

© Д. чл. Н. В. ЧУКАНОВ,* д. чл. И. В. ПЕКОВ,** А. Е. ЗАДОВ,*** К. А. РОЗЕНБЕРГ,
Р. К. РАСЦВЕТАЕВА,**** С. В. КРИВОВИЧЕВ,***** Л. А. ЛЕВИЦКАЯ*****

**НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ ЦЕПИНИТ-К $(K,Ba,Na)_2(Ti,Nb)_2(Si_4O_{12})(OH,O)_2 \cdot 3H_2O$
И ПАРАЦЕПИНИТ-Ва $(Ba,Na,K)_{2-x}(Ti,Nb)_2(Si_4O_{12})(OH,O)_2 \cdot 4H_2O$
И ИХ СООТНОШЕНИЯ С ДРУГИМИ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ
ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА¹**

N. V. CHUKANOV, I. V. PEKOV, A. E. ZADOV, K. A. ROSENBERG, R. K. RASTSVETAEVA,
S. V. KRIVOVICHEV, L. A. LEVITSKAYA. NEW MINERALS TSEPINITE-K $(K,Ba,Na)_2(Ti,Nb)_2$
 $(Si_4O_{12})(OH,O)_2 \cdot 3H_2O$ AND PARATSEPINITE-Ba $(Ba,Na,K)_{2-x}(Ti,Nb)_2(Si_4O_{12})(OH,O)_2 \cdot 4H_2O$
AND THEIR RELATIONSHIP WITH OTHER LABUNTSOVITE GROUP MEMBERS

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

** Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

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

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

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

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

New minerals of labuntsovite-group: tsepinite-K and paratsepinite-Ba, were discovered in the well known Khibiny-Lovozero alkaline complex (Kola peninsula, Russia). The minerals were named as K- and Ba-bearing analogs, with doubled *c* parameter, of tsepinite-Na. Tsepinite-K was discovered in alkaline pegmatites at Karnasurt Mt. (Lovozero) as short-prismatic colourless crystals up to 0.4 mm length (main forms {001}, {010}, {100} and $\{-201\}$) in pseudomorphs after murmanite, in association with other labuntsovite-group minerals, manganneptunite, aegirine, natrolite, chabasite-Ca, etc. (holotype), and at Eveslogchorr and Kukisvumchorr Mts. (Khibiny). Paratsepinite-Ba was found as imperfect long-prismatic light-brown crystals, up to 5 mm long, together with other labuntsovite-group minerals, titanite, aegirine, eudialyte, lamprophyllite, lorenzenite, natrolite, vinogradovite, tundraite-(Ce), etc. in alkaline pegmatite at Lepkhe-Nelm Mt. (Lovozero). Tsepinite-K and paratsepinite-Ba are brittle; cleavage non-perfect, Mohs' hardness 5. Both are monoclinic, optically biaxial, positive, $2V = 25-40^\circ$, $\alpha = 1.690(3)$ and $1.667(2)$, $\beta = 1.701(3)$ and $1.674(2)$, $\gamma = 1.800(5)$ and $1.770(5)$; $D_{meas} = 2.88(3)$ and $2.88(3)$ g/cm³, $D_{calc} = 2.97$ and 2.91 g/cm³ respectively. In crystal structures $R = 0.032$ and 0.072 , respectively. For tsepinite-K space group is *Cm*, $a = 14.327(3)$, $b = 13.802(2)$, $c = 7.783(1)$ Å, $\beta = 116.95(1)^\circ$, $V = 1372$ Å³, $Z = 4$; for paratsepinite-Ba space group is *C2/m*, $a = 14.551(2)$, $b = 14.01(2)$, $c = 15.702(3)$ Å, $\beta = 117.58(1)^\circ$, $V = 2835$ Å³, $Z = 8$. The strongest lines of the powder diffraction pattern [d , Å (I , %) (hkl)] are — tsepinite-K: 6.87 (100) (001, 020), 3.20 (60) (400), 3.05 (80) (022, 041), 3.00 (60) (240, 24—1), 2.56 (90) (241, 24—2, 20—3, 331); paratsepinite-Ba: 7.11 (100) (020), 4.08 (80) (310), 3.95 (100) (202, 20—4), 3.24 (90) (400, 40—4), 3.11 (80) (042, 024), 2.403 (80) (60—2). Chemical compositions of the holotype samples of tsepinite-K and paratsepinite-Ba (wt. %, electron probe, H₂O content — by thermogravimetric method): Na₂O 2.14 and 1.80; K₂O 6.54 and 1.69; CaO — 0 and 0.51; SrO 0 and 1.96; BaO 11.28 and 11.02; MnO 1.15 and 1.25; FeO 0.37 and 0; Al₂O₃ 0 and 0.22; SiO₂ 38.86 and 38.86; TiO₂ 21.47 and 17.73; Nb₂O₅ 7.05 and 11.60; H₂O 10.34 and 12.86; total 99.20 and 98.58. Their empirical formulae are, respectively: $(K_{0.86}Ba_{0.46}Na_{0.43}Mn_{0.10})\Sigma 1.85(Ti_{1.66}Nb_{0.33}Fe_{0.03})\Sigma 2.02Si_4O_{12}(OH)_{1.21}O_{0.79} \cdot 2.94H_2O$; $(Ba_{0.46}Na_{0.37}K_{0.23}Mn_{0.10}Ca_{0.06})\Sigma 1.35(Ti_{1.40}Nb_{0.55})\Sigma 1.95(Si_{3.97}Al_{0.03}O_{12})(OH)_{1.58}O_{0.42} \cdot 3.7H_2O$. Simplified formulae are: $(K,Ba,Na)_2(Ti,Nb)_2(Si_4O_{12})(OH,O)_2 \cdot 3H_2O$ and $(Ba,Na,K)_{2-x}(Ti,Nb)_2(Si_4O_{12})(OH,O)_2 \cdot 4H_2O$. Type material of the minerals is deposited in Fersman Mineralogical Museum, Russian Academy of Sciences, Moscow.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие минералы группы лабунцовита стали предметом пристального внимания исследователей. За это время существенно расширилась география их находок (они известны уже в 15 геологических объектах мира), количество минеральных видов возросло с 2 до 23, для большого числа образцов изучены химический состав, кристаллическая структура, физические свойства, способность к катионному обмену, получены синтетические аналоги некоторых минералов этой группы.

¹ Рассмотрено КНМНМ ВМО 22 декабря 2001 г. Утверждено КНМНМ ММА 4 апреля 2002 г.

Подавляющее большинство этих исследований проведено в России, а лидирующим по числу проявлений минералов группы лабунцовита, исследованных образцов и впервые описанных минеральных видов является Хибино-Ловозерский щелочной комплекс на Кольском полуострове. Описываемые в настоящей статье минералы **цепинит-К** и **парацепинит-Ва** происходят из гидротермалитов, связанных с щелочными пегматитами Хибино-Ловозерского комплекса. Они получили свои названия в соответствии с принятой номенклатурой группы лабунцовита (Chukanov e. a., 2002). По строению и составу каркаса структуры они являются аналогами ранее открытого цепинита-На (Шлюкова и др., 2001), отличающимися от него преобладающим внекаркасным катионом (К и Ва соответственно). Приставка «пара» в названии парацепинита-Ва указывает на удвоенный по сравнению с цепинитом параметр *c* элементарной ячейки.

О ВЗАИМОСВЯЗИ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И ГЕНЕЗИСА МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА

Авторами настоящей работы изучены состав и свойства более 300 образцов и кристаллические структуры 20 образцов рассматриваемой группы минералов. Они охватывают практически все их структурные типы и происходят из всех их генетических типов. Это позволяет сделать ряд обобщений, представляющихся важными.

