

Список литературы

- Буссен И. В., Дудкин О. Б. Новые данные об энигматите Хибинского и Ловозерского массивов // Материалы по минералогии Кольского полуострова. Апатиты, 1962. Вып. 2. С. 96—106.
- Буссен И. В., Сахаров А. С. Петрология Ловозерского щелочного массива. Л.: Наука, 1972. 296 с.
- Егоров-Тисменко Ю. К., Соколова Е. В. Структурная минералогия гомологического ряда сейдозерит—накафит // Минер. журн. 1990. Т. 12. № 4. С. 40—49.
- Ferraris G., Khomyakov A. P., Belluso E., Soboleva S. V. Polysomatic relationships in some titanosilicates occurring in the hyperagpaitic alkaline rocks of the Kola Peninsula, Russia // Proc. 30th Int. Geol. Congr. 1997. Vol. 16. P. 17—27.
- Khomyakov A. P. Mineralogy of hyperagpaitic alkaline rocks. Oxford: Clarendon Press, 1995. 224 p.
- Zhou Huiyun. The crystal chemistry and crystal structure of titanoheterophyllosilicate series and the TEM research. Ph. D. thesis. Beijing, 1997. 78 p. (кит., рез. англ.).

Поступила в редакцию
24 января 2001 г.

УДК 549.657(470.21)

ЗВМО, № 3, 2001 г.
Proc. RMS, N 3, 2001

© Д. чл. И. В. ПЕКОВ,* И. А. ЕКИМЕНКОВА,* Н. В. ЧУКАНОВ,** Р. К. РАСЦВЕТАЕВА,***
Н. Н. КОНОНКОВА,**** Н. А. ПЕКОВА,***** А. Е. ЗАДОВ*****

**ФЕКЛИЧЕВИТ $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$ —
НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЭВДИАЛИТА ИЗ
КОВДОРСКОГО МАССИВА, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ¹**

I. V. PEKOV, I. A. EKIMENKOVA, N. V. CHUKANOV, R. K. RASTSVETAEVA, N. N. KONONKOVA, N. A. PEKOVA, A. E. ZADOV. FEKLICHEVITE $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$, A NEW MINERAL OF THE EUDIALYTE GROUP FROM KOVDOR MASSIF, KOLA PENINSULA

*Московский университет, Геологический факультет, 119899, Москва, Воробьевы горы
**Институт Проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка
***Институт кристаллографии РАН, 117333, Москва, Ленинский пр., 59
****Институт геохимии и аналитической химии РАН, 117975, Москва, ул. Косыгина, 19
*****Минералогический музей РАН, 117901, Москва, Ленинский пр., 18, корп. 2
*****НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, б, к. 302

Feklichevite, a new mineral of the eudialyte group has been found in pegmatoid cancrinite syenite vien at Kovdor Phlogopite Mine, Kovdor alkaline—ultrabasic massif, Kola peninsula, Russia. F. associates with potassic feldspar, cancrinite, aegirine—diopside, pectolite, titanite, hematite, pyrrhotite. Content of f. in this rock — up to 5—10%. F. occurs as isometrical to thick—tabular crystals (forms: {0001}, {1120}, {1010}, {1011}, {1014}, {0112}, {0221}, {2687} and grains up to 2—2.5 cm. Dark—brown, translucent. Streak brownish. Lustre vitreous. Cleavage (001) perfect. Brittle. Mohs' hardness 5.5. $D_{\text{meas}} = 2.87$, $D_{\text{calc}} = 2.869$ g/cm³. Optically uniaxial, negative, $\omega = 1.616(1)$, $\epsilon = 1.620(1)$. Chemical composition (wt %): Na₂O 11.45, CaO 15.55, SrO 0.28, MnO 0.49, FeO 2.08, Fe₂O₃ 3.20, La₂O₃ 0.11, Ce₂O₃ 0.16, SiO₂ 50.35, ZrO₂ 11.65, HfO₂ 0.62, TiO₂ 0.12, Nb₂O₅ 2.41, H₂O⁺ 1.72, F 0.12, Cl 0.61, —O = (F,Cl)₂ 0.19, total 100.73. Empirical formula calculated on [(Zr + Hf + Ti)(Si + Nb + Mn)]₂₉ is: Na_{10.80}(Ca_{2.35}Na_{0.33}Sr_{0.08}Ce_{0.03}La_{0.02})_{Σ2.81}Ca₆(Fe_{1.21}³⁺Fe_{0.87}²⁺)_{Σ2.08}(Zr_{2.85}Hf_{0.09}Ti_{0.05})_{Σ2.99}Nb_{0.55}(Si_{25.25}Mn_{0.21})_{Σ25.46}O₇₃[(OH)_{1.12}O_{0.26}(H₂O)_{1.67}Σ3.05](OH)_{1.29}Cl_{0.52}F_{0.19}Σ2. Idealized formula (Z = 3): Na₁₁Ca₉(Fe³⁺, Fe²⁺)₂Zr₃Nb[Si₂₅O₇₃](OH, H₂O, Cl, O)₅. Trigonal, R3m, unit cell parameters: a = 14.255(1), c = 30.170(2) Å, V = 5309.3(7) Å³. Crystal structure is studied, R = 0.057. F. is distinguished from eudialyte by: high content and ordered distribution of Ca localized in M(1) and Na(4) sites; prevailing of Fe³⁺ over Fe²⁺; prevailing of Nb in M(3) site in center of Si₉O₂₇ ring. Strongest reflexes of the X-ray powder pattern (d, Å—l [hkl]: 4.31—55[205]; 3.218—56[208]; 3.036—43[119, 11—9, 042]; 2.977—81[13—5, 135]; 2.854—100[404]; 2.602—44[039, 309]. IR spectrum is given. F. is named for V. G. Feklichev (1933—1999), Russian mineralogist and crystallographer. Type specimen is deposited in Fersman Mineralogical Museum of Russian Academy of Sciences, Moscow.

