друг от друга в первую очередь количеством кальция, что порождает и различия в их минеральном составе. Пегматит, попавший в более реакционноспособную известковистую среду, — карбонатиты, мелилитовые и везувиановые породы — оказывается сильнее обогащенным кальцием. По сути, мы имеем дело со своеобразным «щелочным пегматитом скрещения», в котором появляются кальцийсодержащие «заместители» натриевых минералов: вместо нефелина кристаллизуется канкринит, вместо эгирина — эгирин-диопсид, вместо эвдиалита (или вместе с ним) — фекличевит, обилён пектолит. Наибольшая активность кальция достигается на позднегидротермальной стадии. Набалампрофиллит — сравнительно ранний минерал, но он оказался весьма устойчивым к воздействию высококальциевых гидротермальных растворов, благодаря чему в неизмененном виде сохранился среди низкотемпературных новообразований.

Заключение. Группа лампрофиллита, ранее включавшая лишь лампрофиллит (политип 2M), изоструктурный с ним баритолампрофиллит-2M, редкий ромбический политип лампрофиллит-2Q (Johnsen, 1996), а также не проходивший апробации в КНМНМ ММА калиевый аналог баритолампрофиллита-2M (Расцветаева, Дорфман, 1995), пополнилась новым членом — низкосимметричным катионно-упорядоченным набалампрофиллитом, обнаруженным в специфических агпаитовых пегматитах, связанных с двумя щелочно-ультраосновными массивами.

Одной из особенностей нового минерала является его резкая обедненность стронцием. По всей видимости, это явление имеет кристаллохимическую, а не геохимическую причину: как Инагли, так и Ковдор характеризуются высокими содержаниями Sr в породах, а в ассоциации с инаглинским набалампрофиллитом находится стронцийапатит. Веским аргументом в пользу этой точки зрения является также присутствие в пегматитах Инагли членов ряда лампрофиллит—баритолампрофиллит с обычными для этих минералов соотношениями Ba и Sr (табл. 4). Эти факты указывают на значительные различия в кристаллохимии бария и стронция, во многом определяющие поведение этих элементов в природных процессах. Геохимическая история стронция на ранних стадиях эволюции щелочных комплексов тесно связана с кальцием, а бария — с калием, в щелочных пегматитах и гидротермалитах Ba и Sr образуют многочисленные собственные минералы. При этом минералы, в которых барий и стронций одновременно присутствуют в значительных количествах (члены рядов лампрофиллит—баритолампрофиллит, бербанкит—ханнешит, пироксены, бруксит и Sr-барит), значительно уступают как по числу, так и по массе минералам, в которых резко доминирует один из этих элементов (Пеков и др., 2000). Ярчайший пример селективных концентраторов Ba, практически не содержащих Sr, — слоистые титаносиликаты. Среди них только члены ряда лампрофиллит—баритолампрофиллит накапливают Sr. Многообразие же чисто бариевых представителей несравнимо шире: это бафертисит, хейтманит, перротит, цзиньшацзянит, делиндеит, иннелит, иошимураит, борнеманит, буссенит (Fengaris e. a., 2001) и сурхобит. Теперь к ним добавился набалампрофиллит, оказавшийся представителем «типичных», т. е. селективно бариевых, слоистых

Таблица 4

Сравнительные данные для минералов ряда лампрофиллит-баритолампрофиллит и набалампрофиллита

Comparative data for minerals of the lamprophyllite-barytolamprophyllite series and nabalamprophyllite

Характеристика	Минералы ряда лампрофиллит-баритолампрофиллит	Набалампрофиллит
Упрощенная формула	$(\text{Sr}, \text{Ba})_2\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2](\text{OH})_2\}$	$\text{Ba}(\text{Na}, \text{Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2](\text{OH})_2\}$
Симметрия	Моноклинная	Моноклинная
Пространственная группа	$C2/m$	$P2/m$
a (Å)	19.4—20.1	19.741
b (Å)	7.1	7.105
c (Å)	5.4	5.408
β , град.	96.6—96.8	96.67
Диагностические полосы в ИК-спектре (см^{-1})	945—945,588—875 (две полосы в диапазоне 800—1000 см^{-1})	954, 921, 854 (три полосы в диапазоне 800—1000 см^{-1})
Источники	Peng Tze-Chung, Chang Chien-Hung, 1965; Peng Zhizhong e. a., 1984; Расцветаева и др., 1990, 1995; Расцветаева, Дорфман, 1995; Настоящая работа	Расцветаева, Чуканов, 1999; Настоящая работа

