

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

**ОРГАНОВАИТ-Mn $K_2Mn(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$ —
НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА
ИЗ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ¹**

N. V. CHUKANOV, I. V. PEKOV, A. E. ZADOV, S. V. KRIVOVICHEV, P. C. BERNES,
Yu. SCHNEIDER. ORGANOVAITE-Mn $K_2Mn(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$,
A NEW LABUNTISOVITE GROUP MINERAL FROM LOVOZERO MASSIF, KOLA PENINSULA

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

** Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

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

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

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

***** Институт Кристаллографии Theresienstrasse 41, D-80333, Muenchen 2, Germany

Organovaite-Mn, a new mineral of the labuntsovite group, has been found in Lovozero alkaline massif, Kola peninsula, Russia. At Karnasurt Mt., it occurs as pink and brown short-prismatic crystals up to 0.3×0.2 mm and as pseudomorphs after vuonnemite crystals (up to 4 cm) together with microcline, albite, aegirine, arfvedsonite, eudialyte, sodalite, natrolite, elpidite, cristobalite, steenstrupine-(Ce), rhabdophane-(Ce), rancieite, sauconite, yofortierite. At Flora Mt., its crystals up to 0.5 mm are associated with vuorijarvite-K, kuzmenkoite-Mn, calciohilairite, natrolite, albite, aegirine. Cleavagte is not observed, Mohs' hardness 5, brittle. $D_{\text{meas}} = 2.88(1)$, $D_{\text{calc}} = 2.92(1)$ g/cm³. Optically biaxial, positive, α 1.683(2), β 1.692(3), γ 1.775(5). The crystal structure is studied, $R = 0.049$. Monoclinic, $C2/m$, $a = 14.551(2)$, $b = 14.001(2)$, $c = 15.702(3)$ Å, $\beta = 117.584(2)$, $V = 2835.3$ Å³. Chemical composition (electron microprobe, wt %): Na₂O 0.51, K₂O 4.31, CaO 1.06, BaO 1.31, MnO 5.07, ZnO 2.04, FeO 0.24, TiO₂ 8.87, Nb₂O₅ 27.97, Al₂O₃ 0.28, SiO₂ 38.36, total 90.02; H₂O content, from thermogravimetric data in vacuum, is 10.40 %. Empirical formula ($Z = 2$): $(K_{2.27}Zn_{0.62}Ca_{0.47}Na_{0.41}Ba_{0.21})\Sigma 3.98(Mn^{2+}_{7.77}Fe^{2+}_{0.8})\Sigma 1.85(Nb_{5.23}Ti_{2.76})\Sigma 7.99[Si_{15.86}Al_{0.14}O_{48}][O_{6.03}(OH)_{1.97}]\Sigma 8 \cdot 12.79H_2O$. Idealized formula is: $K_2Mn(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$. Organovaite-Mn forms a series with kuzmenkoite-Mn, $K_2Mn(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(OH)_4 \cdot 5H_2O$. The structures of both minerals contain Mn-octahedron linking the chains of (Ti, Nb)-octahedra into layers. The strongest reflexes of the X-ray powder diffraction pattern, d , Å (I , %; hkl): 6.99 (100; 020; 002), 6.43 (25; 200, 202), 4.936 (28; 022), 3.227 (89; 422, 400, 404), 3.123 (68; 042, 024), 2.607 (25; 244, 204, 206), 2.520 (29; 442, 402, 404). The IR spectrum is given. The mineral is named after the crystallographer Natalia Ivanovna Organova (b. 1929), Moscow. Type material is deposited at Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow.

Проводившиеся в последние годы интенсивные кристаллохимические и минералогические исследования «лабунцовитов» и «ненадкевичитов» однозначно указывают на существование в природе целого ряда родственных, но в то же время четко индивидуализированных в структурном и химическом отношении минералов (Расцветова и др., 1994, 1996, 1997а, 1997б, 1998; Rastsvetaeva e. a., 1994; Головина и др., 1998; Субботин и др., 1998; Пекров и др., 1999; Хомяков и др., 1999; Чуканов и др., 1999; Chukanov e. a., 1999). Решением Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации от 5 июня 2000 г. утверждена номенклатура минералов группы лабунцовита, объединенных общностью структурного мотива, но отличающихся друг от друга симметрией и химическим составом. Наиболее разнообразны моноклинные члены группы с общей формулой $A_{4-12}D_{0-2}M_8(Si_4O_{12})_4(O, OH)_8 \cdot nH_2O$, где М — катионы с высокими силовыми характеристиками (преимущественно Ti и Nb), образующие цепочки вершинно-связанных октаэдров; D — катионы со средними силовыми характеристиками (двухвалентные катионы малого радиуса: Fe²⁺, Mg, Mn²⁺, Zn), «сшивающие» цепочки между

¹ Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 10 октября 2000 г.