1. Эти минералы, как и некоторые другие щелочные титано- и ниобосиликаты, в структурном отношении обладают рядом черт, сближающих их с цеолитами, а именно наличием жесткого каркаса с трехмерной системой сквозных каналов, заполненных щелочными и щелочноземельными А-катионами и молекулами воды (Chukanov e. a., 1999). Эта особенность обуславливает их ионообменные свойства (Пеков и др., 2002). Но в отличие от «истинных» алюмосиликатных цеолитов структурными элементами каркаса описываемых минералов являются, наряду с тетраэдрическими фрагментами (кольцами Si_4O_{12}), также цепочки Ti- и Nb-октаэдров и дополнительный «сшивающий» эти цепочки октаэдр D, заселенный ионами Mg, Mn^{2+} , Fe^{2+} , Zn или Ca (впрочем, позиция D может быть и вакантной). Общая упрощенная формула для минералов группы лабунцовита может быть записана в виде $\text{A}_2\text{B}_2\text{C}_2\text{DM}_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O},\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, причем для членов подгруппы гутковаита внекаркасная позиция А распадается на А' и А'' (табл. 1), а для некоторых наименее упорядоченных минералов группы лабунцовита внекаркасные позиции А, В и С расщеплены на большое число подпозиций с низкой заселенностью последних. В последнем случае минеральные виды выделяются по преобладающему внекаркасному катиону.

2. При общем структурном мотиве все эти минералы характеризуются разными типами структур. Каждому структурному типу отвечает определенная подгруппа минералов (Chukanov e. a., 2002). До настоящего времени было известно 8 таких подгрупп, отличающихся симметрией, набором структурных позиций и/или метрикой ячейки. Это подгруппы лабунцовита (включают лабунцовит-Mg, лабунцовит-Mn, лабунцовит-Fe), паралабунцовита (паралабунцовит-Mg), леммлейнита (леммлейнит-К, леммлейнит-Ва), гутковаита (гутковаит-Mn, алсахаровит-Zn, нескеварит-Fe), кузьменкоита (кузьменкоит-Mn, кузьменкоит-Zn, карупмёллерит-Са, гьердингенит-Fe), органиоваита (органиоваит-Mn, органиоваит-Zn, паракузьменкоит-Fe), вуориярвита (вуориярвит-К, цепинит-На) и ненадкевичита (ненадкевичит, коробицынит) — см. табл. 1. Внутри каждой подгруппы наблюдается полная изоморфная смесимость. Цепинит-К принадлежит к подгруппе вуориярвита, а парацепинит-Ва является родоначальником новой самостоятельной подгруппы.

3. Подгруппы могут быть выстроены в ряд, в котором четко проявляется тенденция к закономерному изменению физических свойств минералов (ИК-спектры, оптические характеристики, поведение при нагревании) и порошковых рентгенограмм. Этот ряд таков: подгруппы лабунцовита, паралабунцовита и леммлейнита →

Таблица 1

Минералы группы лабунцовита $A_2B_2C_2DM_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot nH_2O$
 Labuntsovite-group minerals $A_2B_2C_2DM_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot nH_2O$

Название	A	B	C	D	M	Z	Сингония	Пространственная группа	Подгруппа
Ненадкевичит	Na	—	—	—	Nb	1	Ромб.	<i>Pbam</i>	Ненадкевичита
Коробицынит	Na	—	—	—	Ti	1	Ромб.	<i>Pbam</i>	
Вуориярвит-К	К (для A+B+C)			□	Nb	2	Мон.	<i>Cm</i>	Вуориярвита
Цепинит-На	Na (для A+B+C)			□	Ti	2	Мон.	<i>Cm</i>	
Цепинит-К	К (для A+B+C)			□	Ti	2	Мон.	<i>Cm</i>	Парацепинита
Парацепинит-Ва	Ва (для A+B+C)			□	Ti	4	Мон.	<i>C2/m</i>	
Леммлейнит-К	Na	К	К	□	Ti	2	Мон.	<i>C2/m</i>	Леммлейнита
Леммлейнит-Ва	Na	К	Ва	□	Ti	2	Мон.	<i>C2/m</i>	
Лабунцовит-Мп	Na	К	□	Mn	Ti	2	Мон.	<i>C2/m</i>	Лабунцовита
Лабунцовит-Мг	Na	К	□	Mg	Ti	2	Мон.	<i>C2/m</i>	
Лабунцовит-Fe	Na	К	□	Fe	Ti	2	Мон.	<i>C2/m</i>	Паралабунцовита
Паралабунцовит-Мг	Na	К	□	Mg	Ti	4	Мон.	<i>I2/m</i>	
Карупмёллерит-Са	□	Na	□	Ca	Nb	2	Мон.	<i>C2/m</i>	Кузьменкоита
Гьердингенит-Fe	□	К	□	Fe	Nb	2	Мон.	<i>C2/m</i>	
Кузьменкоит-Мп	□	К	□	Mn	Ti	2	Мон.	<i>C2/m</i> или <i>Cm</i>	
Кузьменкоит-Zn	□	К	□	Zn	Ti	2	Мон.	<i>Cm</i>	Органоваита
Органоваит-Мп	□	К	□	Mn	Nb	4	Мон.	<i>C2/m</i>	
Органоваит-Zn	□	К	□	Zn	Nb	4	Мон.	<i>C2/m</i>	
Паракузьменкоит-Fe	□	К	□	Fe	Ti	4	Мон.	<i>C2/m</i>	
Гутковаит-Мп	Ca+□	К	□	Mn	Ti	2	Мон.	<i>Cm</i>	Гутковаита
Алсахаровит-Zn	Na+Sr	К	□	Zn	Ti	2	Мон.	<i>Cm</i>	
Нескевараит-Fe	Na+K	К	□	Fe	Ti	2	Мон.	<i>Cm</i>	

Примечание. □ — вакансия. Проверк означает отсутствие данной позиции в структуре минерала. Для минералов подгруппы ненадкевичита «А» означает совокупность всех внекаркасных катионов.

подгруппа гутковаита → подгруппы кузьменкоита и органоваита → подгруппы вуориярвита и парацепинита → ромбические члены (подгруппа ненадкевичита) (1).

В большинстве случаев этому ряду соответствует и последовательность образования: расположенные правее минералы кристаллизуются позже, что особенно хорошо видно в сростках различных минералов между собой. Для поздних минералов наблюдаются относительно более слабые водородные связи, образуемые молекулами воды (по данным ИК-спектроскопии), и более низкие температуры дегидратации, что тоже косвенно свидетельствует о более низких температурах образования.

Обращает на себя внимание, что в левой части ряда (1) находятся в основном минералы с заполненной позицией D в их структуре, а в правой — D-дефицитные или не содержащие в своей структуре позиции D (подгруппы вуориярвита, парацепинита, ненадкевичита). Исключением являются леммлейниты, которые в отличие от других моноклинных D-дефицитных представителей всей группы характеризуются высокой степенью катионной упорядоченности их структуры, что сближает их с лабунцовитами. Сходство леммлейнитов с лабунцовитами проявляется также в существовании непрерывных изоморфных рядов между членами этих подгрупп.