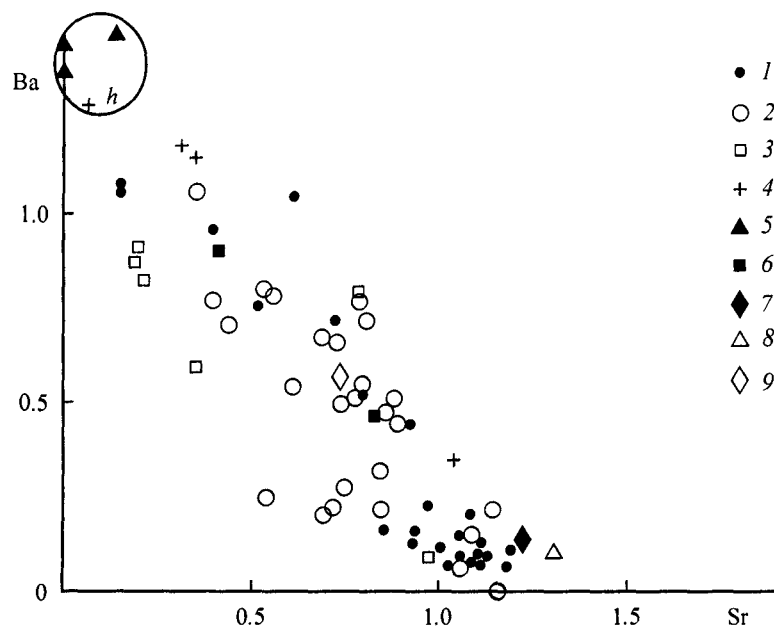


Рис. 3. Содержания Ba и Sr в минералах группы лампрофиллита (формульные коэффициенты, на 4 атома Si + Al).

1 — Ловозеро (частично — Беляевская, Боруцкий, 1993); 2 — Хибинь (частично — Костылёва-Лабунцова и др., 1978; Беляевская, Боруцкий, 1993); 3 — Мурунский массив (Расцветаева, Дорфман, 1995; Конев и др., 1996); 4 — Инагли (частично — Ефимов и др., 1963); 5 — Ковдор; 6 — Гардинский комплекс, Восточная Гренландия (Johnsen, 1996); 7 — Кондёрский массив; 8 — горы Берпо, Монтана, США; 9 — Турый мыс, Кольский п-ов. Выделена область составов набалампрофиллита. Буквой *h* отмечен голотип.

Fig. 3. Contents of Ba and Sr in lamprophyllite group minerals, atoms per 4(Si + Al).

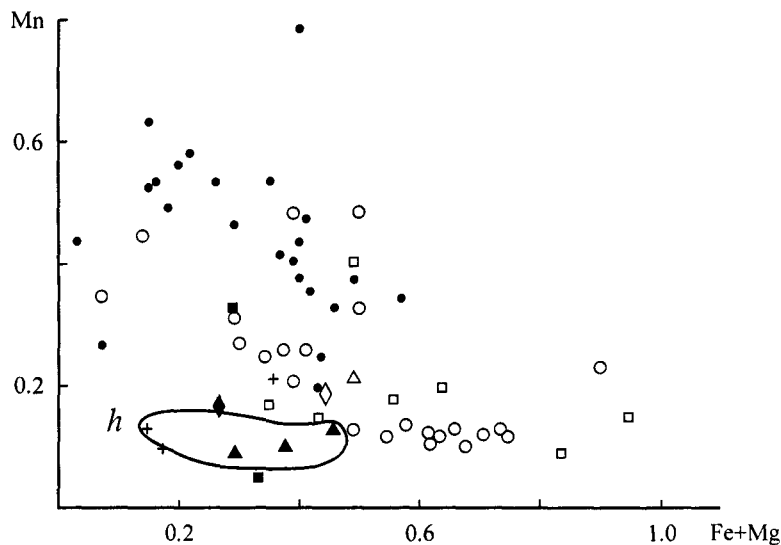


Рис. 4. Содержания Mn и (Fe + Mg) в минералах группы лампрофиллита (обозначения согласно рис. 3). Выделена область составов набалампрофиллита.