собой с образованием слоев, где M^I - и M^{II} -октаэдры имеют общие ребра; А — крупные катионы с низкими силовыми характеристиками (Na, K, Ba, Ca, Sr), заполняющие полости каркаса, образованного кольцами Si_4O_{12} и системой октаэдров MO_6 и DO_6 . Параметры элементарных ячеек этих минералов таковы: $a = 14.2—14.8$, $b = 13.7—14.4$, $c = 7.7—8.0 \text{ \AA}$, $\beta \approx 117$.

В зависимости от количества и характера заполнения А-позиций (т. е. от типа упорядоченности А-катионов) среди моноклинных членов группы лабунцовита можно выделить четыре главные серии (формулы даны для $Z = 2$):

- 1) серия кузьменкоита $K_2D(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot n H_2O$;
- 2) серия лабунцовита $Na_2K_2D(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot n (H_2O)$;
- 3) серия леммлейнита $Na_2K_2A^{III}(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot n H_2O$;
- 4) серия вуориярвита $(K, Na, Ca, Sr, Ba)_x(Nb, Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot n H_2O$, где $D = Mn, Fe, Mg, Zn, \square$; $A^{III} = K, Ba$; $n = 4—8$.

Следует отметить, что представители первых трех серий (пр.гр. $C2/m$) характеризуются упорядоченным распределением А-катионов по позициям, число которых может составлять от 1 до 3, и высокой степенью заселенности этих позиций. В минералах серии вуориярвита (пр.гр. Cm) А-позиции расщепляются на множество А-подпозиций, в большинстве из которых преобладают вакансии.

Среди моноклинных членов группы известны также минералы с удвоенным параметром c (Milton e. a., 1958; Органова и др., 1981). По своему составу они наиболее близки к минералам серии лабунцовита и в рамках новой номенклатуры объединяются в серию паралабунцовита.

При исследовании обширной коллекции минералов группы лабунцовита нами был обнаружен ее представитель, не идентифицирующийся ни с одним из известных минеральных видов. По типу формулы (соотношениям катионов, структурным характеристикам и особенностям ИК-спектра этот минерал наиболее близок к лентам серии кузьменкоита. От кузьменкоита-Мп (Чуканов и др., 1999) он отличается существенным преобладанием ниобия над титаном и удвоенным значением параметра элементарной ячейки c . Новый минерал получил название **органоваит-Мп** в честь известного кристаллографа Наталии Ивановны Органовой (р. 1929), автора основополагающих работ в области кристаллохимии минералов группы лабунцовита (Органова и др., 1976, 1981). Суффикс-уточнитель в конце названия указывает на преобладание марганца в D-позиции, в соответствии с принятыми для группы лабунцовита правилами выделения минеральных видов.

Органоваит-Мп найден в двух точках Ловозерского щелочного массива на Кольском полуострове. Основное исследование нового минерала проведено на материале из крупного пегматитового тела на г. Карнасурт, претерпевшего интенсивную гидротермальную переработку. Органоваит-Мп встречается здесь в существенных количествах и является главным концентратом ниобия. Наиболее распространены его псевдоморфозы по пластинчатым кристаллам вуоннемита, мономинеральные или содержащие примеси других ниобиевых минералов. В краевой зоне пегматита обычны массивные псевдоморфозы размером до 4—5 см, сложенные только органоваитом-Мп. Иногда в них отмечаются вроски минералов ряда ненадкевичит—коробичинит—ромбических членов группы лабунцовита. Псевдоморфозы по вуоннемиту ассоциируют здесь с микроклином, альбитом, эгирином, арфведсонитом, эвдиалитом, содалитом, натролитом, кристобалитом, стенструпином-(Се) (нередко целиком или частично замещен рабдофаном), псевдоморфозами рансьеита по серандиту и соконита по сфалериту. В существенно натролитовой внутренней зоне пегматита чаще встречаются массивные и рыхлые поликомпонентные псевдоморфозы по пластинкам вуоннемита до 6—7 см, в состав которых кроме органоваита-Мп входят также комаровит, стронциопирохлор и натролит. В ассоциации с ними обнаружены альбит, микроклин, эльпидит, эпидидимит, лейфит, йофортьерит, манганнептунит, нонтронит, оксиды марганца и др. В обоих типах псевдоморфоз органоваит-Мп присутствует в виде хаотических агрегатов зерен размером не более 10 мкм. Это обстоятельство очень затруднило его изучение. Рентгеноструктурное исследование нового