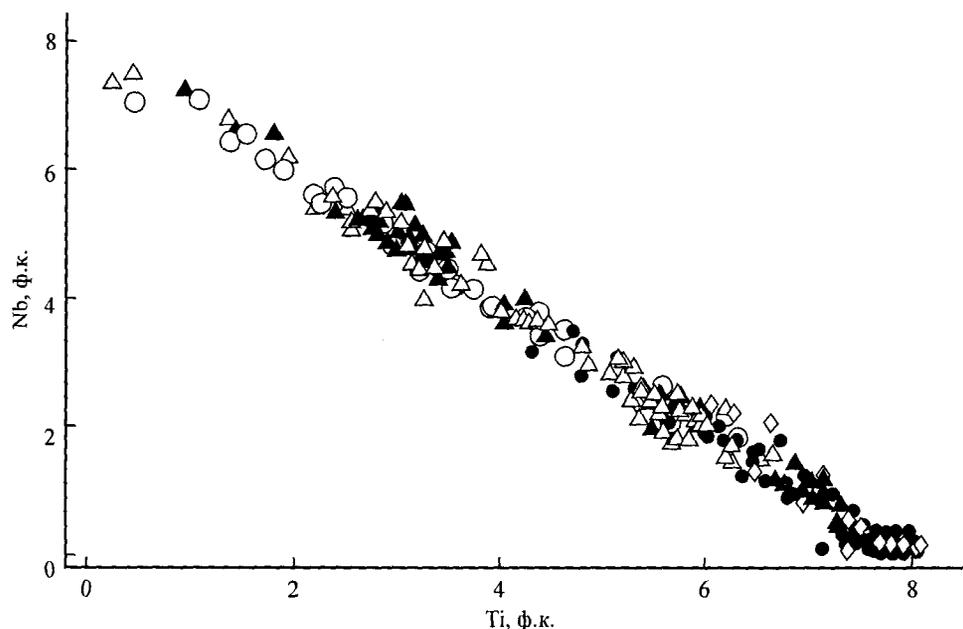


Рис. 1. Соотношения Ti и Nb (ат., в расчете на 16 Si) в минералах группы лабунцовита.

Здесь и на рис. 2 и 3 *незакрашенные* кружки — подгруппа ненадкевичита; *закрашенные* кружки — подгруппы лабунцовита и паралабунцовита; *квадраты* — подгруппа леммлейнита; *закрашенные треугольники* — подгруппы кузьменкоита, органоваита и гутковаита; *незакрашенные треугольники* — подгруппы вуориярвита и парацепинита.

Fig. 1. Ti/Nb ratios (calculated per 16 Si atoms) in the labuntsovite minerals. Shown subgroups of nenadkevichite, labuntsovite and paralabuntsovite, lemmlinite, kuzmenkoite, organovaita and gutkovaite, vuoriyarvite and paratsepinite.

В то же время между представителями других подгрупп смесимость во многих случаях ограничена. Это подтверждается, в частности, наличием резких фазовых границ между срастающимися индивидами, принадлежащими к членам разных подгрупп, а также в существенно неравномерном распределении в них различных компонентов (Na, Ca, Sr, Nb, сумма катионов D и др.), установленных путем статистического анализа составов по большим выборкам проб. Иными словами, каждая подгруппа (структурный тип) минералов обладает индивидуальным структурно обусловленным средством к определенным каркасообразующим и внекаркасным катионам.

4. Минералы группы лабунцовита образуются в гидротермальных условиях, кристаллизуясь в полостях или замещая более ранние минералы Ti и Nb (вуоннемит/эпистолит, ломоносовит/мурманит, реже пирохлор, ринкит, лопарит и др.); в случаях замещения нередко наследуется отношение Ti/Nb, характерное для минерала-предшественника, а катионы позиции D и внекаркасные катионы могут заимствоваться из ассоциирующих минералов, растворяющихся на этой стадии или чуть раньше: Zr — из сфалерита, Mn и Ca — из серандита, Sr — из лампрофиллита и т. д. Состав внекаркасных катионов (Na, K, Ca, Sr, Ba) может определяться также и последующими ионообменными процессами. Для большинства моноклинных минералов группы лабунцовита $Z = 2$ (табл. 1), что соответствует 16 атомам кремния на элементарную ячейку. По этой причине содержания всех катионов на рис. 1—3 даны в расчете на 16 Si.

5. Ряд (1) характеризуется закономерными изменениями химического состава минералов. Наиболее отчетливо это проявляется в величине отношения Ti/Nb — для подгрупп лабунцовита, паралабунцовита, леммлейнита и гутковаита Nb-доминантные представители неизвестны, зато для этих минералов (кроме членов подгруппы гутковаита) нередки почти чисто титановые разновидности. Это хорошо

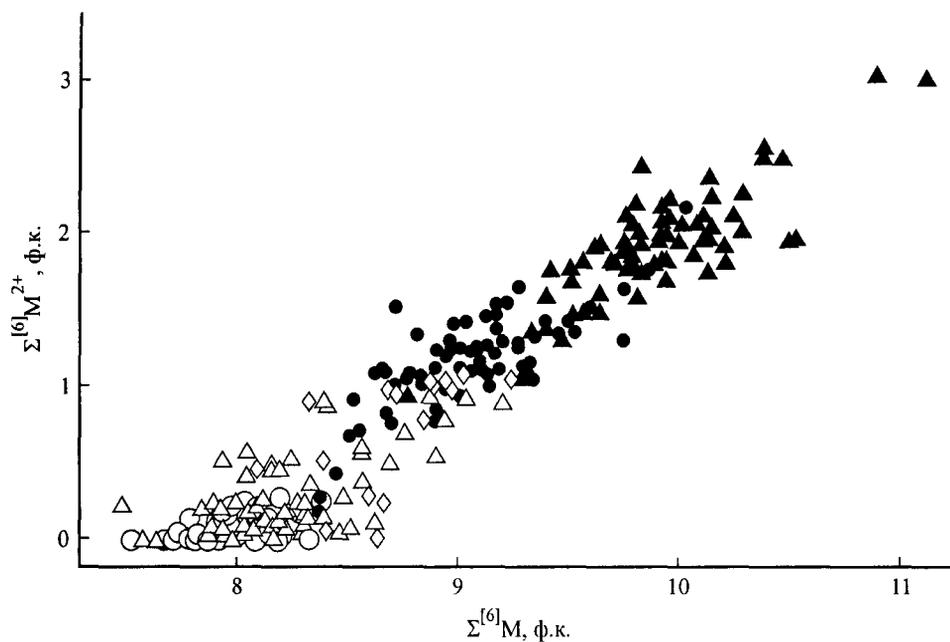


Рис. 2. Корреляция между суммой катионов типа D ($\Sigma^{[6]}M^{2+}$) и суммой всех октаэдрических катионов ($\Sigma^{[6]}M$) в минералах группы лабунцовита (в расчете на Si = 16).

Fig. 2. Correlation between sums of D-type cations ($\Sigma^{[6]}M^{2+}$) and all octahedral cations ($\Sigma^{[6]}M$) in the labuntsovite-group minerals (calculated per 16 Si atoms).

