

© Н. В. ЧУКАНОВ,\* д. чл. И. В. ПЕКОВ,\*\* Н. И. ГОЛОВИНА,\*  
А. Е. ЗАДОВ,\*\*\* В. В. НЕДЕЛЬКО\*

КУЗЬМЕНКОИТ  $K_2(Mn, Fe)(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(OH)_4 \cdot 5H_2O$  —  
НОВЫЙ МИНЕРАЛ<sup>1</sup>

N. V. CHUKANOV, I. V. PEKOV, N. I. GOLOVINA, A. E. ZADOV, V. V. NEDELKO. KUZMENKOITE  
 $K_2(Mn, Fe)(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(OH)_4 \cdot 5H_2O$ , A NEW MINERAL

\* Институт проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка  
\*\* Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы горы  
\*\*\* НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, б. к. 302

Kuzmenkoite, a new mineral with labuntsovite-type structure, has been found as yellow, transparent prismatic crystals up to 1.5 mm in size in hydrothermally altered murmanite lujavrite at Flora Mt., Lovozero alkaline massif, Kola peninsula, Russia, together with labuntsovite, natrolite, calciohilairite, aegirine, eudialyte, lorezenite, murmanite, feldspar, etc. Lustre vitreous, streak white, cleavage non-perfect, Mohs' hardness 5. Kuzmenkoite is biaxial, positive,  $2V_{calc} = 26(9)^\circ$ ,  $\alpha 1.683(1)$ ,  $\beta 1.687(2)$ ,  $\gamma 1.775(2)$ , dispersion is medium,  $r > v$ . Crystal forms: {010}, {100}, {001}, {−201}, {−301}, {110}, {021}. The crystal structure of kuzmenkoite (for a monocrystal,  $R = 4.1\%$ ) contains only 2 sites for extra-framework cations unlike labuntsovite. For this reason, kuzmenkoite is practically sodium-free mineral. Monoclinic, space group  $C2/m$ ,  $a = 14.369(3)$ ,  $b = 13.906(3)$ ,  $c = 7.812(1) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 117.09(2)^\circ$ ,  $V = 1389.8(5) \text{ \AA}^3$ . The strongest lines of X-ray powder diagram [ $d(hkl)$ ] are: 6.98(100)(001), 6.35(65)(020), 3.20(90)(400), 3.11(75)(022), 2.49(65)(4.0.–3).  $D_{meas} = 2.67(2)$ ,  $D_{calc} = 2.63(1) \text{ g/cm}^3$ . An important diagnostic characteristic of kuzmenkoite is IR spectrum. Chemical composition of holotype (wt %, electron probe, mean over 10 analyses,  $H_2O$  content was determined from thermal data):  $Na_2O$  0.64,  $K_2O$  7.33,  $BaO$  1.17,  $MgO$  0.31,  $MnO$  4.06,  $FeO$  1.18,  $TiO_2$  25.78,  $SiO_2$  43.61,  $Nb_2O_5$  4.89,  $H_2O$  10.93, Total 99.90. Empirical formula:  $(K_{3.43}Na_{0.46}Ba_{0.17})(Mn_{1.26}Fe_{0.36}Mg_{0.17})(Ti_{7.11}Nb_{0.81})[Si_4O_{12}]_4(OH)_{7.70}O_{0.30} \cdot 9.54H_2O$  ( $Z = 1$ ). Idealized formula:  $K_2(Mn, Fe)(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(OH)_4 \cdot 5H_2O$  ( $Z = 2$ ). The mineral is named after M. V. Kuz'menko (1918—1995), a specialist in geochemistry and mineralogy of rare elements, a researcher of Lovozero massif. The standard specimen of kuzmenkoite is in the Fersman mineralogical museum, Moscow.

Минералы, описываемые под названиями «лабунцовит» и «ненадkevичит», характеризуются значительными колебаниями химического состава и тесно связанными с этим вариациями в кристаллической структуре. Детальные кристаллохимические исследования, проводившиеся в последние годы (Расцветаева и др., 1994, 1996, 1997), позволяют уверенно говорить о существовании целого семейства лабунцовита—ненадkevичита, объединяющего минералы с единым структурным типом, но различающиеся между собой по симметрии, набору катионов и распределению их по позициям структуры.

Новый минерал существенно отличается от всех других членов семейства не только по химическому составу, но и по ряду важных особенностей структуры. Этот минерал найден в гидротермалитах Ловозерского щелочного массива на Кольском полуострове. Он назван кузьменкоитом (kuzmenkoite) в память о Марии Васильевне Кузьменко (1918—1995), известном специалисте в области геохимии и минералогии редких элементов, активном исследователе Ловозерского массива, первооткрывателе ненадkevичита.