минерала стало возможным благодаря находке в мелких полостях того же пегматита его кристаллов. Эти, как правило, несовершенные кристаллы обычно имеют короткопризматическую форму и достигают размеров 0.3×0.2 мм. Реже встречаются длиннопризматические кристаллы до 3×0.3 мм, с которыми вдоль удлинения эпитаксически срastaются игольчатые кристаллы эльпидита. Внешняя зона таких кристаллов иногда отвечает по составу кузьменкоиту-Мп (т. е. $Ti > Nb$), что подтверждает близкое родство последнего с органовайтом. Кристаллы нового минерала находятся в непосредственной близости от псевдоморфоз по вуоннемиту, также сложенных органовайтом-Мп, а иногда нарастают прямо на стенки каверн в этих псевдоморфозах.

Другая находка органовайта-Мп сделана на г. Флора, в мелких полостях альбитизированного порфириовидного луаврита, обогащенного эвдиалитом, лоренценитом и мурманитом, близ контакта с жильным фойяит-пегматитом. Здесь новый минерал входит в состав позднегидротермальной ассоциации вместе с вуоляриавитом-К, кузьменкоитом-Мп, кальциоилеритом, натролитом, альбитом, магнезиоарфведсонитом и эгирином. Органовайт-Мп образует укороченные призматические кристаллы до 0.5 мм, а также слагает участки в кристаллах кузьменкоита-Мп.

Новый минерал полупрозрачен до прозрачного. Цвет его розовый разных оттенков (от интенсивного розово-красного до почти белого), розовато-коричневый, коричневый (Карнасурт), желтовато-коричневый (Флора). Блеск стеклянный, черта белая. Хрупкий, спайность не наблюдается, излом неровный; твердость по Моосу около 5. Плотность, измеренная методом уравнивания в тяжелых жидкостях, составляет 2.88(1), вычисленная — 2.92(1) г/см³. Органовайт-Мп оптически двуосный, положительный. Показатели преломления: $N_p = 1.683(2)$, $N_m = 1.692(3)$, $N_g = 1.775(5)$, вычисленный угол $2V$ составляет 38. Дисперсия оптических осей слабая. Плеохроизм: N_p и N_g — бесцветный, N_m — светло-коричневый.

Кристаллическая структура органовайта-Мп изучена на монокристалле с г. Карнасурт, имеющем размеры $0.08 \times 0.06 \times 0.03$ мм, R -фактор составил 0.049. Минерал моноклинный, пространственная группа $C2/m$. Параметры элементарной ячейки: $a = 14.551(2)$, $b = 14.001(2)$, $c = 15.702(2)$ Å, $\beta = 117.584(2)$, $V = 2835.3(8)$ Å³.

В основе структуры органовайта, как и кузьменкоита (Головина и др., 1998; Расцветаева и др., 2000), лежит каркас, образованный волнообразно изогнутыми цепочками Nb(Ti)-О-октаэдров, связанными в двух поперечных направлениях кольцами Si₄O₁₂ (через общие вершины) и дополнительными октаэдрами MnO₆ (через общие ребра октаэдров); позиция D в структуре органовайта-Мп занята практически только Mn²⁺, степень ее заселенности — 90%. Среди внекаркасных А-катионов в обоих минералах преобладает калий, в подчиненных количествах в А-позициях присутствуют также Na, Ca и Ba. Структура органовайта аналогично кузьменкоитовой не содержит позиции A^I, занятой в минералах серий лабунцовита и леммлейнита атомами натрия. Этим и объясняется очень низкое содержание натрия в органовайте-Мп. А^{III}-позиция в органоваите также почти полностью свободна от катионов: она находится очень близко от заполненного на 90% октаэдра D, а заселение этих двух позиций возможно только по альтернативному механизму (Chukanov e. a., 1999). Таким образом, по составу и распределению А-катионов к органовайту-Мп из всех минералов группы лабунцовита наиболее близким является кузьменкоит-Мп.

Органовайт-Мп отличается от кузьменкоита-Мп удвоенным значением параметра c . Представляется важным, что в случае органовайта-Мп это удвоение имеет иную природу, чем в паралабунцовите с пр. гр. $I2/n$ (Органова и др., 1981). Оно обусловлено тем, что соседние октаэдрические слои в структуре органовайта-Мп являются трансляционно неэквивалентными. Другой существенной особенностью органовайта, отличающей его от кузьменкоита, является присутствие в структуре не одной, а двух позиций, преимущественно занятых калием, причем в одной из них часть атомов калия предположительно замещена комплексом $[Zn(H_2O)_2]^{2+}$. Этим и объясняется нахождение существенных количеств цинка в новом минерале. Детальному описанию структуры органовайта-Мп будет посвящена отдельная статья.