Fig. 4. Contents of Mn and (Fe + Mg) in lamprophyllite group minerals.

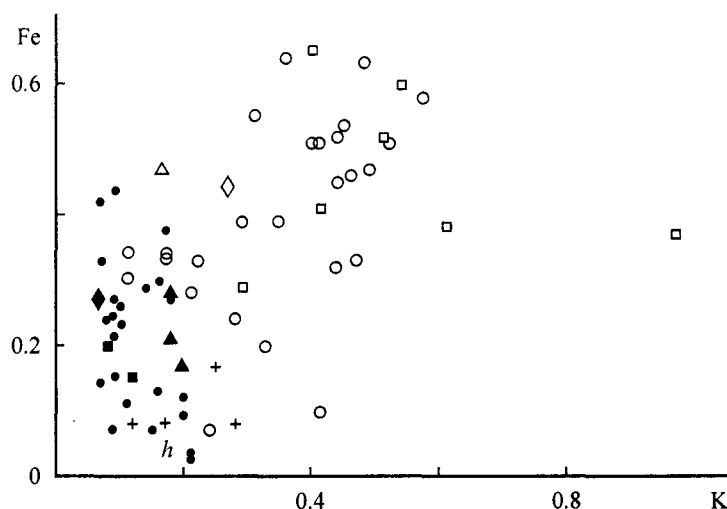


Рис. 5. Содержания Fe и K в минералах группы лампрофиллита (обозначения согласно рис. 3).

Fig. 5. Contents of Fe and K in lamprophyllite group minerals.

титаносиликатов, тогда как лампрофиллит является собой в этом отношении исключением.

В заключение отметим некоторые общие особенности составов минералов группы лампрофиллита. Была выполнена статистическая обработка значений коэффициентов атомов в формулах представителей этой группы из пегматитов девяти щелочных комплексов. Она выявила наличие отрицательной корреляции между Ba и Sr (коэффициент корреляции $K = -0.88$), а также слабо выраженных корреляций Ba—K ($K = -0.58$); K—Fe ($K = +0.59$); Fe—Mn ($K = -0.54$) — см. рис. 3—5. Другие пары компонентов не дают значимых корреляций ($K < 0.5$). По-видимому, корреляция Fe—Mn имеет геохимическую природу (в частности, в этих координатах обособляются поля составов для пегматитов Ловозера и Хибин). Остальные корреляции, скорее всего, обусловлены кристаллохимическими причинами.

Голотипный образец набалампрофиллита хранится в Геологическом музее Института геологии и геофизики СО РАН (Новосибирск) — номер XIII-274/1; образцы котипа — в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН (Москва), № 90837 и 90843.

Авторы благодарны С. В. Соколову за ценные консультации, а также А. Н. Некрасову и А. Е. Задову за помощь в диагностике минералов. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 01-05-64739 и 03-05-64054).

