

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.657

© Д. чл. И. В. ПЕКОВ,* Н. В. ЧУКАНОВ,** А. Е. ЗАДОВ,*** С. В. КРИВОВИЧЕВ,****
Ю. В. АЗАРОВА,***** П. К. БЁРНС,***** Ю. ШНАЙДЕР*****

ОРГАНОВАИТ- $Zn, K_2Zn(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$, НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА¹

I. V. PEKOV, N. V. CHUKANOV, A. E. ZADOV, S. V. KRIVOVICHEV, Yu. V. AZAROVA,
P. C. BURNS, J. SCHNEIDER. ORGANOVAITE- $Zn, K_2Zn(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$,
A NEW MINERAL OF THE LABUNTSOVITE GROUP

* Московский государственный университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

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

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

**** Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург,
Университетская наб., 7/9

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

***** Dept. of Civil Engineering and Geol. Sci. 156 Fitzpatrick, Univ. of Notre Dame,
Notre Dame IN 46556-0767, USA

***** Институт кристаллографии Мюнхенского университета, Theresienstrasse 41, D-80333,
Muenchen 2, Germany

Organovaite- Zn , a new mineral of the labuntsovite group has been found in large alkaline pegmatite at Karnasurt Mount, Lovozero massif, Kola peninsula, Russia. It occurs as coarse prismatic crystals up to $4 \times 0.5 \times 0.5$ mm and massive pseudomorphs after vuonnemite up to $3 \times 2 \times 0.2$ cm, associates with natrolite, microcline, albite, aegirine, organovaite-Mn, beryllite, rancieite, elpidite, komarovite, catapleite, yofortierite, mangan-neptunite, nontronite, etc. Formed under hydrothermal conditions; a source of Nb is vuonnemite, a source of Zn is sphalerite. Translucent; colour pink, pinkish-brown, white; streak white; lustre vitreous. Brittle, cleavage not observed, fracture rough. Mohs' hardness ~ 5 . Measured density is 2.88, calculated — 2.89 g/cm³. Optically biaxial, positive; $\alpha = 1.683$, $\beta = 1.688$, $\gamma = 1.785$; $2V_{max} = 45 (15)^\circ$, $\beta = b$. Chemical composition (electron probe, H₂O content determined thermogravimetrically), wt %: Na₂O 0.67, K₂O 3.77, CaO 1.14, SrO 0.19, BaO 2.24, MgO 0.10, MnO 0.70, FeO 0.24, ZnO 5.39, Al₂O₃ 0.45, SiO₂ 39.27, TiO₂ 10.49, Nb₂O₅ 26.35, H₂O 10.20, total 101.20. Empirical formula calculated on [(Si,Al)₁₆O₄₈](O,OH)₈ is: (K_{1.93}Na_{0.52}Ca_{0.49}Ba_{0.35}Sr_{0.04})Σ3.33(Zn_{1.60}Mn_{0.24}Fe_{0.08}Mg_{0.06})Σ1.98(Nb_{4.79}Ti_{3.17})Σ7.96[(Si_{15.79}Al_{0.21})O₄₈](O_{4.59}(OH)_{3.41})Σ8 · 11.97H₂O. Simplified formula is: K₂Zn(Nb, Ti)₄(Si₄O₁₂)₂(O, OH)₄ · 6H₂O (Z = 4). Crystal structure is studied; $R = 0.063$. Monoclinic, space group $C2/m$. Unit cell parameters: $a = 14.535$, $b = 13.927$, $c = 15.665$ Å, $\beta = 117.6^\circ$, $V = 2808$ Å³. Isostructural with organovaite-Mn. Strongest reflexes of X-ray powder pattern (d , Å— $f(hkl)$): 6.96—100[020, 002]; 6.43—24[200, 20—2]; 4.924—30[022]; 3.222—84[42—2, 400, 40—4]; 3.114—66[042, 024]; 2.514—30[44—2, 402]. IR spectrum is given. Organovaite- Zn is named honoring Russian crystallographer N. I. Organova and for Zn prevailing in D-site. Type specimen is deposited in Fersman Mineralogical Museum of Russian Academy of Sciences, Moscow.