Химический состав органовайта-Мп изучен методом локального рентгеноспектрального анализа — табл. 1. Потеря массы при нагревании минерала в вакууме до 950 С (скорость нагрева 40 град/мин) составила 10.40 % (ан. 10 в табл. 1), что неплохо согласуется с дефицитом суммы электронно-зондовых анализов. Пересчет среднего химического состава для структурно изученного кристалла (ан. 11 в табл. 1), выполненный на $[(\text{Si}, \text{Al})_{16}\text{O}_{48}](\text{O}, \text{OH})_8$ с учетом данных по заселению позиций, приводит к следующей эмпирической формуле ($Z = 2$): $(\text{K}_{2.27}\text{Zn}_{0.62}\text{Ca}_{0.47}\text{Na}_{0.41}\text{Ba}_{0.21})_{3.98}(\text{Mn}_{1.77}^{2+}\text{Fe}_{0.08}^{2+})_{1.85}(\text{Nb}_{5.23}\text{Ti}_{2.76})_{7.99}[\text{Si}_{15.86}\text{Al}_{0.14}\text{O}_{48}][\text{O}_{6.03}(\text{OH})_{1.97}]_8 \cdot 12.80\text{H}_2\text{O}$. Все железо принято за двухвалентное и помещено в позиции D вместе с Mn^{2+} . Заполнение этой позиции только атомами Мп и Fe дает для нее суммарный формульный коэффициент 1.85 при максимально возможном 2.00. Это хорошо согласуется с результатами рентгеноструктурного анализа, показывающего, что D-октаэдры заселены на 90 %. Цинк помещен в А-позиции в соответствии со структурными данными. Отметим строгое стехиометрическое соотношение главных катионов, образующих каркас структуры минерала: величина $(\text{Si} + \text{Al})/(\text{Nb} + \text{Ti})$ близка к 2. Эмпирическая формула органовайта-Мп, образующего псевдоморфозу по вуоннемиту (ан. 10 в табл. 1): $(\text{K}_{2.86}\text{Ca}_{0.77}\text{Na}_{0.34}\text{Ba}_{0.32})_{4.29}(\text{Mn}_{1.59}^{2+}\text{Fe}_{0.17}^{2+})_{1.76}(\text{Nb}_{4.82}\text{Ti}_{3.13})_{7.95}[\text{Si}_{16}\text{O}_{48}\text{O}_{5.52}(\text{OH})_{2.48}]_8 \cdot 12.89\text{H}_2\text{O}$. Упрощенная формула органовайта-Мп ($Z = 4$) $\text{K}_2\text{Mn}(\text{Nb}, \text{Ti})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Анализы, приведенные в табл. 1, однозначно свидетельствуют о существовании в природе непрерывного ряда кузьменкоит Мп $\text{K}_2\text{Mn}(\text{Ti}, \text{Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ —органовайт-Мп $\text{K}_2\text{Mn}(\text{Nb}, \text{Ti})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, обусловленного изоморфизмом Ti и Nb в M^I-позициях. Это подтверждают и обнаруженные на г. Карнасурт зональные кристаллы, ядро которых сложено органовайтом-Мп, а краевые части — кузьменкоитом-Мп. На г. Флора встречаются индивиды кузьменкоита-Мп с участками, по составу отвечающими органовайту-Мп. При каком соотношении Ti и Nb происходит перестройка структуры с изменением величины параметра элементарной ячейки с вдвое, пока достоверно неизвестно.

Кратко охарактеризуем также соотношение органовайта-Мп с другим моноклинным Nb- и К-доминантным членом группы лабунцовита — вуориярвитом-К $(\text{K}, \text{Na})_x(\text{Nb}, \text{Ti})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. При некоторых общих чертах эти два минерала резко различны по своим кристаллохимическим особенностям. Вуориярвит обладает пр. гр. *Sm* и малой ячейкой, позиции А-катионов в его структуре индивидуальны по положению и характеру заполнения (Субботин и др., 1998). Разделить эти два минерала по результатам электронно-зондовых анализов также не представляет сложности: вуориярвит в силу особенностей структуры (Rastsvetaeva e. a., 1994) практически не содержит малых двухвалентных катионов (Mn, Fe, Mg, Zn), тогда как для органовайта-Мп заполнение D-позиции атомами марганца является непременным условием. Тем не менее существование промежуточных по составу членов между органовайтом и вуориярвитом представляется весьма вероятным, если допустить, что на каком-то отрезке в этом гипотетическом ряду происходит структурная перестройка.