Список литературы

- Белявская Г. П., Боруцкий Б. Е. Соответствие между реальным химическим составом и кристаллической структурой лампрофиллита // Докл. РАН. 1993. Т. 328. № 1. С. 90—93.
- Ефимов А. Ф., Кравченко С. М., Власова Е. В. К минералогии щелочных пегматитов Инаглинского массива // Тр. ИМГРЭ. 1963. В. 16. С. 141—175.
- Иванюк Г. Ю., Яковенчук В. Н., Пахомовский Я. А. Ковдор. Апатиты, 2002. 320 с.
- Конев А. А., Воробьев Е. И., Лазебник К. А. Минералогия Мурунского щелочного массива. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. 222 с.
- Костылева-Лабунцова Е. Е., Боруцкий Б. Е., Соколова М. Н., Шлюкова З. В., Дорфман М. Д., Дудкин О. Б., Козырева Л. В. Минералогия Хибинского массива. Т. 2. М., 1978. 586 с.
- Лазебник К. А., Заякина Н. В., Пацкевич Г. П. Бесстронциевый лампрофиллит — новый член группы лампрофиллита // Докл. РАН. 1998. Т. 361. № 6. С. 799—802.
- Минералы. Справочник. Т. III. Вып. I. М., 1972. 883 с.

Пеков И. В., Екименкова И. А., Чуканов Н. В., Расцветаева Р. К., Кононкова Н. Н., Пекова Н. А., Задов А. Е. Фекличевит $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$ — новый минерал группы эвдиалита из Ковдорского массива, Кольский п-ов // ЗВМО. 2001. № 3. С. 55—65.

Пеков И. В., Чуканов Н. В., Турчкова А. Г. О минералогии и поведении бария в дифференциатах щелочных пород Хибинского массива (Кольский полуостров) // Матер. XIX Всероссийского семинара «Геохимия магматических пород». М., 2000. С. 111—112.

Расцветаева Р. К., Дорфман М. Д. Кристаллическая структура Ва-лампрофиллита в изоморфном ряду лампрофиллит—баритоллампрофиллит // Кристаллография. 1995. Т. 40. № 6. С. 1026—1029.

Расцветаева Р. К., Евсюнин В. Г., Конев А. А. Кристаллическая структура К-баритоллампрофиллита // Кристаллография. 1995. Т. 40. № 3. С. 517—519.

Расцветаева Р. К., Соколова М. Н., Гусев А. И. Уточненная кристаллическая структура лампрофиллита // Минер. журн. 1990. Т. 12. № 5. С. 25—28.

Расцветаева Р. К., Чуканов Н. В. Кристаллическая структура нового высокобариевого аналога лампрофиллита с примитивной ячейкой // Докл. РАН. 1999. Т. 368. № 4. С. 492—495.

Римская-Корсакова О. М., Краснова Н. И. Геология месторождений Ковдорского массива. СПб., 2002. 144 с.

Соколов С. В. Породообразующие карбонаты карбонатитов и сопутствующих пород. Отдельный выпуск серии «Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых». М.: Геоинформмарк, 1996. 56 с.

Яковенчук В. Н., Иванюк Г. Ю., Пахомовский Я. А., Меньшиков Ю. П. Минералы Хибинского массива. М., 1999. 320 с.

Ferraris G. Polysomatism as a tool for correlating properties and structure // Merlino, S. (ed.): Modular aspects of minerals // EMU notes in mineralogy. 1997. Vol. 1. P. 275—295.

Ferraris G., Ivaldi G., Pushcharovsky D. Yu., Zubkova N. V., Pekov I. V. The crystal structure of delindeite, $\text{Ba}_2\{(\text{Na}, \text{K}, \square)_3(\text{Ti}, \text{Fe})[\text{Ti}_2(\text{O}, \text{OH})_4\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{H}_2\text{O}, \text{OH})_2\}$, a member of the meso-pleisotype bafertisite series // Canad. Miner. 2001. Vol. 39. P. 1307—1316.

Johnsen O. TEM observations and X-ray powder data on lamprophyllite polytypes from Gardiner Complex, East Greenland // N. Jb. Miner. Mh. 1996. H. 9. P. 407—417.

Peng Tze-Chung, Chang Chien-Hung. New varieties of lamprophyllite—barytolamprophyllite and orthorhombic lamprophyllite // Scientia Sinica. 1965. Vol. 14. P. 1827—1840.

Peng Zhizhong, Zhang Jianhong, Shu Jinfu. The crystal structure of barytolamprophyllite // Kexue Tongbao. 1984. Vol. 29. P. 237—241.

Поступила в редакцию
13 мая 2003 г.