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.

Эвдиалит, впервые описанный в 1819 г. Ф. Штрмейером на образцах из щелочного массива Илимаусак в Гренландии, широко распространен в агапитовых породах и их производных и иногда выступает даже в роли порообразующего минерала. Он обладает сложным и изменчивым составом. Эвдиалит — важнейший редкометалльный минерал агапитовых нефелиновых сиенитов, главный концентратор не только циркония, но и гафния, иттрия, тяжелых лантаноидов в массивах этой формации. Для него также характерны повышенные содержания ниобия, тантала, стронция и легких лантаноидов. Сочетание такого набора редких элементов и способности легко разлагаться при воздействии многих реагентов постоянно привлекают к эвдиалиту внимание как к возможному комплексному полезному ископаемому, тем более что для него известны крупные и богатые месторождения. Эвдиалиту посвящены сотни публикаций, и тем не менее этот сложнейший объект изучен недостаточно, многие вопросы его минералогии и кристаллохимии до конца не решены.

Одна из проблем, связанных с эвдиалитом, обсуждается уже более ста пятидесяти лет: считать ли его одним минералом или же группой родственных минеральных видов? В литературу прочно вошли такие термины, как эвдиалит (введен в 1847 г.), мезодиалит, барсановит, оксиэвдиалит, гидроэвдиалит и другие. Что это — синонимы, разновидности, самостоятельные виды? При столь широких вариациях в составе и свойствах первые расшифровки кристаллической структуры эвдиалита, выполненные в 1971 г. независимо в СССР (Гольшев и др., 1971) и Италии (Giuseppetti e. a., 1971), не смогли дать однозначного ответа. Для объективного решения этого вопроса потребовалось дополнительное накопление сопоставимых по степени достоверности данных по химическому составу и углубленное структурное изучение. Такая работа была проделана за последние 15 лет главным образом усилиями российских, датских и канадских кристаллохимиков и минералогов. Были получены и обработаны электронно-зондовые анализы нескольких сотен образцов, расшифрованы кристаллические структуры более чем двух десятков из них (Расцветаева, Андрианов, 1987; Расцветаева и др., 1988, 1990; Расцветаева, Боруцкий, 1990; Боруцкий и др., 1990; Johnsen, Gault, 1997; Расцветаева, Хомяков, 1998). Вариации в составе и структуре эвдиалитов оказались еще шире, чем это предполагалось ранее, и они никак не укладываются в рамки одного минерального вида.

Обобщение основных особенностей кристаллохимии эвдиалитов впервые было проведено Р. К. Расцветаевой (Расцветаева, Боруцкий, 1988; Расцветаева, 1992), а позже продолжено О. Йонсенем и Р. А. Го (Johnsen, Gault, 1997). В 1999 г. О. Йонсен и Дж. Д. Грайс опубликовали кристаллохимическую систематику минералов группы эвдиалита и сформулировали основные принципы выделения минеральных видов (Johnsen, Grice, 1999). В дальнейшем при характеристике структур мы будем пользоваться унифицированными обозначениями из этой работы.