Кузьменкоит был впервые обнаружен в образцах, собранных в 1984 г. одним из авторов (И. В. Пековым) на горе Флора — северном отроге горы Сэлсурт, расположенной в северной части Ловозерского массива. Минерал находится в мелких полостях серых альбитизированных мурманитовых лужавритов, где входит в состав позднегидротермального минерального парагенезиса вместе с натролитом, лабунцовитом, кальциоилеритом, виноградовитом, карбонат-фторопатитом. В этих

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 8 октября 1998 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 8 февраля 1999 г.

Таблица 1

Простые формы кузьменкоита  
Crystal formes of kuzmenkoite

(hkl)	Сферические координаты			
	вычисленные		измеренные	
	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
001	90°	27°05'	90 ± 0.5°	26.5 ± 0.5°
100	90°	90°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°
010	0°	90°	0 ± 0.25°	90 ± 0.25°
110	47°24'	90°	48 ± 1°	90 ± 0.5°
-201	-90°	35°31'	-90 ± 0.5°	36 ± 1°
-301	-90°	52°26'	-90 ± 0.5°	52 ± 0.5°
021	24°30'	50°58'	25 ± 1°	50 ± 1°

образцах также присутствуют более ранние эгирин, альбит, эвдиадит, лоренценит, мурманит, магнезиоарфведсонит, микроклин и нефелин. Наросшие на стенки полостей призматические, нередко расщепленные кристаллы нового минерала достигают 1.5 мм в длину. Чуть позже кузьменкоит был установлен здесь же в виде массивных псевдоморфоз по мурманиту, в полостях которых встречаются кристаллы до 1 мм, зачастую скелетные с развитыми гранными формами.

Проведенные с помощью двукружного гониометра ГД-1 измерения (табл. 1) показали, что на кристаллах кузьменкоита присутствуют грани пинакоидов {010}, {100}, {001}, {-201}, {-301} и ромбических призм {110} и {021} (рис. 1); класс симметрии  $2/m$ . Интересны нередко встречающиеся параллельные сростки, представляющие собой автоэпитаксию низкониобиевой обогащенной железом разновидности кузьменкоита (укороченные желтые кристаллы с более простой огранкой) на длиннопризматических темно-оранжевых кристаллах высокониобиевой разновидности этого же минерала (рис. 1, 2 и 2; табл. 2).

Кузьменкоит прозрачный, окраска варьирует от почти бесцветной через желтую разных оттенков до темно-оранжевой. Блеск стеклянный, черта белая. Спайность несовершенная в нескольких направлениях, излом неровный. Твердость по Моосу около 5. Минерал оптически двусный, положительный, вычисленный угол оптических осей составляет 26(9)°. Показатели преломления:  $N_p = 1.683(1)$ ,  $N_m = 1.687(2)$ ,  $N_g = 1.775(2)$ . Дисперсия оптических осей средняя,  $r > v$ . Плеохроизм:  $N_p$  и  $N_g$  — бесцветный,  $N_m$  — желтый.

Катионный состав кузьменкоита изучен рентгеноспектральным методом (аналитик А. Н. Некрасов), содержание воды определено по потере массы при нагревании (табл. 2). Пересчет среднего химического состава голотипного образца (табл. 2, ан. 1) с учетом структурных данных (Головина и др., 1998) приводит к следующей эмпирической формуле — для  $(\text{Si}_4\text{O}_{12})_4(\text{OH}, \text{O})_8$  —  $(\text{K}_{3.43}\text{Na}_{0.46}\text{Ba}_{0.17})_{4.06}(\text{Mn}_{1.26}\text{Fe}_{2.36}\text{Mg}_{0.17})_{1.79}(\text{Ti}_{7.11}\text{Nb}_{0.81})_{7.92}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_4[(\text{OH})_{7.70}\text{O}_{0.30}] \cdot 9.54\text{H}_2\text{O}$ ,  $Z = 1$ . Установлена также высокониобиевая разновидность кузьменкоита (табл. 2, ан. 2). В итоге упрощенная формула минерала такова:  $\text{K}_2(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Ti}, \text{Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $Z = 2$ . Двухвалентное состояние марганцу и железу приписано в соответствии с результатами рентгеноструктурного анализа — расстояниями (Mn, Fe)—O и локальным балансом валентностей (Головина и др., 1998).