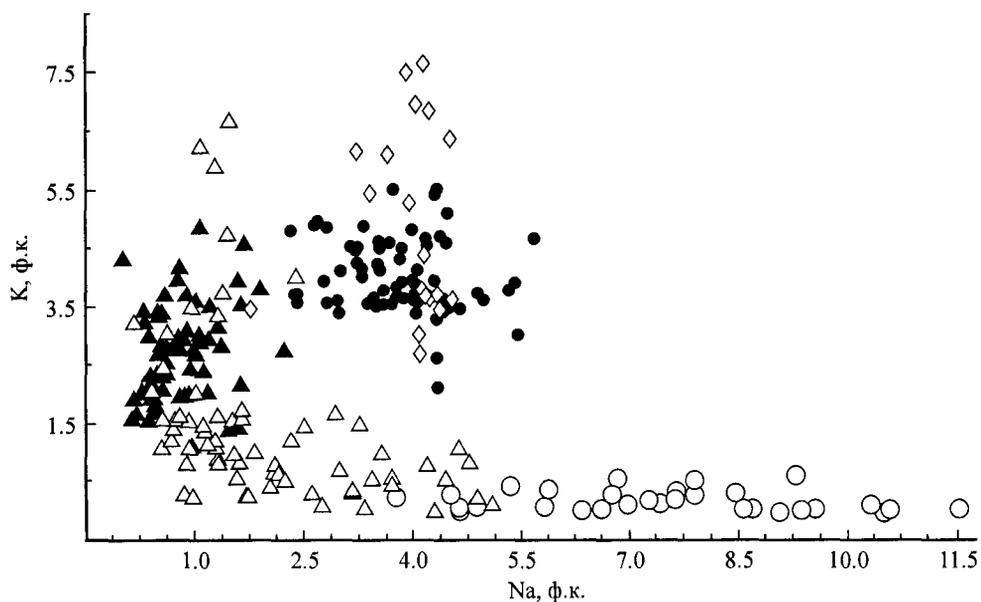


Рис. 3. Содержания калия и натрия в минералах группы лабунцовита (в расчете на Si = 16).

Fig. 3. Contents of K and Na in the labuntsovite-group minerals (calculated per 16 Si atoms).

видно на рис. 1. Напротив, предельно ниобиевые разновидности известны в подгруппах вуориярвита и ненадкевичита. Очевидно, эта закономерность связана с условием соблюдения баланса зарядов, так как члены подгрупп вуориярвита, парацепинита и ненадкевичита обладают дефицитом катионов типа D (рис. 2), нередко неполной заселенностью позиций A (распределение главных внекаркасных катионов Na и K проиллюстрировано на рис. 3) и как следствие — общим дефицитом положительного заряда, компенсирующегося заменой Ti^{4+} на Nb^{5+} .

Максимальное содержание октаэдрических катионов (Ti, Nb, Mg, Mn, Fe, Zn) в минералах группы лабунцовита, согласно вышеприведенной общей идеализированной формуле, равно 10. Однако для минералов подгруппы органовайта, согласно структурным данным, возможно вхождение дополнительных атомов Zn и/или Mn в виде гидратных комплексов во внекаркасную позицию, возглавляемую калием, в результате чего для минералов этой подгруппы величина $Ti + Nb + Mg + Mn + Fe + Zn$ может достигать 11 и более атомов на 16 Si (см. рис. 2).

Среди минералов рассматриваемой группы наибольшей упорядоченностью расселения катионов в структуре обладают члены подгруппы лабунцовита [моноклинные, идеализированная формула $Na_2K_2DTi_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot nH_2O$] и их D-дефицитные аналоги — члены подгруппы леммлейнита $Na_2K_2(Ba,K)_2Ti_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot nH_2O$, в структурах которых внекаркасные катионы избирательно занимают три типа независимых позиций. Высокой степенью катионной упорядоченности структуры характеризуются и ромбические минералы, относящиеся к изоморфному ряду ненадкевичит—коробицынит, общая формула которых $Na_{8-x}(Nb,Ti)_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot nH_2O$. В этих минералах из-за принципиально иной, нежели у лабунцовитов, конфигурации каркаса, характеризующегося узкими цеолитоподобными каналами, среди внекаркасных катионов резко преобладает Na, занимающий две однотипные позиции.

Иную ситуацию мы наблюдаем для промежуточных членов ряда (1), в частности для D-вакансионных минералов, относящихся к подгруппе **вуориярвита**. Внекаркасные катионы располагаются в этих минералах в многочисленных смешанно-заселенных позициях, в которых к тому же, как правило, преобладают вакансии. Так, в структуре вуориярвита-K найдено семь позиций внекаркасных катионов, в структуре ципинита-Na — восемь; кроме того, в подобных структурах дополнительно расщеплены позиции, занимаемые молекулами воды (Rastsvetaeva e. a., 1994; Расцветаева и др., 2000). Среди минералов группы лабунцовита члены подгруппы вуориярвита отличаются наиболее широкими цеолитными каналами. Это обстоятельство, а также отсутствие катионов типа D способствуют проявлению ионообменных свойств, которые у минералов подгруппы вуориярвита выражены наиболее отчетливо среди всех минералов группы лабунцовита (Пеков и др., 2002). Возможно, именно по этой причине вуориярвиты и ципиниты нередко обогащены стронцием и кальцием — элементами, которые совершенно нехарактерны для членов подгрупп лабунцовита, паралабунцовита и леммлейнита.

Наконец, для промежуточных членов ряда (1) очень характерно комбинированное полисинтетическое двойникование по (001) и (-401). Подобное микродвойникование наблюдалось для одной из разновидностей леммлейнита-K (Расцветаева и др., 1996) и ни разу — для лабунцовита и леммлейнита-Ba. Такие полисинтетически сдвойникованные кристаллы имеют ромбическую псевдосимметрию, проявляющуюся как в их морфологии, включая типичную штриховку на гранях, так и в дифракционной картине. Вероятно, такие кристаллы формировались как истинно ромбические, но с понижением температуры разновидности, обогащенные крупными катионами (K и/или Ba), в отличие от существенно натриевых преобразовались в моноклинные путем микродвойникования, сняв таким образом напряжения. А они неизбежно должны возникать при внедрении K или Ba в узкий канал ромбической структуры.

УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ И МОРФОЛОГИЯ ЦЕПИНИТА-К И ПАРАЦЕПИНИТА-Ва

Голотипный образец цепинита-К происходит из Ловозерского массива, с горы Карнасурт, из пегматита № 62, согласно нумерации Е. И. Семенова (1972 г.). Этот хорошо известный пегматит залегает на контакте фойяитов и люавритов с науяитами, обнажаясь в виде пяти коренных выходов, крупнейший из которых имеет размеры 55 × 40 м, и глыбовых развалов. В пегматите наблюдаются следующие зоны: 1) внешняя, на 80% сложенная зеленым эгирином, в массе которого разбросаны кристаллы микроклина, а также псевдоморфозы по эвдиалиту, мурманиту и содалиту; 2) содалитовая; 3) натролитовое ядро. Минералы группы лабунцовита (главным образом кузьменкоит-Мп, лабунцовит-Мп и леммлейнит-Ва) являются преобладающими компонентами псевдоморфоз по пластинам ломоносавита/мурманита (до 10 × 6 × 0.5 см) в эгириновой зоне. Псевдоморфозы эти — массивные или ячеистые, содержат также манганнептунит, эгирин и натролит; мелкие полости в них заполнены агрегатами шабазита-Са, иофортьерита, нонтронита, минерала группы каолинита. В полостях встречаются и хорошо ограненные кристаллы макроскопически неразличимых леммлейнита-Ва, лабунцовита-Мп и цепинита-К (между ними здесь реализуется непрерывное поле составов). Эти кристаллы короткопризматические, бесцветные или имеют светло-кофейный цвет, обычно прозрачны. Нередко они эпитаксически нарастают на более ранние досковидные кристаллы кузьменкоита-Мп длиной до 1.5—2 мм, вишнево-коричневого цвета. Кристаллы цепинита-К достигают 0.5 мм. Количественные соотношения минералов группы лабунцовита в псевдоморфозах широко варьируют. Цепинит-К является среди них наиболее поздним.