Эвдиалиты — тригональные (на сегодняшний день известны представители с пространственными группами $R\bar{3}m$, $R3m$ и $R3$) кольцевые силикаты. В основе структуры собственно эвдиалита лежит «каркас», состоящий из трех- и девятичленных колец Si_3O_7 -тетраэдров и шестичленных колец Ca_3O_6 -октаэдров $M(1)$, скрепленных между собой полиэдрами ZrO_6 и плоскими квадратами $M(2,4)^2 Fe^{2+}O_4$. В центрах колец Si_3O_7 находятся дополнительные позиции $Si(7)$ — тетраэдры SiO_4 , превращающие этот кольцевой радикал в дисковидный. Крупные катионы (в первую очередь Na), атомы Cl и молекулы воды занимают обширные полости между этими структурными элементами — данную часть структуры минерала нередко называют «цеолитной» (Расцветаева, Андрианов, 1987; Расцветаева, 1992).

Мы не будем здесь подробно рассматривать кристаллохимические особенности эвдиалитов, отметим только следующее: 1) квадрат $M(2,4)$ способен дистраиваться до полуквадра $M(2,5)$ и даже до октаэдра $M(2,6)$; 2) в центре колец Si_3O_7 может реализовываться не одна, а несколько кристаллографически независимых катионных

² Цифры после запятой в скобках при обозначении типов позиций $M(2)$ здесь и далее указывают на координационное число (Johnsen, Grice, 1999).

позиций, как тетраэдрических — Si(7), Si(7a), M(3a), так и октаэдрических — M(3); 3) атомы натрия занимают в структурах нецентросимметричных ($R3m$, $R3$) членов семейства пять независимых позиций, среди которых выделяется Na(4) — самая изоморфноемкая, где иногда концентрируются Ca, Sr, K, REE (Расцветаева, 1992; Расцветаева, Хомяков, 1998; Расцветаева и др., 1999; Johnsen, Grice, 1999; Johnsen e. a., 1999). Различия в заселении катионных позиций (табл. 1), сопровождающиеся изменениями в симметрии, легли в основу кристаллохимической систематики минералов группы эвдиалита (Johnsen, Grice, 1999). В настоящее время эта группа объединяет шесть минеральных видов:

- 1) эвдиалит $\text{Na}_{15}\text{Ca}_6\text{Fe}_3^{2+}\text{Zr}_3\text{Si}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{O},\text{OH},\text{H}_2\text{O})_3(\text{Cl},\text{OH})_2$,
- 2) кентбруксит $\text{Na}_{15}\text{Ca}_6\text{Mn}_3\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{O},\text{OH},\text{H}_2\text{O})_3\text{F}_2$ (Johnsen e. a., 1998),
- 3) хомяковит $\text{Na}_{12}\text{Sr}_3\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3\text{W}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{O},\text{OH},\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH},\text{Cl})_2$ (Johnsen e. a., 1999),
- 4) мангонохмяковит $\text{Na}_{12}\text{Sr}_3\text{Ca}_6\text{Mn}_3\text{Zr}_3\text{W}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{O},\text{OH},\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH},\text{Cl})_2$ (Johnsen e. a., 1999),
- 5) онейлит $\text{Na}_{15}\text{Ca}_3\text{Mn}_3\text{Fe}_3\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{O},\text{OH},\text{H}_2\text{O})_3(\text{Cl},\text{OH})_2$ (Johnsen, Grice, 1999),
- 6) аллуайит $\text{Na}_{19}(\text{Ca},\text{Mn}^{2+})_6(\text{Ti},\text{Nb})_3\text{Si}[\text{Si}_{25}\text{O}_{74}]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Хомяков и др., 1990).

Авторами изучен новый представитель группы эвдиалита, по составу и распределению катионов в структуре значительно отличающийся от всех других. Он получил название **фекличевит** в память о выдающемся российском минералоге и кристаллографе, специалисте в области кристаллооптики Владимире Георгиевиче Фекличеве (1933—1999), внесшем существенный вклад в изучение группы эвдиалита (Фекличев, 1963, 1965, 1979, 1983).