Порошковая рентгенограмма органовайта-Мп (табл. 2) сходна с рентгенограммами других моноклинных членов группы лабунцовита и особенно кузьменкоита-Мп (Чуканов и др., 1999), отличаясь от последней несколько повышенными значениями ряда межплоскостных расстояний, что, видимо, связано с замещением большей части титана ниобием.

По ИК-спектру органовайт-Мп весьма близок к кузьменкоиту-Мп (см. рисунок) и существенно отличается от других минералов группы лабунцовита (см. в работах: Расцветаева и др., 1997, 1998; Субботин и др., 1998; Пеков и др., 1999; Хомяков, 1999; Чуканов e. a., 1999). Положения полос в ИК-спектре органовайта-Мп следующие (см^{-1}): 3620 (плечо), 3530 (плечо), 3300, 1640, 1600, 1115 (плечо), 1082, 1023, 945, 775, 693, 587 и 460. Диагностическими ИК-спектральными характеристиками минералов ряда органовайт-Мп—кузьменкоит-Мп являются присутствие широкой полосы O—H-валентных колебаний в интервале 3250—3300 см^{-1} (относящейся к водородным связям средней силы, т. е. промежуточной между слабыми водородными

Таблица 1

Химический состав (мас. %) минералов ряда кузьменкоит-Мп—органоваит-Мп (анализы расположены в порядке возрастания содержания ниобия)
 Chemical composition (wt %) of minerals of kuzmenkoite-Mn—organovait-Mn series

Компонент	Анализ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Na ₂ O	0.42	1.59	1.42	1.54	0.84	0.37	0.64	0.92	1.63	0.43	0.51(0.00—1.05)	0.28
K ₂ O	7.47	7.12	7.84	7.69	7.90	5.88	6.59	4.93	6.05	5.54	4.31(3.66—5.39)	4.01
CaO	—	0.35	—	—	—	0.62	0.27	1.39	0.95	1.77	1.06(0.66—1.30)	1.25
BaO	1.31	0.47	1.13	1.11	1.49	1.56	0.72	2.99	0.38	1.99	1.31(0.99—1.71)	1.17
MgO	0.42	0.25	0.34	0.21	0.14	0.41	0.12	—	—	—	—	—
MnO	4.20	4.12	3.60	4.34	3.66	3.21	4.54	4.55	4.06	4.62	5.07(4.64—5.35)	5.12
FeO	1.24	1.15	0.62	0.91	1.17	1.10	0.44	—	0.55	0.49	0.24(0.07—0.46)	0.19
ZnO	—	0.77	—	0.13	—	0.27	—	3.62	1.02	—	2.04(1.00—3.16)	1.83
Al ₂ O ₃	—	0.50	—	—	—	0.29	0.15	—	0.31	—	0.28(0.11—0.47)	0.47
SiO ₂	44.19	40.56	44.16	41.42	43.51	41.79	40.09	37.53	38.19	39.31	38.36(37.88—39.30)	38.56
TiO ₂	26.82	24.29	26.75	23.14	24.11	21.13	17.97	14.39	11.17	10.22	8.87(7.52—9.56)	9.19
Nb ₂ O ₅	2.58	4.43	4.58	6.06	6.91	10.74	14.76	18.84	23.92	26.20	27.97(25.66—31.12)	28.20
H ₂ O	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	10.40	Н. о.	Н. о.
Сумма	88.65	85.60	90.44	86.55	89.73	87.37	86.29	89.16	88.23	100.97	90.02	90.88*

Примечание. Ан. 1—8 — кузьменкоит-Мп, ан. 9—12 — органоваит-Мп; ан. 1—9 и ан. 11—12 — кристаллы; ан. 10 — псевдоморфоза по вуоннемиту; ан. 11 и 12 — состав структурно изученного образца органовита-Мп. Ан. 1—11 — микроанализатор САМЕВАХ со спектрометром LINK AN-10000 (аналитик А. Н. Некрасов); ан. 11 — среднее из 8 анализов, в скобках — пределы содержаний; ан. 12 — микроанализатор САМЕВАХ SX-50 (аналитик Н. Н. Кононкова), (*) — в сумму ан. 12 входит также 0.60 % SrO. Прочерк означает, что компонент не обнаружен; Sr (кроме ан. 12), Mg, Zr, Ta не обнаружены в количествах >0.01—0.05% ни в одном образце. Н. о. — содержание воды не определялось.