Предпринятое в последние годы интенсивное изучение минералов, в кристаллохимическом отношении родственных известным уже почти полвека лабунцовиту и ненадквичиту, привело к обнаружению очень широких колебаний их катионного состава и серьезных вариаций в кристаллической структуре (Расцветаева и др., 1994, 1996, 1997, 1998, 2000а, б; Chukanov e. a., 1999), следствием чего стало открытие целого ряда новых минеральных видов (Субботин и др., 1998; Пеков и др., 1999; Хомяков и др., 1999; Чуканов и др., 1999,

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 27 января 2001 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 апреля 2001 г.

2000а, б). Как показывают данные этих и ряда более ранних (Органова и др., 1976, 1981) работ, состав и структура лабунцовито- и ненадквичитоподобных минералов теснейшим образом взаимосвязаны и строго подчиняются выявленным кристаллохимическим закономерностям, что позволило объединить эти минералы в группу лабунцовита и разработать ее номенклатуру, которая была одобрена Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА в июне 2000 г.

В основе структуры минералов группы лабунцовита лежит каркас, состоящий из цепочек (Ti,Nb)O-октаэдров и колец [Si₄O₁₂], в цеолитоподобных полостях которого находятся крупные катионы (Na, K, Ba, Ca, Sr) и молекулы воды. В структуре моноклинных членов группы в местах сближения волнообразно изогнутых октаэдрических цепочек между ними может реализовываться дополнительная позиция (так называемый «сшивающий» октаэдр), занимаемая малыми двухвалентными катионами. До настоящего времени были известны члены группы лабунцовита с преобладанием Mn²⁺, Fe²⁺ или Mg в этой позиции. Рассмотренный в данной статье новый минерал является первым представителем группы, где среди этих катионов доминирует цинк, ранее отмечавшийся лишь в виде примеси.

Новый минерал назван **органовантом-Zn** в соответствии с принятыми для группы лабунцовита принципами образования видовых названий: он является полным структурным аналогом недавно открытого (Чуканов и др., 2001б) органоваанта-Mn K₂Mn(Nb,Ti)₄(Si₄O₁₂)₂(O,OH)₄ · 6H₂O, в котором место Mn в позиции «сшивающего» октаэдра занимает Zn. Название органоваант дано в честь известного российского кристаллографа Натальи Ивановны Органовой (р. 1929), чьи работы (Органова и др., 1971, 1976, 1981) заложили основы современных представлений о кристаллохимии минералов группы лабунцовита.

Органоваант-Zn найден в гидротермально переработанном пегматитовом теле, локализованном в эгириновых фойянтах близ контакта с науянтами в северо-восточной части г. Карнасурт в Ловозерском щелочном массиве на Кольском полуострове. Этот пегматит является одним из крупнейших и известнейших в Ловозерском массиве. Он подробно охарактеризован М. В. Кузьменко (Власов и др., 1959), а позже описан Е. И. Семеновым (1972), присвоившим ему № 61. Тело имеет линзовидную или пластовую форму и прорезлено по обнажениям и развалам на площади приблизительно 100 × 50 м. Наши палеогеоинформационные реконструкции показывают, что некогда это был типичный для Ловозера ультрамагматический пегматит с усингитовым ядром, впоследствии претерпевший глубокое гидротермальное изменение, следствием чего стали развитие по минералам усингитового парагенезиса более низкотемпературных минералов с образованием четких псевдоморфоз и кристаллизация разнообразных позднегидротермальных минералов в обильных кавернах выщелачивания. Так, усингит здесь замещен натролитом и альбитом, чкаловит — эпидидимитом, бериллитом, морасцитом, стенструпин — редкоземельным фосфато-силикатом из группы рабдофана, серандит — рансьенитом, ломоносовит — мурманитом и борнеманитоподобными фазами, вуоннемит — минералами групп лабунцовита и пиррохлора, эпистолитом, комаровитом и терасимовскитом. В непосредственной близости от обособленной органоваанта-Zn наблюдаются полости выщелачивания сфалерита размером до 10 см, безошибочно идентифицируемые по характерной тетраэдрической форме и отпечаткам типичных уплощенных двойников по {111}. Нередко в этих кавернах присутствуют скопления цинкового смектита—сокошита, в единичных случаях встречены и реликты сфалерита. Судя по обилию таких полостей, сфалерита в этом пегматите было много, как и в ряде других усингитовых тел Ловозера.