Кузьменкоит — единственный практически безнатриевый член семейства лабунцовита—ненадкевичита ( $\text{Na} < 0.5$ —1 ф. е.). После получения первых анализов минерала авторы предположили, учитывая структурное сходство минералов этого семейства с цеолитами, что обнаружена декатионированная разновидность лабунцовита. Однако совершенно «свежий» вид прозрачных кристаллов нового минерала, срастания их с кристаллами нормального Na-содержащего лабунцовита и

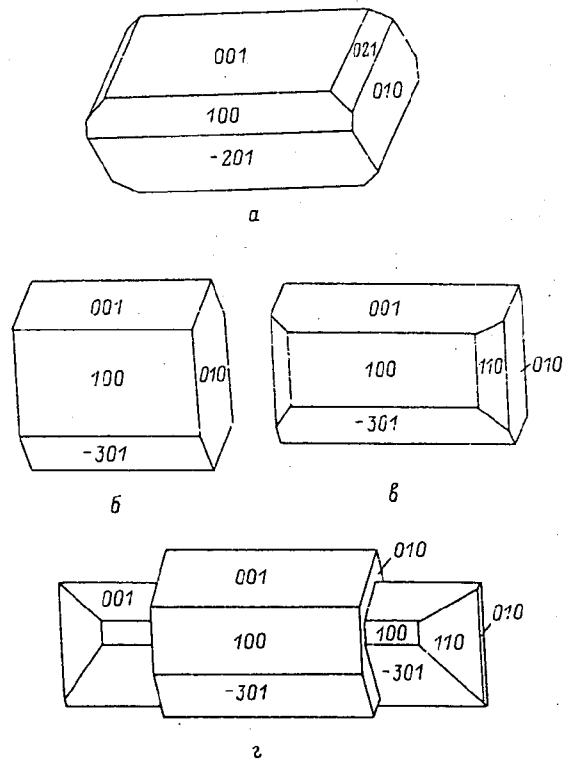


Рис. 1. Кристаллы кузьменкоита.

*a* — из псевдоморфоз по мурманиту, *b—z* — из полостей в измененных мурманитовых лувритах; *a—в* — одиночные кристаллы, *z* — автоэпитаксический сросток кристаллов двух разновидностей кузьменкоита, различающихся по величине Ti/Nb отношения.

Fig. 1. Crystals of kuzmenkoite.

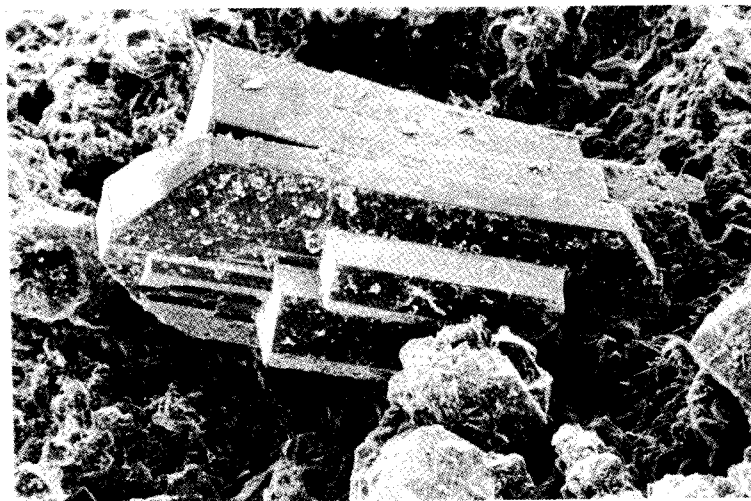


Рис. 2. Автоэпитаксический сросток кристаллов двух разновидностей кузьменкоита (рис. 1, *z*). РЭМ-фото, увел. 200.

Fig. 2. Epitaxial growth of kuzmenkoite crystals (1, *z*). SEM-photo. Mag. 200.

Таблица 2

Химический состав (мас.%) кузьменкоита  
Chemical composition (wt %) of kuzmenkoite

Компонент	Анализ		
	1	2	3
Na <sub>2</sub> O	0.64 (± 0.2)	0.64	1.04
K <sub>2</sub> O	7.33 (± 0.5)	6.59	6.26
CaO	0.00	0.27	0.00
BaO	1.17 (± 0.3)	0.72	0.62
MgO	0.31 (± 0.05)	0.12	0.61
MnO	4.06 (± 0.3)	4.54	3.43
FeO	1.18 (± 0.1)	0.44	1.64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.15	0.08
SiO <sub>2</sub>	43.61 (± 1.2)	40.09	42.57
TiO <sub>2</sub>	25.78 (± 1.2)	17.97	26.61
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.82 (± 1.8)	14.76	4.18
H <sub>2</sub> O	10.93	Не опр.	Не опр.
Сумма	99.90	86.29	87.04

Формульные коэффициенты (для Si<sup>IV</sup> + Al = 16, Z = 1)

Na	0.46	0.49	0.76
K	3.43	3.34	2.99
Ca	—	0.11	—
Ba	0.17	0.11	0.09
Mg	0.17	0.07	0.34
Mn	1.26	1.53	1.09
Fe	0.36	0.15	0.51
Al	—	0.07	0.04
Si	16.00	15.93	15.96
Ti	7.11	5.37	7.29
Nb	0.81	2.65	0.71
ОН	7.70	5.57	7.52
H <sub>2</sub> O	9.54	Не опр.	Не опр.