Образцы с новым минералом были собраны в 1990 г. И. В. Пекковым и Н. А. Пекковой на карьере Ковдорского флогопитового месторождения в северо-западной части Ковдорского щелочно-ультраосновного массива на Кольском полуострове. Эвдиалит уже описывался в фенитах, карбонатитах, щелочных пегматоидах Ковдора (Капустин, 1964; Кухаренко и др., 1965). Однако в отличие от этого розового и желтого эвдиалита с обычным химическим составом, наш минерал, вначале привлечший к себе внимание темно-коричневой окраской, оказался аномально обогащенным кальцием. Это и стимулировало его подробное изучение, включая расшифровку кристаллической структуры.

Фекличевит обнаружен в жиле пегматоидного канкринитового сиенита мощностью 15—30 см, секущей флогопито-диопсидо-апатито-форстеритовые породы и кальцитовые карбонатиты. Жильные канкринитовые сиениты, в том числе и с «эвколитоном», отмечались в Ковдоре и ранее (Кухаренко и др., 1965), но их минеральный состав отличен от состава породы, встреченной нами. Главные минералы описываемой жилы — белый до светло-серого таблитчатый калиевый полевой шпат и зеленовато-серый призматический канкринит. В ощутимых количествах (целые %) присутствуют длиннопризматические до игольчатых черные кристаллы пироксена (эгирина-диопсида), гнезда бесцветного пектолита, кристаллы и зерна фекличевита (его содержание в некоторых частях жилы составляет 5—10 %). Аксессуары представлены титанитом, гематитом, пирротинном. Размер индивидов канкринита и пектолита достигает 3 см, полевого шпата — 5 см, так что эту породу участками можно относить даже не к пегматоидной, а к пегматитовой. Фекличевит кристаллизовался совместно с полевым шпатом, канкринитом и пироксеном, но раньше пектолита, заполняющего интерстиции между всеми этими минералами. В жиле наблюдаются признаки гидротермальной деятельности: пектолит и фекличевит несут следы растворения, последний по трещинам замещается катаплеитом. На стенки мелких полостей нарастают кристаллики кальцита, натролита и шабазита-К.

Фекличевит образует вросшие в породу изометричные и толсто таблитчатые кристаллы и зерна, достигающие в поперечнике 2—2.5 см. Как правило, они изолированы друг от друга, сростки редки. Наиболее совершенные по огранке кристаллы с гладкими гранями встречаются среди пектолита. Они были измерены с помощью гониометра ГД-1 (табл. 2). Габитус кристаллов фекличевита — типичный для эвдиалитоподобных минералов пинакоидально-ромбоэдрический (класс симметрии $3m$),

Таблица I

Заселенность изоморфноемких катионных позиций в структурно изученных циркониевых минералах группы эвдиалита
Populations of cation sites in structurally studied zirconian minerals of the eudialyte group