Именно в составе псевдоморфоз по вуоннемиту, однозначно идентифицируемых по величательно сохранившейся форме табличчатых и пластинчатых кристаллов и по устойчивому преобладанию Nb над Ti [эти два компонента вуоннемита Na₁₁TiNb₂(Si₂O₇)₂(PO₄)₂O₃(F,OH) характеризуются в гидротермальном процессе наименьшей подвижностью], найден органоваант-Zn.

Новый минерал установлен как в краевой зоне пегматита, так и в его ядре. В первом случае он слагает грязно-розовые псевдоморфозы по табличкам вуоннемита до 3 × 2 × 0,2 см, ассоциирующие с микроклином, альбитом, эгиринитом, арфведсонитом, содалитом, натролитом, бериллитом, измененным стенструпином, рансьенитом, кристобалитом и кальцитом. Такие же псевдоморфозы по вуоннемиту дает здесь и существенно более распространенный органоваант-Mn (Чуканов и др., 2000б). Отмечается совместное развитие органоваанта-Mn органоваанта-Zn по вуоннемиту, иногда в этих же псевдоморфозах устанавливаются и минералы ряда ненадквичит—коробицынит. Органоваант-Zn формирует массивные или кавернозные агрегаты, состоящие из неправильных по форме зерен размером менее 30—50 мкм.

В центральной зоне пегматита, состоящей главным образом из натролита, альбита и микроклина, новый минерал в незначительных количествах входит в состав тонкозернистых поликомпонентных псевдоморфоз по пластинкам вуоннемита, сложенных в основном органоваантом-Mn, комаровитом, стронциопиррохлором и натролитом. Здесь же обнаружены собственные кристаллы органоваанта-Zn, нарастающие на поверхность таких псевдоморфоз или рядом с ними на стенки каверн. В этой ассоциации находятся кроме перечисленных минералов эгирин, эльпидит, катаплент, йофортьерит, туперссуатанит, манганшептунит, кузьменкоит-Mn, эпидидимит, лейфит, лоренценит, кварц, нонтронит и оксиды Mn.

Кристаллы органоваанта-Zn размером до 4 × 0,5 × 0,5 мм имеют призматическую форму, вытянуты вдоль *b*. Как правило, они плохо образованы, не имеют развитых головок. На них обнаружены грани пинакоидов {100}, {001} и грани призмы пояса {*h*01}. Нередко кристаллы органоваанта-Zn эпитаксически нарастают на игольчатые индивиды эльпидита. Направления их удлинения совпадают: ось *b* кристалла органоваанта-Zn параллельна оси *c* кристалла эльпидита.

Новый минерал полупрозрачный, со стеклянним блеском, окрашен в розовый, розовато-коричневый, розовато-серый или белый цвета, черта белая. Органоваант-Zn хрупкий, спайность не наблюдалась, излом неровный до раковинного. Твердость, по Моосу, ~5. Плотность, измеренная путем уравновешивания в тяжелой жидкости, 2,88(1), вычисленная 2,89 г/см³. Минерал оптически двуосный, положительный; *n_p* = 1,683(2), *n_m* = 1,688(1), *n_g* = 1,785(3); 2*V_{изм}* = 45(15)°, 2*V_{плч}* = 27°. *N_m* = *b*. Плеохроизм: *N_m* — светло-коричневый, *N_p* и *N_g* — очень бледный, коричневатый.