Примечание. 1 — голотипный образец, средний состав по 10 точечным электронно-зондовым анализам (в скобках даны стандартные отклонения); ан. 2, 3 — автоэпитаксический сросток (рис. 1,  $\varepsilon$  и 2): ан. 2 — центральный длиннопризматический кристалл, ан. 3 — нарастающий укороченный кристалл. Содержания Sr, Zn, Zr, Та — везде менее 0.01–0.05 %. Формульный коэффициент для (ОН) группы вычислен по балансу зарядов.

характер ИК-спектров заставили в этом усомниться. Действительно, как будет показано ниже, почти полное отсутствие натрия в кузьменкоите имеет четкие структурные предпосылки.

Кристаллическая структура кузьменкоита расшифрована на монокристалле размерами 0.05 × 0.15 × 0.2 мм (дифрактометр КМ-4, массив 2275 независимых рефлексов).  $R_{\text{анализ}} = 0.041$ . Параметры элементарной ячейки:  $a = 14.369$  (3),  $b = 13.906$  (3),  $c = 7.812$  (1) Å,  $\beta = 117.09$  (2)°,  $V = 1389.8$  (5) Å<sup>3</sup>, пространственная группа  $C2/m$  (Головина и др., 1998).

В основе структуры кузьменкоита (рис. 3) лежит каркас, образованный гофрированными цепочками Ti(Nb)—О—октаэдров (M<sup>I</sup>), четырехчленными кольцами Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub> и дополнительными («сшивающими») M<sup>II</sup>-октаэдрами. С учетом рассеивающей способности атомов, среднего расстояния M<sup>II</sup>—О и тепловых параметров, для M<sup>II</sup>-позиции установлено заселение преимущественно Mn<sup>2+</sup> и Fe<sup>2+</sup>. Проверка предположений о вхождении в M<sup>II</sup>-октаэдры других элементов (Ti, Nb) приводит к существенному воз-

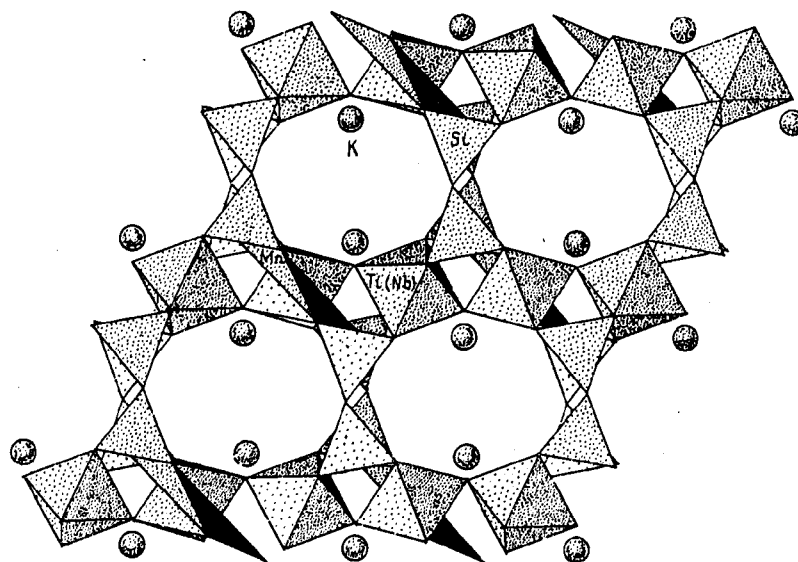


Рис. 3. Кристаллическая структура кузьменкоита (проекция на плоскость  $ac$ ; показаны только каркас и атомы калия).

Fig. 3. Crystal structure of kuzmenkoite ( $ac$  — projection; only framework and K-atoms are shown).

растанию  $R$ -фактора. Заполнение позиции  $M^{II}$  таково:  $(Mn_{0.65}Fe_{0.1}Mg_{0.1}\square_{1.5})$ . Этот результат хорошо согласуется с выполнением условия локального баланса валентностей. Преимущественное вхождение двухвалентных катионов (Mn, Fe, Mg, Zn) именно в «сшивающий» октаэдр  $M^{II}$  характерно и для лабунцовита (Органова и др., 1981).