| Пространственная группа | Эвдиалит $R3m$ | Кентбруксит $R3m$ | Хомяковит $R3m$ | Онейлит $R3$ | Фекличевит $R3m$ |
|-------------------------|--|---|--|---|---|
| $M(1)$ $M(2, 5)^*$ | $(Ca_{5.32}Mn_{0.40}REE_{0.23}Y_{0.05})_{\Sigma 6}$ $Mn_{0.82}$ | $(Ca_{3.37}Mn_{1.79}Y_{0.43}REE_{0.41})_{\Sigma 6}$ $(Mn_{1.99}Fe_{0.45}Al_{0.14})_{\Sigma 2.58}Fe_{0.29}$ | $Ca_{6.08}$ $(Fe_{1.55}Mn_{0.80})_{\Sigma 2.35}$ | $M(1a): (Mn_{2.75}Y_{0.25})_{\Sigma 3}$ $M(1b):$ $(Ca_{1.77}REE_{0.57}Na_{0.66})_{\Sigma 3}$ $(Fe_{1.13}Mn_{0.95}Zr_{0.24})_{\Sigma 2.35}$ | Ca_6 $Fe_{0.92}$ |
| $M(2, 4)$ | $(Fe_{1.77}Mn_{0.13})_{\Sigma 1.90}$ | | $Fe_{0.53}$ | $Fe_{0.28}$ | $Fe_{1.16}$ |
| $M(3)$ | | $(Nb_{0.55}Zr_{0.13}Ti_{0.08})_{\Sigma 0.76}$ | $(W_{0.52}Nb_{0.31})_{\Sigma 0.83}$ | $Nb_{0.87}$ | $Nb_{0.55}$ |
| $M(3a)$ | $(Si_{1.67}Nb_{0.33})_{\Sigma 2}$ | | | $Si_{0.80}$ | $Si_{0.45}$ |
| Si (7) | | $Si_{0.85}$ | $Si_{0.62}$ | $Si_{0.80}$ | $Si_{0.75}$ |
| Si (7a) | | $Si_{0.26}$ | $Si_{0.42}$ | $Si_{0.20}$ | $(Mn_{0.21}Si_{0.05})_{\Sigma 0.26}$ |
| Zr | $(Zr_{2.97}Ti_{0.03})_{\Sigma 3}$ | $(Zr_{2.82}Ti_{0.13}Hf_{0.05})_{\Sigma 3}$ | $Zr_{2.96}$ | $(Zr_{2.93}Nb_{0.05})_{\Sigma 2.98}$ | $(Zr_{2.85}Hf_{0.09}Ti_{0.05})_{\Sigma 2.99}$ |
| Na (1) | $Na_{5.92}$ | $(Na_{2.90}REE_{0.10})_{\Sigma 3}$ | $Na_{2.88}$ | $Na_{2.80}$ | $Na_{1.80}$ |
| Na (2) | | $Na_{2.37}$ | $Na_{3.28}$ | $Na_{3.02}$ | Na_3 |
| Na (3) | $(Na_{5.26}K_{0.29}Ca_{0.24}Sr_{0.12}REE_{0.09})_{\Sigma 6}$ | $(Na_{2.82}REE_{0.18})_{\Sigma 3}$ | $(Na_{2.03}Ca_{0.40}K_{0.37}Sr_{0.13}REE_{0.07})_{\Sigma 3}$ | $(Na_{2.82}REE_{0.18})_{\Sigma 3}$ | Na_3 |
| Na (4) | | $(Na_{1.86}REE_{0.68}K_{0.30}Ca_{0.16})_{\Sigma 3}$ | $(Sr_{2.60}Na_{0.40})_{\Sigma 3}$ | $(Na_{1.44}REE_{1.35}K_{0.19})_{\Sigma 2.98}$ | $(Ca_{2.35}Na_{0.33}Sr_{0.08}REE_{0.05})_{\Sigma 2.81}$ |
| Na (5) | $Na_{2.98}$ | $Na_{3.02}$ | $Na_{2.93}$ | $Na_{2.87}$ | Na_3 |
| Источники | Johnsen, Grice, 1999 (обр. 1) | Johnsen e. a., 1998 | Johnsen, Grice, 1999 (обр. 6) | Johnsen, Grice, 1999 (обр. 5) | Расцветаева и др., 1999; настоящая работа |

Примечание. Обозначения позиций даны в соответствии с работой (Johnsen, Grice, 1999); * — позиция $M(2, 5)$ в структуре фекличевита представляет собой не полуктаэдр, а несколько вытянутый октаэдр, где пятая вершина представлена OH-группой, а шестая статистически заполнена H_2O , O, OH (Расцветаева и др., 1999), поэтому данная позиция может быть обозначена для фекличевита как $M(2, 6)$.

Простые формы кристаллов фекличевита
Crystal forms of feklchevite crystals

| $\{hkl\}$ | Сферические координаты | | | |
|---------------|------------------------|------------|-------------|--------|
| | измеренные | | вычисленные | |
| | φ | ρ | φ | ρ |
| 0001 | — | 0°00(10)′ | — | 0° |
| 11 $\bar{1}0$ | 30°00(10)′ | 90°00(10)′ | 30° | 90° |
| 10 $\bar{1}0$ | 60°00(10)′ | 90°00(10)′ | 60° | 90° |
| 10 $\bar{1}1$ | 60°00(10)′ | 67°23(10)′ | 60° | 67°45′ |
| 10 $\bar{1}4$ | 60°00(10)′ | 30°56(20)′ | 60° | 31°25′ |
| 01 $\bar{1}2$ | 0°00(10)′ | 50°26(10)′ | 0° | 50°42′ |
| 02 $\bar{2}1$ | 0°00(10)′ | 77°44(30)′ | 0° | 78°26′ |
| 26 $\bar{8}7$ | 14°40(30)′ | 68°29(30)′ | 13°54′ | 68°20′ |

Примечание. В скобках даны приблизительные погрешности измерений для каждой грани в минутах.