В Хибинском массиве цепинит-К установлен в образцах из гидротермально переработанных пегматитовых тел на горах Эвеслогчорр и Кукисвумчорр. Этот материал собран и передан авторам для исследования коллекционером А. С. Подлесным.

Первая из хибинских находок сделана в крупном пегматитовом теле на северном склоне горы Эвеслогчорр. В полостях полевошпат-натролит-анальцимовой зоны пегматита встречаются отдельные розовые призматические до почти игольчатых кристаллики цепинита-К длиной до 1 мм, ассоциирующие с бесцветными и белыми призмами вуориярвита-К (до 2 мм), а также с кристаллами эгирина, позднего астрофиллита, анкилита-(Ce), анкилита-(La), флюорита. В массивном анальцимовом ядре найдены крупные пластины раннего астрофиллита, частично замещенные ячеистыми агрегатами мелких (обычно менее 1 мм в длину) игольчатых бесцветных кристаллов цепинита-К и макроскопически похожего на него виноградовита.

На Кировском апатитовом руднике (гора Кукисвумчорр) цепинит-К установлен в пегматитовом теле «Илеритовое», вскрытом одной из подземных выработок. Этот пегматит отличается очень разнообразной минералогией. Главными составляющими его наиболее богато минерализованной зоны являются микроклин и альбит, а в многочисленных полостях развиты кварц, кальцит, апатит, анкерит, обогащенный Nb анатаз, минералы группы лабунцовита, илерит, гейдоннеит, катаплеит, эльпидит, эпидимит, эвдидимит, доннейит, карбоцернаит, анкилит-(Ce), синхизит-(Ce), бербанкит, стронцианит, натролит, гоббинсит, селадонит, мусковит, гизингерит, сульфиды и др. Из минералов группы лабунцовита здесь наиболее обычен ненадкевичит, реже отмечаются лабунцовит-Mg, вуориярвит-К и цепинит-К. Последний образует призматические кристаллы длиной до 0.5 мм, редко до 1 мм. Здесь встречаются три разновидности цепинита-К, различающиеся по морфологии и окраске. Так, в одной из полостей обнаружены бесцветные досковидные кристаллы с плоскими головками и их друзовые срастания. В другом случае коричневые грубоограненные призмы нового минерала эпитаксически нарастают на бесцветные длиннопризматические кристаллы эльпидита; направления удлинения индивидов обоих минералов совпадают. Наконец, коричнево-оранжевая разновидность цепинита-К образует в мелких полостях расщепленные призматические кристаллы и их сноповидные сростки. По химическому составу описанные разновидности неодинаковы: первые две представляют собой высокониобиевый, переходный к вуориярвиту-К минерал с малым

общим содержанием катионов типа D, а третья (оранжевая) заметно беднее ниобием, но богаче железом. Тесных ассоциаций минералов ряда вуориярвит-К—цепинит-К с ненадкевичитом или лабунцовитом-Mg не наблюдалось.

Парацепинит-Ва найден в Ловозерском массиве на горе Лепхе-Нельм в пегматите № 45, согласно нумерации Е. И. Семенова (1972 г.). Этот пегматит залегает в пойкилитовых нефелиновых и содалитовых сиенитах. Тело имеет неправильную форму, обнажаясь на площади 18×10 м. В нем выделяются три зоны: 1) внешняя мелкозернистая, сложенная главным образом ортоклазом, эгирином, нефелином и эвдиалитом с подчиненными количествами лампрофиллита, лоренценита и лопарита; 2) промежуточная полевошпат-эгириновая с подчиненными количествами нефелина, эвдиалита, лоренценита; 3) центральная натролит-галлузитовая с рансьеитом, нептунитом, тайниолитом, полилитиионитом, апатитом (Семенов, 1972 г.).

Различные минералы группы лабунцовита встречаются в полостях гидротермально переработанных участков всех зон. Наши исследования показывают, что наиболее распространен здесь цепинит-Na (Шлюкова и др., 2001), реже встречаются кузьменкоит-Zn, кузьменкоит-Mn, парацепинит-Ва, цепинит-К и недавно открытый алсахаровит-Zn $\text{NaSrKZn}(\text{Ti,Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O,OH})_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Между собой перечисленные минералы группы лабунцовита из этого пегматита визуально неразличимы. Они нарастают на лампрофиллит, эвдиалит, микроклин, срastaются с эгирином, натролитом, нередко развиваются по лоренцениту вместе с другими титаносиликатами — ниобийсодержащим титанитом, виноградовитом, тундритом-(Ce). Минералы группы лабунцовита формируют здесь уплощенно-призматические кристаллы длиной до 1 см. Как правило, они грубообразованные, дисковидные, расщепленные, грани их покрыты продольной штриховкой; часто эти кристаллы собраны в сноповидные агрегаты или розетки. Кристаллы бесцветны, прозрачны, иногда имеют белый, желтоватый или светло-коричневый цвет. Голотипный образец парацепинита-Ва представляет собой сросток светло-коричневых длиннопризматических кристаллов длиной до 5 мм в тесной ассоциации с синим титанитом. В других штуфках такие же кристаллы нового минерала находятся в полостях гнезд эвдиалита и/или лампрофиллита. Последний нередко носит следы гидротермального изменения, коррозии и, возможно, является источником бария. Минералы подгрупп вуориярвита и кузьменкоита, находящиеся в тесных срастаниях, имеют между собой резкие фазовые границы.

На кристаллах цепинит-К достоверно установлены грани четырех пинакоидов: {010} (плоская головка), {100}, {001} и иногда $\{-201\}$, развитые в разной степени. Изометричные кристаллы с горы Карнасурт характеризуются приблизительно равной степенью развития граней всех четырех простых форм. На уплощенно-призматических кристаллах с гор Эвеслогчорр, Лепхе-Нельм и бесцветной разновидности минерала с горы Кукисвумчорр резко доминируют грани {100} и {001} с продольной штриховкой. Такую же огранку можно предположить и для плохообразованных индивидов парацепинита-Ва.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕПИНИТА-К И ПАРАЦЕПИНИТА-Ва; СООТНОШЕНИЯ С ДРУГИМИ РОДСТВЕННЫМИ МИНЕРАЛАМИ

Сравнительная характеристика цепинит-К, парацепинита-Ва и цепинита-Na дана в табл. 2. По физическим свойствам эти три минерала близки друг другу. Отметим следующее.

1. Оба новых минерала оптически положительные, $2V \approx 25\text{—}40^\circ$. Плеохроизм не наблюдается. Значения показателей преломления даны в табл. 2. В подгруппе вуориярвита существует положительная корреляция между величиной отношения Ti/Nb и показателями преломления; последние также возрастают с ростом содержания Ва и общей степени заселенности катионных позиций (Задов и др., в печати). Катион-дефицитные представители имеют низкие показатели преломления, а повы-

Таблица 2

Сравнительная характеристика парацепинита-Ва, цепинита-К и цепинита-На
Comparative characteristics of paratsepinite-Ba, tsepinite-K and tsepinite-Na