Результаты расчета рентгенограммы порошка органоваита-Мп
(диффрактометр, $\text{MoK}_{\alpha 1}$ -излучение)

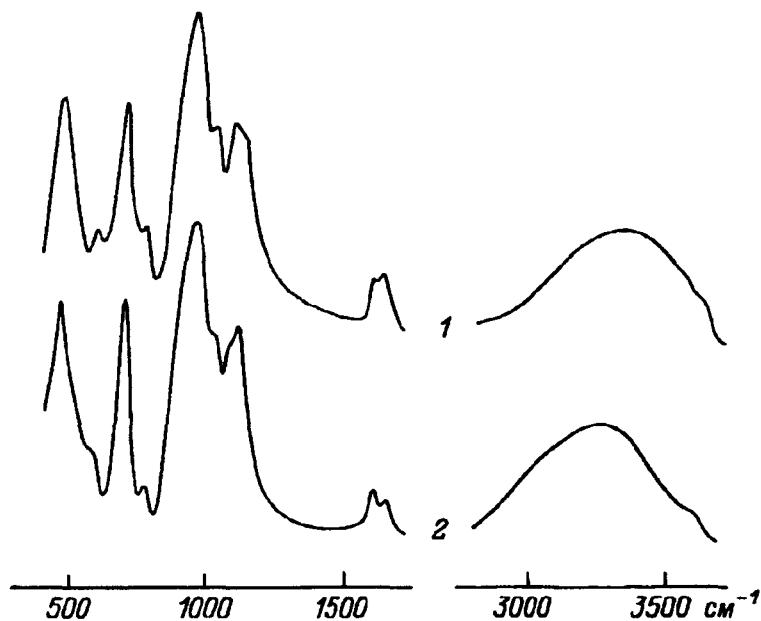
X-ray powder diffraction pattern of organovaite-Mn (diffractometer, $\text{MoK}_{\alpha 1}$ -radiation)

<i>I</i>	$d_{\text{изм.}}, \text{Å}$	$d_{\text{расч.}}, \text{Å}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$d_{\text{изм.}}, \text{Å}$	$d_{\text{расч.}}, \text{Å}$	<i>hkl</i>
9	9.50	9.485	11 $\bar{1}$	3	2.262	2.262	153
100	6.99	7.001	020	3	2.211	2.213	062
		6.958	002	5	2.071	2.070	35 $\bar{5}$
25	6.43	6.449	200	3	2.055	2.055	15 $\bar{5}$
		6.447	20 $\bar{2}$	11	2.043	2.042	442, 44 $\bar{6}$
28	4.936	4.935	022	2	1.957	1.956	404
6	4.741	4.743	220			1.955	40 $\bar{8}$
1	4.520	4.522	31 $\bar{1}$	11	1.933	1.934	046
2	4.126	4.109	31 $\bar{3}$	4	1.886	1.884	424
7	3.906	3.912	202	9	1.821	1.819	804
		3.911	20 $\bar{4}$	5	1.756	1.760	824, 80 $\bar{2}$
1	3.641	3.638	40 $\bar{2}$	12	1.750	1.751	35 $\bar{7}$
3	3.474	3.479	004			1.750	080
		3.228	42 $\bar{2}$	5	1.739	1.740	008
89	3.227	3.224	400	21	1.709	1.710	462, 46 $\bar{6}$
		3.223	40 $\bar{4}$			1.707	444, 44 $\bar{8}$, 82 $\bar{2}$
68	3.123	3.127	042				82 $\bar{6}$
		3.116	024	4	1.689	1.697	082
16	3.076	3.076	240, 24 $\bar{2}$			1.689	15 $\bar{7}$
2	3.009	3.003	31 $\bar{5}$	2	1.670	1.669	66 $\bar{2}$
12	2.956	2.957	11 $\bar{5}$	3	1.645	1.645	066
16	2.931	2.929	420	2	1.622	1.621	642
		2.928	42 $\bar{4}$	3	1.618	1.620	64 $\bar{8}$
2	2.841	2.834	51 $\bar{3}$	15	1.573	1.572	84 $\bar{2}$, 84 $\bar{6}$
6	2.626	2.637	151			1.571	820, 82 $\bar{8}$
		2.608	244	7	1.538	1.538	480, 484
25	2.607	2.600	204	4	1.530	1.532	42 $\bar{6}$
		2.599	20 $\bar{6}$			1.531	4.2.1 $\bar{0}$
29	2.520	2.522	44 $\bar{2}$	5	1.464	1.464	840, 84 $\bar{8}$
		2.515	402			1.436	482, 48 $\bar{6}$
14	2.466	2.514	40 $\bar{6}$	22	1.434	1.435	864
		2.468	044			1.432	446, 4.4.1 $\bar{0}$

Примечание. Диффрактометр, $\text{MoK}_{\alpha 1}$ -излучение; *hkl* даны с учетом вычисленных интенсивностей.