Индивидуальной особенностью структуры кузьменкоита, отличающей его от всех прочих членов семейства лабунцовита—ненадкевичита, является искажение каркаса. Это приводит, с одной стороны, к симметризации кремнекислородного цикла (все углы Si—O—Si в структуре кузьменкоита в отличие от лабунцовита близки между собой, их значения лежат в пределах  $138.9$ — $144.6^\circ$ ), а с другой — к исчезновению одной из трех внекаркасных А-позиций, занимаемых в структуре лабунцовита катионами Na, K и Ba. Исчезнувшей является позиция  $A^I$ , характеризующаяся наименьшим объемом и заполняемая в лабунцовите атомами Na. Именно это и объясняет крайне низкое содержание натрия в кузьменкоите. В позиции  $A^{II}$  резко преобладает калий. Позиция  $A^{III}$ , занятая в других лабунцовитоподобных фазах атомами бария или калия (Расцветаева и др., 1996, 1997), в кузьменкоите практически свободна от катионов ( $K_{0.3}$ ), что создает благоприятные условия для заполнения  $M^{II}$ -октаэдра, расположенного на очень небольшом расстоянии от этой позиции (механизм альтернативного заселения позиций  $M^{II}$  и  $A^{III}$  будет рассмотрен позже). Кузьменкоит отличается наибольшей степенью заполненности  $M^{II}$ -октаэдров среди всех известных на сегодняшний день лабунцовитоподобных минералов. Видимо, заселение этой позиции еще и частично компенсирует недостаток положительных зарядов, возникающий за счет дефицита внекаркасных катионов. Кристаллохимическая формула кузьменкоита имеет вид:  $(K_{1.4}Na_{0.2}\square_{0.4})[(H_2O)_{1.7}K_{0.3}](Mn_{0.65}^{2+}Fe_{0.1}^{2+}Mg_{0.1}\square_{0.15})(Ti_{3.5}Nb_{0.5})[Si_4O_{12}]_2(OH)_4 \cdot 4H_2O$ ,  $Z = 2$ . Подробное описание структуры минерала дано Н. И. Головиной с соавт. (1998).

Рентгенограмма порошка кузьменкоита (табл. 3) близка к порошкограммам других моноклинных представителей семейства лабунцовита—ненадкевичита. По ИК-спектру, наоборот, кузьменкоит существенно отличается от прочих членов семейства

Таблица 3

Результаты расчета порошкограммы кузьменкоита  
X-ray powder data on kuzmenkoite

<i>I</i>	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	<i>hkl</i>
9	7.00	6.96	001			1.799	3.3 $\bar{4}$
		6.95	020	2	1.786	1.783	5.5 $\bar{3}$
8	6.33	6.37	2.0 $\bar{1}$			1.781	053
7	4.86	4.92	0.21			1.738	8.0 $\bar{3}$
		4.87	111	2	1.730	1.730	2.6 $\bar{2}$
1	3.82	3.86	031			1.726	014
2	3.38	3.38	012			1.725	072
		3.20	400			1.693	650
10	3.17	3.19	4.2 $\bar{1}$			1.689	8.2 $\bar{1}$
		3.18	4.0 $\bar{2}$	3	1.687	1.687	024
		3.10	022			1.686	081
5	3.08	3.10	0.4 $\bar{1}$			1.685	153
		3.06	240			1.554	8.4 $\bar{3}$
3	3.02	3.05	2.4 $\bar{1}$	4	1.551	1.553	1.7 $\bar{3}$
		3.00	311			1.552	8.2 $\bar{4}$
2	2.93	2.95	1.3 $\bar{2}$	2	1.521	1.525	6.0 $\bar{5}$
		2.91	420			1.524	4.2 $\bar{5}$
1	2.70	2.70	340	0.5	1.455	1.455	7.5 $\bar{4}$
		2.69	5.1 $\bar{2}$			1.454	670
		2.59	2.4 $\bar{2}$			1.421	900
4	2.58	2.59	2.0 $\bar{3}$			1.421	3.9 $\bar{2}$
		2.58	051	2	1.419	1.420	8.6 $\bar{2}$
4	2.47	2.49	4.0 $\bar{3}$			1.418	513
		2.46	042			1.416	8.0 $\bar{5}$
1	2.240	2.242	530	0.5	1.381	1.381	391
		2.238	6.2 $\bar{1}$	1	1.296	1.296	4.0 $\bar{6}$
1	2.128	2.125	6.0 $\bar{3}$	1	1.248	1.248	11.3 $\bar{2}$
2	2.025	2.027	4.4 $\bar{3}$			1.248	591
		2.026	7.1 $\bar{2}$	1.5	1.130	1.131	4.6 $\bar{6}$
2	1.921	1.922	531			1.130	12.0 $\bar{5}$
		1.919	203				
1	1.874	1.873	7.3 $\bar{2}$				
		1.873	4.2 $\bar{4}$				

Примечание. Условия съемки: УР-50, камера РКД 57.3, Fe-излучение.