Химический состав (мас. %) органовайта-Zn (ан. 1—4) и высокоцинковой разновидности органовайта-Mn (ан. 5, 6) с г. Карнасург

Chemical composition (wt %) of organovaite-Zn (1—4) and Zn-enriched variety of organovaite-Mn (5, 6) from Karnasurt Mt

Компонент	Анализ					
	1	2	3	4	5	6
Na ₂ O	0.67 (±0.2)	0.53	0.50	0.90	0.67	0.60
K ₂ O	3.77 (±0.6)	3.18	3.75	4.32	3.93	4.35
CaO	1.14 (±0.5)	1.33	1.18	1.44	1.18	0.65
SrO	0.19 (±0.1)	2.11	1.46	0.14	0.34	0.00
BaO	2.24 (±0.6)	2.51	1.95	1.92	1.30	1.33
MgO	0.10 (±0.1)	0.10	0.06	0.10	0.08	0.00
MnO	0.70 (±0.5)	2.23	2.24	0.48	2.86	3.34
FeO	0.24 (±0.15)	0.23	0.29	0.00	0.15	0.26
ZnO	5.39 (±0.7)	2.80	3.10	6.05	2.40	3.24
Al ₂ O ₃	0.45 (±0.1)	0.27	0.31	0.03	0.64	0.11
SiO ₂	39.27 (±0.8)	38.58	38.73	39.31	38.78	38.53
TiO ₂	10.49 (±1.3)	9.25	8.61	11.47	9.61	8.14
Nb ₂ O ₅	26.35 (±2.2)	27.86	28.26	24.70	26.45	29.44
H ₂ O	10.20	Не опр.				
Сумма	101.20	90.98	90.44	90.86	88.38	89.99

Формульные коэффициенты, рассчитанные на (Si + Al)=16

Na	0.52	0.42	0.40	0.71	0.53	0.48
K	1.93	1.67	1.96	2.24	2.03	2.29
Ca	0.49	0.58	0.52	0.63	0.51	0.29
Sr	0.04	0.50	0.35	0.03	0.08	—
Ba	0.35	0.40	0.31	0.31	0.21	0.22
Mg	0.06	0.06	0.03	0.06	0.05	—
Mn	0.24	0.78	0.78	0.16	0.98	1.17
Fe	0.08	0.08	0.10	—	0.05	0.09
Zn	1.60	0.85	0.94	1.82	0.72	0.99
Al	0.21	0.13	0.15	0.01	0.30	0.05
Si	15.79	15.87	15.85	15.99	15.70	15.95
Ti	3.17	2.86	2.65	3.51	2.93	2.53
Nb	4.79	5.18	5.23	4.54	4.84	5.50

Примечание. Ан. 1—3, 5, 6 — псевдоморфозы по вуоннемиту (ан. 1 — среднее по 9 анализам для наиболее детально изученного образца, в скобках дан разброс значений); ан. 4 — кристалл из полости, на котором выполнена расшифровка структуры минерала. Во всех образцах REE, Zr, Ta, F не обнаружены; не опр. — содержание воды не определялось.

Катионный состав органовайта-Zn определен рентгеноспектральным методом, содержание воды — по потере массы при нагревании в вакууме до 950 °С (термовесы АТВ-15). — табл. 1. Эмпирическая формула образца с наиболее хорошо изученным составом (табл. 1, ан. 1), рассчитанная на [(Si,Al)₁₆O₄₈](O,OH)₈ (Z = 2), (K_{1.93}Na_{0.52}Ca_{0.49}Ba_{0.35}Sr_{0.04})Σ_{3.33}(Zn_{1.60}Mn_{0.24}Fe_{0.08}Mg_{0.06})Σ_{1.98}(Nb_{4.79}Ti_{3.17})Σ_{7.96}[(Si_{15.79}Al_{0.21})O₄₈][O_{4.59}(OH)_{3.41}]_{Σ8} · 11.97H₂O. Распределение элементов по позициям выполнено с учетом данных рентгеноструктурного анализа. Идеализированная формула: K₂Zn(Nb,Ti)₄(Si₄O₁₂)₂(O,OH)₄ · 6H₂O (Z = 4). Колебания в катионном составе минерала весьма значительны (табл. 1), порой даже в пределах одного кристалла. Органовайт-Zn образует полный изоморфный ряд с органовайтом-Mn, в котором наблюдаются и члены с близкими содержаниями Zn и Mn, примеси Fe и Mg во всех образцах очень невелики. Nb/Ti отношение колеблется существенно, вплоть до составов, где Nb лишь незначительно преобладает над Ti. Содержание Na мало, что обусловлено отсутствием в структуре органовайта, как и в структуре наиболее близкого к нему в кристаллохимическом