связями ненадквечита и прочными — лабунцовита) высокая частота Ti(Nb)-O-валентных колебаний (690—693 cm^{-1}), отражающая почти полную заселенность сшивающей октаэдрической позиции D. От кузьменкоита-Мп органоваит-Мп отличается присутствием в ИК-спектре четкого максимума поглощения при 587 cm^{-1} .

Органоваит-Мп, как и все другие члены группы лабунцовита, характерен для щелочных гидротермалитов. «Рыхлая» цеолитоподобная структура, высокое содержание относительно слабосвязанной воды, набор минералов-спутников свидетельствуют о его низкотемпературном происхождении. В описанном пегматитовом геле на г. Карнасурт находится самое, видимо, крупное из всех известных скоплений минералов группы лабунцовита и представлено оно в основном органоваитом-Мп. Этот факт заслуживает внимания еще и потому, что титановые представители группы встречаются в природе намного чаще ниобиевых, ведь титан — более распространенный элемент. Первопричиной такого обилия поздних ниобиевых минералов, чья основная масса представлена органоваитом, в пегматите г. Карнасурт явился вуон-



ИК-спектры органовайта-Mn (1) и кузьменкоита-Mn (2).

IR spectra of organovaite-Mn (1) and kuzmenkoite-Mn (2).

немит. Так, результаты наших наблюдений в соседнем Хибинском массиве показывают четкую приуроченность находок сколь-либо существенных количеств ниобиевых членов группы лабунцовита—ненадкевичита и вуориярвита непосредственно к псевдоморфозам по вуоннемиту. В Ловозере вуоннемит широко распространен и является главным собственным минералом ниобия в ультраапатитовых пегматитах, где дает подчас крупные скопления. В структуре вуоннемита Nb и Ti занимают различные позиции (Дроздов и др., 1974), что обуславливает достаточно устойчивую стехиометрию — $Nb:Ti \approx 2$. Вуоннемит $Na_{11}TiNb_2(Si_2O_7)_2(PO_4)_2O_3(F,OH)$ — предельно щелочной минерал, очень неустойчивый на позднегидротермальных стадиях и легко замещающийся здесь водными силикатами и оксидами. Титан и ниобий — самые малоподвижные в этих условиях компоненты вуоннемита: при его изменении они практически не выносятся и таким образом наследуются минералами, кристаллизующимися *in situ*. Отнесение протоминерала наших псевдоморфоз к вуоннемиту не вызывает сомнения благодаря характерной форме его кристаллов, хорошо сохранившейся в процессе замещения. Соотношение Ti и Nb, как можно видеть в том числе и на примере органовайта-Mn с г. Карнасурт (табл. 1), при этом изменяется мало. Находки на г. Флора свидетельствуют о том, что органовайт может формироваться и вне связи с вуоннемитом, но уже в несопоставимо меньших количествах.

Эталонный образец органовайта-Mn передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве, рег. № 2589/2.

Авторы благодарят Ю. К. Кабалова за помощь. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 99-05-65524.

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.
- Дроздов Ю. Н., Баталиева Н. Г., Воронков А. А., Кузьмин Э. А. Кристаллическая структура $Na_{11}Nb_2TiSi_4P_2O_{25}F$ // Докл. РАН. 1974. Т. 216. № 1. С. 78—81.
- Органова Н. И., Шлюкова З. В., Забавникова Н. И., Платонов А. Н., Рудницкая Е. С. О кристаллохимии лабунцовита и ненадкевичита // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 2. С. 98—116.
- Органова Н. И., Архипенко Д. К., Диков Ю. П., Карпинский О. Г., Шлюкова З. В. Структурные особенности новой калийсодержащей разновидности лабунцовита и ее место в семействе лабунцовит—ненадкевичит // Минер. журн. 1981. Т. 3. № 2. С. 49—63.