Минерал	Парацепинит-Ва	Цепинит-К	Цепинит-На (Шлюкова и др., 2001)
Формула	$(\text{Ba, Na, K})_{2-x}(\text{Ti, Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH, O})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$(\text{K, Ba, Na})_2(\text{Ti, Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH, O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$(\text{Na, H}_3\text{O})_2(\text{Ti, Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH, O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Пространственная группа	<i>C2/m</i>	<i>Cm</i>	<i>Cm</i>
<i>a</i> , Å	14.551(2)	14.327(3)	14.604(7)
<i>b</i> , Å	14.001(2)	13.802(2)	14.274(8)
<i>c</i> , Å	15.702(3)	7.783(1)	7.933(2)
β , °	117.58(1)	116.95(1)	117.40(3)
<i>V</i> , Å ³	2835	1372	1468
<i>Z</i>	8	4	4
<i>R</i> -фактор	0.072	0.032	0.055
Твердость по Моосу	5	5	5
<i>D</i> _{изм} , г/см ³	2.88(3)	2.88(3)	2.74(2)
<i>D</i> _{выч} , г/см ³	2.91	2.97	2.72
Полосы ИК-спектра (с — сильная, пл — плечо), см ⁻¹	3540 пл, 3350 , 1647, 1145 с, 1105 с, 951 с, 925 пл, 769, 669 с, 580, 452 с	3460, 3360 пл, 3230, 1655, 1610, 1090 с, 1018 с, 951 с, 771, 678 с, 582, 456 с	3370 , 3250 пл, 2940 пл, 1700 пл, 1630, 1140 пл, 1106 с, 933 с, 754, 669 с, 630 пл, 445 с
Оптический знак	+	+	+
<i>n_p</i>	1.667(2)	1.690(3)	1.658(1)
<i>n_m</i>	1.674(2)	1.701(3)	1.668(1)
<i>n_g</i>	1.770(5)	1.800(5)	1.770(5)
Простые формы кристаллов	Ограниченные кристаллы не наблюдались	{001}, {010}, {100}, {-201}	{001}, {010}, {100}, {012}, {-201}, {-241}

Пр и м е ч а н и е. Параметры элементарных ячеек определены по монокристалльным данным. Полушириной шрифтом выделены волновые числа полос ИК-спектра, характерных для подгрупп вуориярвита и парацепинита.

шение степени заполнения катионами позиции D приводит к их значительному возрастанию (Задов и др., в печати). «Промежуточные» между цепинитом-На и лабунцовитами оптические свойства цепинита-К и парацепинита-Ва — результат разнонаправленного влияния нескольких факторов: дефицит катионов в позициях А, повышенная относительно цепинита-На степень заполнения позиции D, высокое содержание бария.

2. Различия между параметрами ИК-спектров (рис. 4, табл. 2) незначительны. Данный метод позволяет установить принадлежность минералов к моноклинным структурным типам с преобладанием вакансий в позиции D и расщепленными позициями А (подгруппы вуориярвита и парацепинита), но не позволяет определить преобладающего А-катиона и выявить удвоения параметра *c* элементарной ячейки. Вакансионность позиции D проявляется в низких значениях частот (Ti, Nb)-О-валентных колебаний (Расцветаева, Чуканов, 2001, 2002), составляющих 669—678 см⁻¹. Для сравнения: частоты аналогичных полос аналогов цепинитов и парацепинитов с заполненной позицией D (соответственно членов подгрупп кузьменкоита и органо-ваита) обычно лежат в диапазоне 690—694 см⁻¹.

3. Цепинит-К и парацепинита-Ва, несмотря на высокое содержание в них бария (>11 % ВаО) характеризуются относительно невысокой плотностью (*D*_{изм} = 2.88 г/см³), тогда как для обогащенных барием членов подгруппы лабунцовита

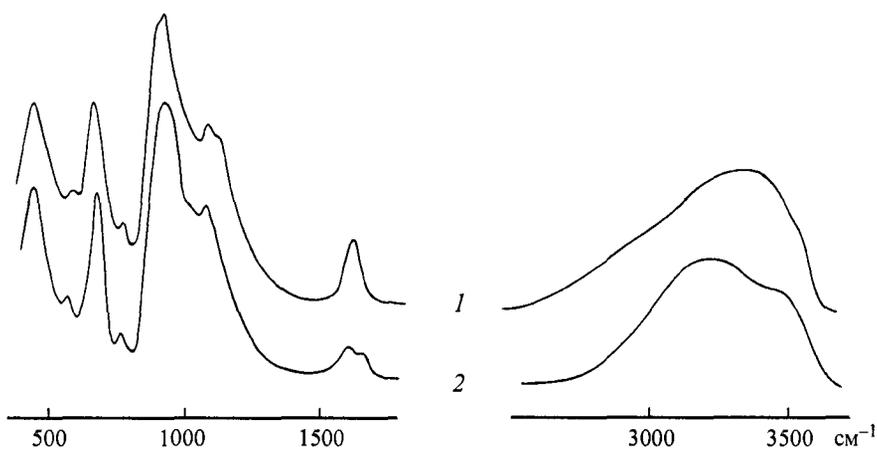


Рис. 4. ИК-спектры парацепинита-Ва (1) и цепинита-К (2).

Fig. 4. IR spectra of paratsepinite-Ba (1) and tsepinite-K (2).

$D_{изм} > 2.9$ г/см³, а для леммлейнита-Ва $D_{изм} > 3.0$ г/см³. Низкая плотность цепинита-К и парацепинита-Ва связана с низкой заполненностью позиций А в их структурах.

Кристаллическая структура цепинита-К подробно описана в отдельном сообщении (Розенберг и др., в печати). Она характеризуется преобладанием вакансий в D-октаэдре, расщеплением позиций В и С, понижающим симметрию минерала до пр. гр. *Cm*.

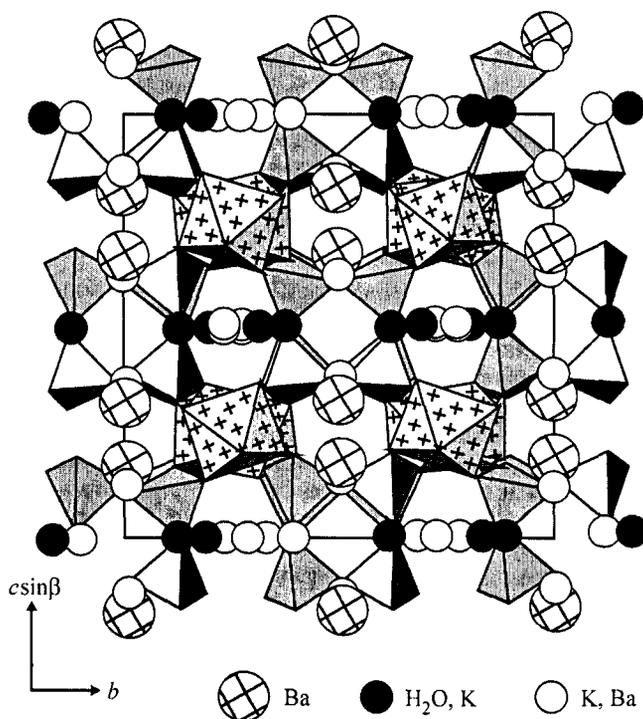


Рис. 5. Кристаллическая структура парацепинита-Ва.

Fig. 5. Crystal structure of paratsepinite-Ba.