(рис. 4). Наиболее характерные различия проявляются в областях валентных колебаний мостика Si—O—Si (область 1000—1200 см<sup>-1</sup>) и колебаний воды. Наличие единственного максимума поглощения в области 1000—1200 см<sup>-1</sup> и его высокая частота (1104 см<sup>-1</sup>), очевидно, являются следствием близости углов Si—O—Si и их повышенных величин по сравнению с лабунцовитом. Дублет 1655—1610 см<sup>-1</sup> говорит о наличии двух сортов молекул воды в кузьменкоите, что согласуется с данными структурного анализа. Интенсивная полоса при 3250 см<sup>-1</sup> относится к колебаниям OH-групп, образующих относительно прочные водородные связи.

Плотность кузьменкоита, измеренная методом уравнивания зерна в тяжелых жидкостях, составляет 2.67(2) г/см<sup>3</sup>, рентгеновская — 2.63(1) г/см<sup>3</sup>.

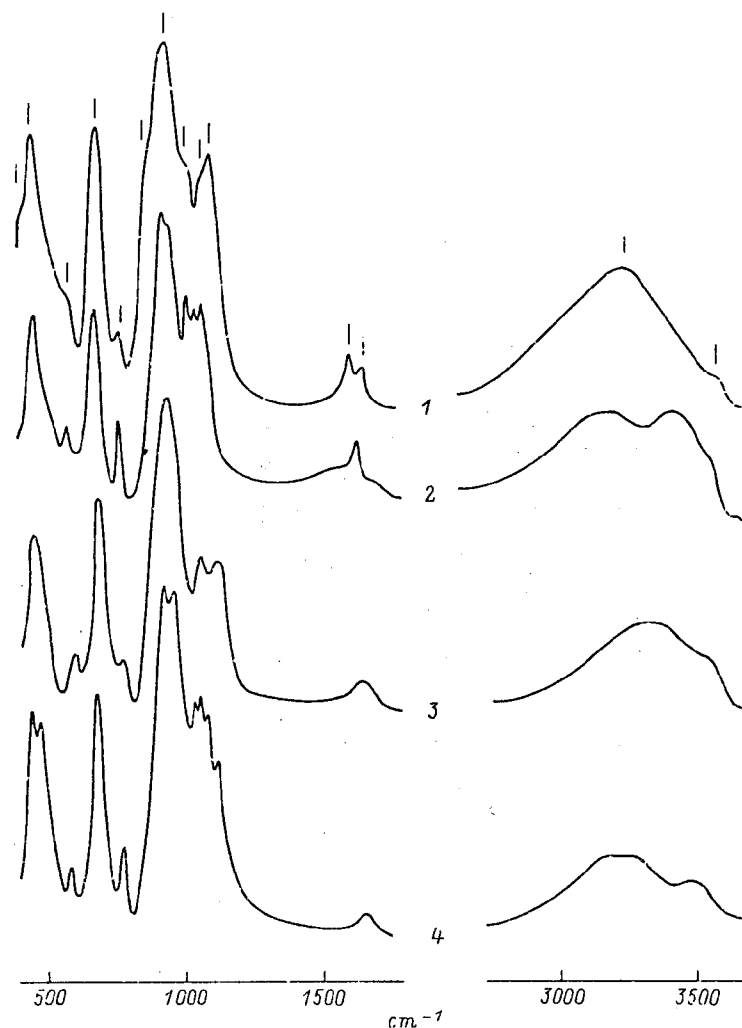


Рис. 4. ИК-спектры кузьменкоита (1), лабунцовита (2), вуориярвита (3) и фазы М69 А. П. Хомякова (4) — см. табл. 4.

Fig. 4. IR spectra of kuzmenkoite (1), labuntsovite (2), vuoriyarvite (3), and phase M69 by A. P. Khomyakov (4) — see table 4.

Точная диагностика кузьменкоита не представляет сложности, поскольку он четко отличается от всех других членов семейства не только своими кристаллохимическими характеристиками (табл. 4), но и свойствами. Кузьменкоит однозначно диагностируется по отсутствию расщеплений и положению полосы Si—O—Si-валентных колебаний (область 1000—1200 см<sup>-1</sup>) и по положению полос поглощения воды — рис. 4. Также он характеризуется наименьшим среди моноклинных членов рассматриваемого семейства значением показателя преломления  $N_g$ .