- Пеков И. В., Чуканов Н. В., Хомяков А. П. и др. Коробицынит $\text{Na}_{3-x}(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3\text{—}4\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал из Ловозерского массива, Кольский полуостров // ЗВМО. 1999. № 3. С. 72—79.
- Расцветова Р. К., Тамазян Р. А., Пушчаровский Д. Ю., Надеждина Т. Н., Волошин А. В. К-ненадкевичит — новый представитель в ряду ненадкевичит—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 ненадкевичита // 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. 1997а. Т. 357. № 1. С. 64—67.
- Расцветова Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура нового минерала — титанового аналога ромбического ненадкевичита // Докл. РАН. 1997б. Т. 357. № 3. С. 364—367.
- Расцветова Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В., Шлюкова З. В., Хомяков А. П. Структуры двух высококальциевых лабунцовитов в свете кристаллохимии минералов семейства лабунцовита—ненадкевичита // Кристаллография. 1998. Т. 43. № 5. С. 874—881.
- Расцветова Р. К., Органова Н. И., Рождественская И. В., Шлюкова З. В., Чуканов Н. В. Кристаллическая структура оксониевого минерала группы ненадкевичита—лабунцовита из Хибинского массива // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 3.
- Субботин В. В., Волошин А. В., Пахомовский Я. А. и др. Вуориярвит $(\text{K}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{O}, \text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал из карбонатитов массива Вуориярви (Кольский полуостров) // Докл. РАН. 1998. Т. 358. № 4. С. 517—519.
- Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Расцветова Р. К., Дорохова Г. И. Леммлейнит $\text{NaK}_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал семейства лабунцовита—ненадкевичита // ЗВМО. 1999. № 5. С. 54—63.
- Чуканов Н. В., Пеков И. В., Головина Н. И., Зидов 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 // Can. Miner. 1999. Vol. 37. P. 901—910.
- Milton Ch., Mrose M. E., Fahey J. J., Chao E. C. T. Labuntsovite from the Trona Mine, Sweetwater County, Wyoming // Bull. Geol. Soc. Amer. 1958. Vol. 69. N 12. P. 1614—1621.
- 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 549.64 (470.21)

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

© Д. чл. И. В. ПЕКОВ,* Н. В. ЧУКАНОВ,** А. Г. ТУРЧКОВА,* В. Г. ГРИШИН*

ФЕРРОНОРДИТ-(La) $\text{Na}_3\text{Sr}(\text{La}, \text{Ce})\text{FeSi}_6\text{O}_{17}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ НОРДИТА ИЗ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ¹

I. V. PEKOV, N. V. CHUKANOV, A. G. TURCHKOVA, V. G. GRISHIN. FERRONORDITE-(La),
 $\text{Na}_3\text{Sr}(\text{La}, \text{Ce})\text{FeSi}_6\text{O}_{17}$, A NEW MINERAL OF THE NORDITE GROUP FROM LOVOZERO MASSIF,
KOLA PENINSULA

* Московский университет, геологический факультет, 119899, Москва, Воробьевы горы

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

Ferronordite-(La), a new mineral of the nordite group, La-dominant analogue of ferronordite-(Ce) has been found in ussingite cores of two hyperagpaitic pegmatites at Bol'shoi Punkaruiv Mt., Lovozero alkaline massif, Kola peninsula, Russia. F. associates with aegirine, epidote, sphalerite, steenstrupine-(Ce), altered serandite. F. occurs as tabular crystals up to $8 \times 5 \times 1$ mm (main form — {100}), spherulites with diameter 1.5 cm in ussingite. Transparent, colourless to pale-brown. Streak white. Lustre vitreous. Brittle, cleavage (100) perfect. Mohs' hardness — 5. $D_{\text{meas}} = 3.54$, $D_{\text{calc}} = 3.62$ g/cm³. Optically biaxial, negative; $\alpha = 1.624(1)$, $\beta = 1.637(1)$, $\gamma = 1.644(1)$; $2V_{\text{meas}} = 60(15)$, $2V_{\text{calc}} = 72(12)$. Dispersion: $r > v$, weak. Optical orientation: $\alpha = a$, $\gamma = b$, $\beta = c$. Chemical composition (microprobe, % wt): Na₂O 11.23, CaO 0.53, CrO 12.69, BaO 0.36, MgO 0.30, MnO 2.50, FeO 3.75, ZnO 2.29, La₂O₃ 11.36, Ce₂O₃ 8.21, Pr₂O₃ 1.00, Nd₂O₃ 0.89, Al₂O₃ 0.14, SiO₂ 44.06, total 99.31. Empirical formula (calc. on O₁₇): $(\text{Na}_{2.92}\text{Ca}_{.08})\Sigma 3.00(\text{Sr}_{.99}\text{Ba}_{.02})\Sigma 1.01(\text{La}_{.57}\text{Ce}_{.41}\text{Pr}_{.05}\text{Nd}_{.04})\Sigma 1.09(\text{Fe}_{.43}\text{Mn}_{.29}\text{Zn}_{.23}\text{Mg}_{.06})\Sigma 1.01(\text{Si}_{5.92}\text{Al}_{.02})\Sigma 5.94\text{O}_{17}$. Idealized formula (Z = 4): $\text{Na}_3\text{Sr}(\text{La}, \text{Ce})\text{FeSi}_6\text{O}_{17}$. Orthorhombic, Pcca (by analogy with other

¹ Рассмотрено и рекомендовано Комиссией по новым минералам и названиям минералов ВМО 12 марта 2000 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА 5 июля 2000 г.