Результаты расчета рентгенограммы органоваита-Zn
X-ray powder data for organovait-Zn

<i>l</i>	<i>d</i> _{ИЗМ}	<i>d</i> _{ВЫЧ}	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{ИЗМ}	<i>d</i> _{ВЫЧ}	<i>hkl</i>
4	9.46	9.453	11 $\bar{1}$	10	2.038	2.037	442
100	6.96	6.964	020			2.035	44 $\bar{6}$
		6.943	002	2	1.952	1.953	404
24	6.43	6.442	200			1.951	40 $\bar{8}$
		6.436	20 $\bar{2}$	9	1.928	1.927	046
30	4.924	4.917	022	4	1.882	1.881	424
3	4.730	4.729	220			1.879	42 $\bar{8}$
1	4.510	4.516	31 $\bar{1}$	9	1.818	1.817	804
2	4.127	4.100	31 $\bar{3}$	3	1.755	1.758	80 $\bar{2}$, 824
11	3.906	3.906	202	15	1.739	1.745	35 $\bar{7}$
84	3.222	3.221	42 $\bar{2}$, 400			1.741	080
		3.218	404			1.705	82 $\bar{2}$, 462
66	3.114	3.112	042	19	1.704	1.704	46 $\bar{6}$, 82 $\bar{6}$
		3.107	024			1.703	444, 44 $\bar{8}$
17	3.062	3.063	240	5	1.685	1.689	082
		3.062	24 $\bar{2}$			1.684	028, 15 $\bar{7}$
2	2.991	2.996	31 $\bar{5}$	1	1.664	1.664	66 $\bar{2}$
13	2.944	2.949	11 $\bar{5}$	2	1.639	1.639	066
9	2.923	2.923	420	3	1.617	1.616	64 $\bar{8}$
		2.921	424	13	1.569	1.569	84 $\bar{2}$, 820, 84 $\bar{6}$
1	2.845	2.830	51 $\bar{3}$			1.568	82 $\bar{8}$
8	2.617	2.624	151	9	1.534	1.532	480
		2.598	244			1.531	484
18	2.597	2.595	204	8	1.532	1.529	426
		2.593	20 $\bar{6}$			1.527	4.2.10
30	2.514	2.514	44 $\bar{2}$	3	1.460	1.462	840
		2.512	402			1.461	84 $\bar{8}$
17	2.460	2.458	044			1.431	482, 864
3	2.255	2.252	153	22	1.430	1.430	48 $\bar{6}$, 802
3	2.201	2.201	062			1.429	446
6	2.061	2.062	35 $\bar{5}$			1.428	8.0.10, 4.4.10

Примечание. Условия съемки: дифрактометр STOE STADIP, MoK α_1 -излучение, Ge-монокристалл; индексы *hkl* выбраны с учетом теоретических значений интенсивностей рефлексов, полученных из структурных данных.

отношении кузьменкоита (Чуканов и др., 1999), позиции, аналогичной той, в которой концентрируется Na в лабунцовите и леммлейните (Расцветаева и др., 1996, 1997).

Порошковая рентгенограмма органоваита-Zn (табл. 2) практически идентична порошкограмме органоваита-Mn. Она также близка к рентгенограммам других моноклинических членов группы лабунцовита, особенно кузьменкоита-Mn.

То же можно сказать и об ИК-спектре нового минерала. Волновые числа в максимумах полос (см⁻¹; подчеркнуты сильные полосы, пл — плечо): 3365, 1655пл, 1635, 1600пл, 1100пл, 1077, 1022, 942, 773, 693, 586, 500пл, 464. Высокое значение частоты (Nb,Ti)—О-валентных колебаний (693 см⁻¹), коррелирующей с величиной заселенности «сшивающего» октаэдра, свидетельствует о том, что эта позиция заполнена катионами практически нацело.