Эталонные образцы кузьменкоита переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве.

Авторы признательны Л. А. Паутову и Я. В. Кучериненко за помощь. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 97-05-65127.

Сравнительная характеристика кузьменкоита и других моноклиньных минералов семейства лабунцовита—ненадкевичита  
Comparative characteristics of kuzmenkoite and other monoclinic members of labunzovite—nenadkevichite family

Характеристика	Кузьменкоит	Лабунцовит	Фаза М69** А. П. Хомякова	Вуорьярвит
Формула ( $Z = 2$ )	$K_2(Mn, Fe)(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2 \cdot (OH)_4 \cdot 5H_2O$	$Na_2(K, Na)_2(K, Ba, Sr)_2 - 2x Mx \cdot (Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 4 - 8H_2O^*$	$Na_2K_4(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2 \cdot (O, OH)_4 \cdot 4H_2O$	$(K, Na)_4(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2 \cdot (O, OH)_4 \cdot 8H_2O$
Пространственная группа	$C2/m$	$C2/m$	$C2/m$	$Cm$
Параметры элементарной ячейки	14.369 13.906 7.812 117.1	14.29 13.85 7.78 116.8	14.39 13.90 7.825 117.6	14.692 14.164 7.859 117.9
$\beta$ , град				
Заполнение катионных позиций	Позиция отсутствует $K \gg Na$ $\square > K$ $Ti > Nb$ Mn	$Na \gg Ca, K$ $K > Na$ $\square > K, Ba, Sr, H_3O$ $Ti > Nb$ $M2+ > \square$ 2.77	$Na \gg K$ $K \gg Na$ $K \gg Ba$ $Ti > Nb$ $\square > M2+$ 2.71 1118	Не изучено $K \gg Na$ Не изучено $Nb > Ti$ $\square > M2+$ 2.95 1116
Плотность (измеренная)	2.67	—	1076	1065
Диагностические полосы в ИК-спектре ( $cm^{-1}$ )	1104	1051 1021	1053 1035	—
Источники	Настоящая работа: Головина и др., 1998	Органова и др., 1981	Кломутаков, 1995; Расцветова и др., 1996	Rastsvetova e. a., 1994; Субботин и др., 1998

Примечание. \* — в кристаллохимических формулах —  $M = Mn^{2+}, Mg, Fe^{2+}, Zn$ ; \*\* — фаза М69 А. П. Хомякова утверждена КНМНМ ММА как новый минеральный вид в 1997 г. (ИМА N 97-003).



### Список литературы

- Головина Н. И., Шилов Г. В., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура высокомарганцевого аналога лабунцовита // Докл. РАН. 1998. Т. 362. № 3. С. 350—352.
- Органова Н. И., Архипенко Д. К., Диков Ю. П. и др. Структурные особенности новой калийсодержащей разновидности лабунцовита и ее место в семействе лабунцовит—ненадкевичит // Минер. журн. 1981. № 2. С. 49—63.
- Расцветова 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.
- Расцветова Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура аналога лабунцовита с высокой упорядоченностью калия и бария // Докл. РАН. 1997. Т. 357. № 1. С. 64—67.
- Субботин В. В., Волошин А. В., Пахомовский Я. А. и др. Вуориярврит (K, Na)<sub>2</sub>(Nb, Ti)<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>(OH)<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O — новый минерал из карбонатитов массива Вуориярви (Кольский полуостров) // Докл. РАН. 1998. Т. 358. № 4. С. 517—519.
- Khomyakov A. P. Mineralogy of hyperagpaitic alkaline rocks. Oxford: Clarendon Press. 1995. 224 p.
- 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  
5 марта 1999 г.

УДК 549.6

ЗВМО, № 4, 1999 г.  
Proc. RMS, N 4, 1999

© Д. чл. А. Г. БАЖЕНОВ,\* д. чл. Л. Ф. БАЖЕНОВА,\* Т. В. КРИНОВА,\* д. чл. П. В. ХВОРОВ\*\*

## КАЛИЙФЕРРИСАДАНАГАИТ (K, Na)Ca<sub>2</sub>(Fe<sup>2+</sup>, Mg)<sub>3</sub>(Fe<sup>3+</sup>, Al)<sub>2</sub>[Si<sub>5</sub>Al<sub>3</sub>O<sub>22</sub>](OH)<sub>2</sub> — НОВЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ ВИД В ГРУППЕ АМФИБОЛОВ (ИЛЬМЕНСКИЕ ГОРЫ, Ю. УРАЛ)<sup>1</sup>