Таблица 3

Порошковая рентгенограмма цепинита-К с горы Карнасурт
X-ray powder diffraction data for tsepinite-K from Karnasurt

<i>I</i>	$d_{изм.}, \text{Å}$	$d_{выч.}, \text{Å}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$d_{изм.}, \text{Å}$	$d_{выч.}, \text{Å}$	<i>hkl</i>
10	6.87	6.932	001			2.430	222
		6.917	020	5	2.397	2.412	223
3	6.38	6.370	200			2.381	35 $\bar{1}$
5	4.85	4.896	021	3	2.233	2.238	15 $\bar{2}$
		4.860	111			2.221	62 $\bar{1}$
5	3.95	3.957	13 $\bar{1}$			2.192	023
		3.900	201	4	2.185	2.188	061
3	3.85	3.855	20 $\bar{2}$			2.182	13 $\bar{3}$
		3.839	031	4	2.050	2.053	351
4	3.56	3.562	40 $\bar{1}$			2.040	152
3	3.30	3.338	140			2.014	332
		3.282	33 $\bar{1}$	2	2.010	2.011	62 $\bar{3}$
6	3.20	3.185	400			2.009	44 $\bar{3}$
8	3.05	3.099	022	4	1.943	1.950	402
		3.095	041			1.927	40 $\bar{4}$
6	3.00	3.039	240	2	1.856	1.857	42 $\bar{4}$
		3.032	24 $\bar{1}$			1.792	60 $\bar{4}$
3	2.93	2.950	112	4	1.776	1.781	80 $\bar{2}$
		2.934	13 $\bar{2}$			1.768	55 $\bar{3}$
1	2.87	2.893	420			1.733	004
		2.868	422	3	1.724	1.729	080
2	2.72	2.704	150			1.717	26 $\bar{3}$
3	2.64	2.663	51 $\bar{2}$	4	1.682	1.679	153
		2.604	15 $\bar{1}$			1.678	081
		2.588	241	2	1.561	1.553	66 $\bar{3}$, 55 $\bar{4}$
		2.574	24 $\bar{2}$	3	1.544	1.548	84 $\bar{1}$
9	2.56	2.573	20 $\bar{3}$			1.540	84 $\bar{3}$
		2.550	331	2	1.518	1.513	42 $\bar{5}$
5	2.472	2.481	44 $\bar{1}$	1	1.469	1.468	22 $\bar{5}$
		2.469	40 $\bar{3}$	4	1.415	1.415	44 $\bar{5}$
						1.408	910

Парацепинит-Ва (рис. 5) по строению каркаса аналогичен минералам подгруппы органоаита и характеризуется неэквивалентностью соседних октаэдрических цепочек относительно операции трансляции в направлении [001], что приводит к удвоению параметра *c* по сравнению с цепинитом. От паракузьменкоита парацепинит отличается дефицитом катионов в D-октаэдрах, большим числом (10) позиций внекаркасных катионов и преобладанием бария среди последних. Выделяемая с открытием парацепинита-Ва подгруппа парацепинита в группе лабунцовита может рассматриваться как близкая и родственная подгруппе органоаита — главное отличие между ними состоит в степени заполненности позиции D. Такое же различие наблюдается и между подгруппами вуориярвита и кузьменкоита, характеризующихся вдвое меньшим параметром *c* элементарной ячейки.

Дебаеграммы цепинита-К и парацепинита-Ва, полученные в камере диаметром 114 мм на Fe_K α -излучении (эталон — кремний), приведены в табл. 3, 4. Они близки к порошковым другим моноклинным членам группы лабунцовита как по набору рефлексов, так и по соотношениям их интенсивностей. Варьирующими оказываются только величины межплоскостных расстояний. Как и в «истинных» цеолитах, они очень мало зависят от общего количества и соотношений внекаркасных катионов, но чутко реагируют на изменения в каркасе. Значения межплоскостных расстояний

Таблица 4

Порошковая рентгенограмма парацепинита-Ва с горы Лепхе-Нельм
X-ray powder diffraction data for paratsepinite-Ba from Lepkhe-Nelm

<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.} , Å	<i>d</i> _{выч.} , Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.} , Å	<i>d</i> _{выч.} , Å	<i>hkl</i>
10	7.11	6.991	020	7	2.054	2.041	442
5	6.40	6.434	200			2.039	44 $\bar{6}$
		6.425	20 $\bar{2}$	1	2.014	2.007	55 $\bar{3}$
4	4.96	4.938	022	2	1.970	1.974	17 $\bar{1}$
3	4.75	4.734	220			1.960	46 $\bar{2}$
2	4.48	4.507	31 $\bar{1}$	1	1.941	1.938	064
3	4.31	4.381	13 $\bar{1}$	9	1.914	1.921	20 $\bar{8}$
8	4.08	4.101	310	2	1.827	1.827	602
10	3.95	3.916	202	1	1.805	1.811	80 $\bar{4}$
		3.911	20 $\bar{4}$	3	1.781	1.792	73 $\bar{1}$
1	3.69	3.622	40 $\bar{2}$			1.768	533
3	3.56	3.496	040	2	1.771	1.765	62 $\bar{8}$
5	3.44	3.472	13 $\bar{3}$			1.753	82 $\bar{4}$
4	3.32	3.330	33 $\bar{1}$	4	1.733	1.744	008
9	3.24	3.217	400	1	1.721	1.708	73 $\bar{7}$
		3.213	40 $\bar{4}$	2	1.655	1.646	066
4	3.18	3.156	330	8	1.634	1.637	75 $\bar{5}$
		3.154	33 $\bar{3}$	1	1.603	1.597	91 $\bar{5}$
8	3.11	3.125	042	2	1.579	1.574	48 $\bar{2}$
		3.121	024	3	1.563	1.568	820
2	2.88	2.922	420			1.567	84 $\bar{6}$
		2.919	42 $\bar{4}$	1	1.548	1.542	19 $\bar{1}$
2	2.80	2.823	51 $\bar{3}$	1	1.497	1.492	37 $\bar{7}$
6	2.63	2.634	151	3	1.476	1.483	266
		2.608	242			1.474	35 $\bar{9}$
4	2.60	2.606	24 $\bar{4}$	4	1.457	1.461	840, 39 $\bar{3}$
		2.605	204	3	1.414	1.420	5.1.1 $\bar{1}$
		2.602	20 $\bar{6}$	5	1.394	1.397	3.1.1 $\bar{1}$, 086
4	2.54	2.565	33 $\bar{5}$			1.392	77 $\bar{6}$
7	2.50	2.515	44 $\bar{2}$, 40 $\bar{2}$	1	1.373	1.376	7.1.1 $\bar{1}$
8	2.403	2.380	60 $\bar{2}$	3	1.356	1.354	68 $\bar{6}$
1	2.314	2.325	006			1.353	95 $\bar{7}$
4	2.279	2.278	333			1.335	393
5	2.229	2.251	53 $\bar{5}$	1	1.338	1.333	10.4.4
		2.221	351			1.332	10.4.6
5	2.164	2.191	260, 26 $\bar{2}$	3	1.321	1.324	842
		2.095	531			1.319	195
4	2.108	2.092	51 $\bar{7}$	1	1.257	1.257	804
		2.089	244			1.255	8.0.1 $\bar{2}$

на порошкограммах всех моноклинных минералов группы лабунцовита, как показывают наши данные, в наибольшей мере зависят от степени заполненности D-октаэдра. Катионы в позициях D служат, образно говоря, «стяжками», делающими каркас структуры и, следовательно, ячейку более компактными: с возрастанием наполнения D-октаэдра катионами межплоскостные расстояния уменьшаются, что особенно заметно для малоугловых отражений ($d > 2.0$ Å).