Кристаллическая структура органоваита-Zn решена методом монокристалла с помощью трехкружного автодифрактометра с CCD-детектором. $R = 0.063$. Минерал моноклинический, пространственная группа $C2/m$. Параметры элементарной ячейки, уточненные по порошкограмме: $a = 14.535$, $b_1 = 13.927$, $c = 15.665$ Å, $\beta = 117.6^\circ$, $V = 2808$ Å³. Основа структуры органоваита-Zn — каркас из волнообразно изогнутых цепочек вершинно-связанных (Nb,Ti)O-октаэдров, соединенных в поперечных направлениях кольцами [Si₄O₁₂] (по вер-

шинам) и полностью заселенными дополнительными октаэдрами $[ZnO_6]$ (по ребрам). В полостях каркаса находятся щелочные и щелочноземельные катионы, среди которых резко доминирует К, и молекулы воды. Органоваит-Zn изоструктурен с органоваитом-Mn. Из других членов группы лабунцовита к ним наиболее близок по структуре кузьменкоит-Mn (Расцветова и др., 2000б), отличающийся, однако, пространственной группой, вдвое меньшим параметром c и общей конфигурацией октаэдрического мотива, образованного (Ti,Nb)O- и MnO-октаэдрами. Структурные соотношения этих минералов и отличия от других моноклинных членов группы — лабунцовита, демилейнита и вуориярвита — подробно рассмотрены в наших предыдущих работах (Чуканов и др., 1999, 2001б).

Сам факт находки органоваита-Zn и состав октаэдрических катионов в нем представляются весьма информативными в геохимическом и генетическом отношении. Как и другие члены группы лабунцовита, этот минерал типоморфен для щелочных гидротермалитов, относительно обогащенных кремнеземом, развивающихся на фоне спада температуры за счет ультраапатитовых пегматитов. Об этом однозначно свидетельствует и замещение органоваитом вуоннемита — резко недосыщенного кремнием гипернатриевого фосфато-силиката. Сфалерит — главный концентратор цинка на раннепегматитовой стадии — в этих условиях становится неустойчив и растворяется. Причина этого — резкое повышение окислительного потенциала, о чем говорит появление в этих гидротермалитах минералов с Mn^{3+} , Mn^{4+} , Fe^{3+} , S^{6+} . Мобилизованный цинк фиксируется в силикатах — сначала в щелочных (органоваит-Zn, структура которого содержит подходящую «ловушку» для Zn^{2+} — октаэдрическую полость в месте сближения соседних (Nb,Ti)O-цепочек), а затем и в практически бесщелочных (соконит). При этом, если происхождение широко распространенного в измененных пегматитах Ловозера соконита еще может считаться дискуссионным — ведь в других объектах это типичный гипергенный минерал, то гидротермальная природа органоваита-Zn представляется несомненной. Таким образом, благодаря новому минералу геохимическая история цинка в дифференциатах апатитовых пород оказывается прослеженной на всех стадиях.

Сочетание в одном минерале ниобия и цинка в качестве видообразующих компонентов представляется весьма экзотическим — ведь у обоих элементов есть близкие кристаллохимические «родственники», намного более распространенные в этих же пегматитах, — титан у ниобия, марганец и железо у цинка. Возникновение органоваита-Zn, несомненно, является прямым следствием локальных особенностей минералообразующей системы, в первую очередь непосредственного контакта богатых селективных источников Nb и Zn — их ранних собственных минералов, ставших неустойчивыми в гидротермальных условиях: наш новый минерал наблюдается лишь в составе псевдоморфоз по вуоннемиту или около них и только если поблизости присутствуют полости растворения сфалерита. Несоблюдение хотя бы одного из этих условий приводит к появлению вместо органоваита-Zn марганцевых и/или титановых минералов группы лабунцовита — мы наблюдаем, образно говоря, «восстановление геохимической справедливости»: даже на небольшом удалении от богатых источников и ниобий, и цинк быстро теряют доминирующее положение, «разбавляются», уступая приоритет более обильным титану и марганцу.

Эталонный образец органоваита-Zn передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве, регистрационный номер 2589/1.

Работа выполнена при поддержке гранта ведущей научной школы № 00-15-98-497 и гранта РФФИ № 00-05-65399.