A. G. BAZHENOV, L. F. BAZHENOVA, T. V. KRINOVA, P. V. KHVOROV. POTASSICFERRISADANAGAIT (K, Na)Ca<sub>2</sub>(Fe<sup>2+</sup>, Mg)<sub>3</sub>(Fe<sup>3+</sup>, Al)<sub>2</sub>[Si<sub>5</sub>Al<sub>3</sub>O<sub>22</sub>](OH)<sub>2</sub>, A NEW MINERAL SPECIES OF THE AMPHIBOLE GROUP (ILMEN MOUNTAIN, THE SOUTH URALS)

\* Институт минералогии УрО РАН, 456301, Миасс, Челябинской обл.  
\*\* Ильменский заповедник УрО РАН, 456301 (Минералогический музей РАН)

Potassicferrisadanagaite is a new mineral species of the amphibole group from Ilmen Mountain, the South Urals. It occurs in the contact zone of Ilmen Alkaline massif, in amphibole syenite as rockforming mineral in association with alkali feldspar, plagioclase, garnet, sphene, apatite. It forms as fine short prismatic grains with forms {110} and {010} up to 1 mm, as coarse poikilitic grain (1.5—3 mm). It is black, streak is greenish-grey. Its crystal is brittle, has cleavage {110}.  $n_x = 5.5$ —6.  $D$  (meas) = 3.44 g/cm<sup>3</sup>.  $D$  (calc) = 3.41 g/cm<sup>3</sup>. Pleochroism: Z — bluish-green, Y — brownish-green, X — brownish-yellow.  $Z > Y \gg X$ . The determination of optical properties is difficult owing to strong absorption.  $c: Z = 20^\circ$ .  $Y = b$ . Biaxial (-).  $2V = 45^\circ$ .  $\alpha = 1.696$ ,  $\gamma = 1.715$ . Potassicferrisadanagaite is monoclinic. Space group  $C2/m$ .  $a = 9.94(2)$ ,  $b = 18.08(3)$ ,  $c = 5.38(1)$  Å,  $\beta = 105.5^\circ(2)$ ,  $V = 932(6)$ . The strongest X-ray diffraction lines: [ $d$ , Å ( $h, k, l$ )]: 8.44 (90.110), 3.405 (25.041), 3.285 (30.240), 3.145 (100.310), 2.823 (26.330), 2.722 (52.151), 2.606 (27.061), 2.579 (25.12-2), 2.356 (24.421), 2.174 (21.261). Wet analysis gives SiO<sub>2</sub> 33.24; TiO<sub>2</sub> 1.58; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18.25; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.25; FeO 16.13; MnO 1.83; MgO 2.31; CaO 10.04; Na<sub>2</sub>O 1.78; K<sub>2</sub>O 3.20; H<sub>2</sub>O\* 1.30; F 0.80; -F<sub>2</sub> = O 0.47, sum 99.38, wt %. The formula (K<sub>0.65</sub>Na<sub>0.25</sub>)<sub>0.92</sub>(Ca<sub>1.78</sub>Na<sub>0.22</sub>)<sub>2.00</sub>(Fe<sub>2</sub>+<sub>2.15</sub>Mg<sub>0.55</sub>Mn<sub>0.25</sub>)<sub>2.95</sub>(Fe<sub>3</sub>+<sub>1.1</sub>Al<sub>0.75</sub>Ti<sub>0.19</sub>)<sub>2.05</sub>[(Si<sub>5.31</sub>Al<sub>2.69</sub>)O<sub>22</sub>](OH<sub>1.39</sub>F<sub>0.40</sub>O<sub>0.21</sub>)<sub>2.00</sub>. Potassicferrisadanagaite (K, Na)Ca<sub>2</sub>Fe<sub>3</sub><sup>2+</sup>Fe<sub>3</sub><sup>3+</sup>[Si<sub>5</sub>Al<sub>3</sub>O<sub>22</sub>](OH)<sub>2</sub> is a Si-poor member of edenite-hastingsite series and ferrianalog of sadanagaite (K, Na)Ca<sub>2</sub>(Fe<sup>2+</sup>, Mg)<sub>3</sub>(Al, Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>[Si<sub>5</sub>Al<sub>3</sub>O<sub>22</sub>](OH)<sub>2</sub>.

Калийферрисаданагаит — это крайне бедный кремнием (< 5.5 Si на стандартную формулу A<sub>0-1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>5</sub>T<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>) кальциевый амфибол эденит-гастингситового ряда. В эденит-паргаситовом ряду, где Fe<sup>3+</sup> < Al<sup>VI</sup>, его аналогом является саданагаит (K,

<sup>1</sup> Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 11 ноября 1997 г.