Содержания основных химических компонентов в цепините-К и парацепините-Ва приведены в табл. 5. Эмпирические формулы голотипных образцов приведены ниже. Цепинит-К, голотип ($Z = 4$): $(K_{0.86}Ba_{0.46}Na_{0.43}Mn_{0.10})_{\Sigma 1.85}(Ti_{1.66}Nb_{0.33}Fe^{3+}_{0.03})_{\Sigma 2.02}Si_4$

Таблица 5

Химический состав (мас. %) цепинита-К и парацепинита-Ва

Chemical composition of tsepinite-K and paratsepinite-Ba

Компонент	Ан. 1	Ан. 2	Ан. 3	Ан. 4	Ан. 5
Na ₂ O	2.14	1.86	4.30	1.80	1.38
K ₂ O	6.54	9.44	9.89	1.69	2.72
CaO	0	0	0	0.51	0.50
SrO	0	0	0	1.96	2.39
BaO	11.28	0.61	4.92	11.02	13.39
MnO	1.15	0	0.03	1.25	1.48
FeO	0.37	0.27	0.09	0	0.17
Al ₂ O ₃	0	0.11	0	0.22	0.09
SiO ₂	38.86	39.99	39.11	38.86	37.25
TiO ₂	21.47	13.39	18.41	17.73	18.29
Nb ₂ O ₅	7.05	21.00	12.55	11.60	10.74
H ₂ O	10.34	Не опр.	Не опр.	12.86	Не опр.
Сумма	99.20	86.67	89.30	98.58	88.40

Примечание. Ан. 1–3 — цепинит-К: ан. 1 — гора Карнасурт, Ловозеро, голотипный образец (среднее из 6 микронзондовых анализов; содержание H₂O — по данным гравиметрических измерений); ан. 2 — гора Эвслогчорр, Хибинь; ан. 3 — гора Кукисвумчорр, Хибинь; ан. 4–5 — парацепинит-Ва, гора Лепхе-Нельм, Ловозеро: ан. 4 — голотипный образец (среднее из 5 микронзондовых анализов; содержание H₂O — по данным гравиметрических измерений); 5 — образец с наиболее высоким содержанием бария. Mg, Zn, Zr — не обнаружены.

O₁₂(OH)_{1.21}O_{0.79} · 2.94H₂O. Парацепинит-Ва, голотип (Z = 8): (Ba_{0.46}Na_{0.37}K_{0.23}Sr_{0.12}Mn_{0.10}Ca_{0.06})Σ 1.35(Ti_{1.40}Nb_{0.55})Σ 1.95(Si_{3.97}Al_{0.03}O₁₂)(OH)_{1.58}O_{0.42} · 3.7H₂O.

Эмпирическая формула наиболее обогащенного барием образца парацепинита-Ва с горы Лепхе-Нельм (ан. 5 в табл. 5) такова: (Ba_{0.56}K_{0.37}Na_{0.29}Sr_{0.15}Ca_{0.06}Mn_{0.13})Σ 1.56(Ti_{1.47}Nb_{0.52}Fe_{0.01})Σ 2.00(Si_{3.99}Al_{0.01}O₁₂)(OH, O)₂ · n H₂O.

Упрощенные формулы цепинита-К и парацепинита-Ва могут быть записаны следующим образом: (K, Ba, Na)₂(Ti, Nb)₂(Si₄O₁₂)(OH, O)₂ · 3H₂O и (Ba, Na, K)_{2-x}(Ti, Nb)₂(Si₄O₁₂)(OH, O)₂ · 4H₂O соответственно.

Как видно из эмпирических формул, оба минерала содержат приблизительно одинаковое количество бария, но цепинит-К относительно более обогащен калием и содержит меньше воды.

Изучение катионного состава и ИК-спектроскопическое исследование большого числа образцов минералов группы лабунцовита из Хибино-Ловозерского комплекса, представляющих большую часть известных на сегодняшний день членов этой группы, позволяет охарактеризовать наиболее тесные родственные связи новых минералов.

Цепинит-К образует три непрерывных ряда (поля) составов, ярко отражающих три возможные схемы изоморфизма в подгруппе вуориярвита: 1) с цепинитом-На — в пегматите на горе Лепхе-Нельм: в этом случае варьируют главным образом соотношения щелочных катионов; 2) с вуориярвитом-К — в пегматитовом теле «Илеритовое» на горе Кукисвумчорр: здесь основной переменной величиной является Ti/Nb отношение; 3) с минералами подгруппы кузьменкоита — в пегматите на горе Лепхе-Нельм, в меньшей степени в «Илеритовом» и в пегматите на горе Карнасурт: изменяется содержание суммы катионов типа D, т. е. Mn + Zn + Fe + Mg. Таким образом, цепинит-К может быть формально определен тремя способами: как калий-доминантный аналог цепинита-На, как титан-доминантный аналог вуориярвита-К и как D-дефицитный аналог кузьменкоита.

Парацепинит-Ва образует непрерывное поле составов с цепинитом-На и, вероятно, с цепинитом-К. При каком именно составе происходит перестройка структуры с удвоением параметра элементарной ячейки c, пока не установлено.

Эталонные образцы цепинита-К и парацепинита-Ва переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве (регистрационные номера соответственно 2276/1 и 2276/2).

Авторы благодарны А. С. Подлесному за предоставленные образцы цепинита-К из Хибин. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 01-05-64739) и гранта ведущей научной школы № 00-15-98-497.

Список литературы

- Зидов А. Е., Чуканов Н. В., Пеков И. В., Ловская Е. В., Органова Н. И. О связи показателей преломления и состава минералов с цеолитоподобными структурами // ЗВМО, в печати.
- Пеков И. В., Турчкова А. Г., Кононкова Н. Н., Чуканов Н. В. Изучение катионообменных свойств минералов группы лабунцовита. 1. Эксперименты в водных растворах при нормальных условиях // Геохимия щелочных пород. Тезисы школы «Щелочной магматизм Земли», 20—21 марта 2002 г. М.: ГЕОХИ РАН, 2002. с. 76.
- Расцветова Р. К., Аракчеева А. В., Хомяков А. П. Кристаллическая структура и микродвойникование нового моноклинного аналога ненадквечита // 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. Т. 357. 1997. № 1. С. 64—67.
- Расцветова Р. К., Органова Н. И., Рождественская И. В., Шлюкова З. В., Чуканов Н. В. Кристаллическая структура оксониевого минерала группы ненадквечита-лабунцовита из Хибинского массива // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 3. С. 336—340.
- Расцветова Р. К., Чуканов Н. В. Влияние силовых характеристик катионов на их упорядочение в структурах минералов группы лабунцовита // Матер. Международного симпозиума ОМА-2001. Сочи—Лазаревское, 2001. С. 244—254 [то же: Кристаллография. 2002. Т. 47. № 6. (в печати)].
- Розенберг К. А., Расцветова Р. К., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура цепинита-К // Докл. РАН. 2002. (в печати).
- Субботин В. В., Волошин А. В., Пахомовский Я. А., Бахчисарайцев А. Ю., Пуцаровский Д. Ю., Расцветова Р. К., Надежина Т. Н. Вуориярвит $(K,Na)_2(Nb,Ti)_2Si_4O_{12}(O,OH)_2 \cdot 4H_2O$ — новый минерал из карбонатов массива Вуориярви (Кольский полуостров) // Докл. РАН. 1998. Т. 358. № 4. С. 517—519.
- Шлюкова З. В., Чуканов Н. В., Пеков И. В., Расцветова Р. К., Органова Н. И., Зидов А. Е. Цепинит-Na $(Na,H_3O,K,Sr,Ba)_2(Ti,Nb)_2[Si_4O_{12}](OH,O)_2 \cdot 3H_2O$ — новый минерал группы лабунцовита // ЗВМО. 2001. № 3. С. 43—50.
- Chukanov N. V., Pekov I. V., Rastsvetova R. K., Nekrasov A. N. Labuntsovite: solid solutions and features of the crystal structure // Canad. Miner. 1999. Vol. 37. P. 901—910.
- Chukanov N. V., Pekov I. V., Khomyakov A. P. Recommended nomenclature for labuntsovite-group minerals // Eur. J. Miner. 2002. Vol. 14. P. 165—173.
- Rastsvetova 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
26 июня 2002 г.