Список литературы

- Власов К. А., Кузьменко М. В., Еськова Е. М. Ловозерский щелочной массив. М., 1959. 623 с.
- Органова Н. И., Шлюкова З. В., Рудницкая Е. С., Яковлевская Т. А. Структура и свойства минералов изоморфного ряда лабунцовит—ненадквичит. Тез. докл. Минералогия и минералогическая кристаллография. Свердловск. 1971. С. 147.
- Органова Н. И., Шлюкова З. В., Забавникова Н. И. и др. О кристаллохимии лабунцовита и ненадквичита // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 2. С. 98—116.
- Органова Н. И., Архипенко Д. К., Диков Ю. П. и др. Структурные особенности новой калийсодержащей разновидности лабунцовита и ее место в семействе лабунцовит—ненадквичит // Минер. журн. 1981. Т. 3. № 2. С. 49—63.
- Пеков И. В., Чуканов Н. В., Хомяков А. П., Расцветова Р. К., Кучериненко Я. В., Неделько В. В. Коробичинит $Na_{3-x}(Ti,Nb)_2[Si_4O_{12}](OH,O)_2 \cdot 3-4H_2O$ — новый минерал из Ловозерского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 1999. № 3. С. 72—79.
- Расцветова Р. К., Тамазян Р. А., Пушаровский Д. Ю. и др. К-ненадквичит — новый представитель в ряду ненадквичит—лабунцовит // Кристаллография. 1994. Т. 39. № 6. С. 994—1000.
- Расцветова Р. К., Аракчеева А. В., Хомяков А. П. Кристаллическая структура и микродвойникование нового моноклинного аналога ненадквичита // Докл. РАН. 1996. Т. 351. № 2. С. 207—211.
- Расцветова Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура нового минерала — аналога лабунцовита с высокой упорядоченностью калия и бария // Докл. РАН. 1997. Т. 357. № 1. С. 64—67.
- Расцветова Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. и др. Структуры двух высококачественных лабунцовитов в свете кристаллохимии минералов семейства лабунцовита—ненадквичита // Кристаллография. 1998. Т. 43. № 5. С. 874—881.
- Расцветова Р. К., Органова Н. И., Рождественская И. В. и др. Кристаллическая структура оксониевого минерала группы ненадквичита—лабунцовита из Хибинского массива // Докл. РАН. 2000а. Т. 371. № 3. С. 336—340.

Расцветаева Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Уточненная кристаллическая структура кузьменкоита // Кристаллография. 2000б. Т. 45. № 5. С. 830—832.

Семенов Е. И. Минералогия Ловозерского щелочного массива. М., 1972. 305 с.

Субботин В. В., Волошин А. В., Пахомовский Я. А. и др. Вуориярвит $(K,Na)_2(Nb,Ti)_2Si_4O_{12}(O,OH)_2 \cdot 4H_2O$ — новый минерал из карбонатитов массива Вуориярви (Кольский полуостров) // Докл. РАН. 1998. Т. 358. № 4. С. 517—519.

Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Расцветаева Р. К., Дорохова Г. И. Леммлейнит $NaK_2(Ti,Nb)_2Si_4O_{12} \cdot 2H_2O$ — новый минерал семейства лабунцовита—ненадквичита // ЗВМО. 1999. № 5. С. 54—63.

Чуканов Н. В., Пеков И. В., Головина Н. И., Зидов А. Е., Неделько В. В. Кузьменкоит $K_2(Mn,Fe)(Ti,Nb)_4[Si_4O_{12}]_2(OH)_4 \cdot 5H_2O$ — новый минерал // ЗВМО. 1999. № 4. С. 42—50.

Чуканов Н. В., Пеков И. В., Расцветаева Р. К., Зидов А. Е., Неделько В. В. Леммлейнит-Ва $Na_2K_2Ba_{1+x}Ti_4[Si_4O_{12}]_2(O,OH)_4 \cdot 5H_2O$ — новый минерал группы лабунцовита // ЗВМО. 2001а. № 3. С. 36—43.

Чуканов Н. В., Пеков И. В., Зидов А. Е., Кривовичев С. В., Бёрнс П. К., Шнайдер Ю. Органовант-Мп $K_2Mn(Nb,Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot 6H_2O$ — новый минерал группы лабунцовита из Ловозерского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 2001б. № 2. С. 46—53.

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.

Поступила в редакцию
30 мая 2001 г.