главные формы — ромбоэдры $\{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}2\}$, пинакоид $\{0001\}$ и гексагональная призма $\{11\bar{2}0\}$. Обычно присутствуют также грани $\{10\bar{1}4\}$ и $\{10\bar{1}0\}$ в виде узких поясков, на некоторых кристаллах встречены грани $\{02\bar{2}1\}$ и $\{26\bar{8}7\}$. Изредка кристаллы имеют правильную, симметричную форму (рис. 1, а, б), по которой без труда распознается принадлежность минерала к тригональной сингонии, чаще же они сильно искажены, скошены и вытянуты в произвольных направлениях (рис. 1, в, г).

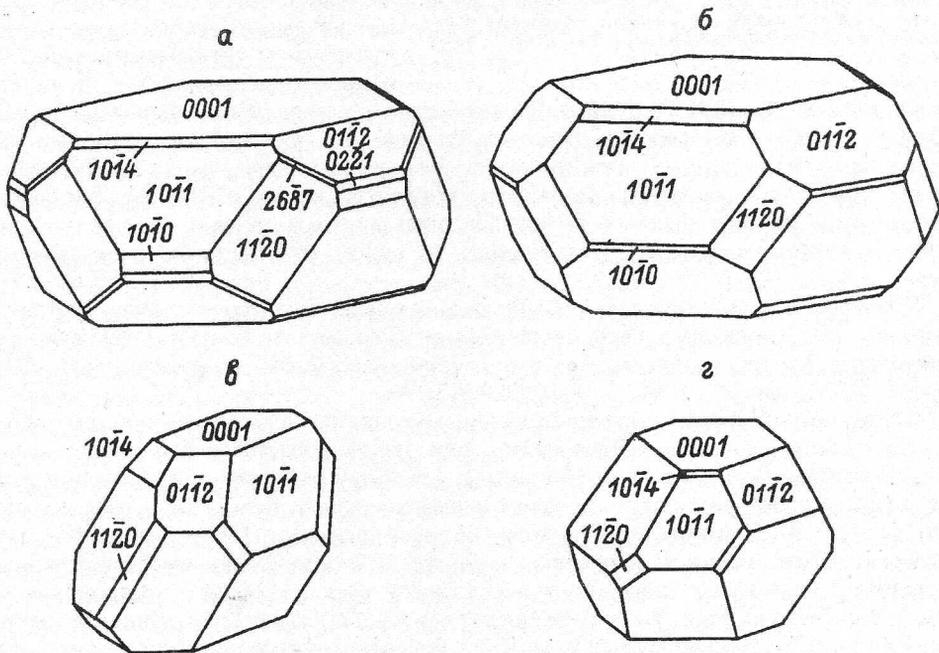


Рис. 1. Кристаллы фекличевита.

а — идеализованный полногранный кристалл; б — идеализованный типичный кристалл; в, г — реальная морфология искаженных кристаллов.

Fig. 1. Feklichevite crystals: а, б — idealized; в, г — real distorted.

Таблица 3

Химический состав фекличевита
Chemical composition of fekliechivite

| Компонент | Мас. % | Формульный коэффициент |
|--------------------------------|--------|-----------------------------------|
| Na ₂ O | 11.45 | 11.13 |
| CaO | 15.55 | 8.35 |
| SrO | 0.28 | 0.08 |
| MnO | 0.49 | 0.21 |
| FeO | 2.08 | 0.87 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.20 | 1.21 |
| La ₂ O ₃ | 0.11 | 0.02 |
| Ce ₂ O ₃ | 0.16 | 0.03 |
| SiO ₂ | 50.35 | 25.25 |
| ZrO ₂ | 11.65 | 2.85 |
| HfO ₂ | 0.62 | 0.09 |
| TiO ₂ | 0.12 | 0.05 |
| Nb ₂ O ₅ | 2.41 | 0.55 |
| H ₂ O ⁺ | 1.72 | 2.41(OH) + 1.67(H ₂ O) |
| F | 0.12 | 0.19 |
| Cl | 0.61 | 0.52 |
| -0-(F, Cl) ₂ | -0.19 | |
| Сумма | 100.73 | |

Примечание. К, Ва, Mg, Zn, Al, Y, Th, U, Та, W, лантаноиды тяжелее Се в количествах > 0.00—0.05 % отсутствуют. Содержания FeO и Fe₂O₃ даны по результатам химического анализа; определенное электронно-зондовым методом содержание железа очень близко — 5.01 % мас. в пересчете на FeO.

во воды (аналитик С. П. Пурусова). По сравнению с остальными минералами группы эвдиалита фекличевит содержит намного больше кальция. Другими особенностями его состава являются преобладание Fe³⁺ над Fe²⁺, высокое содержание ниобия, очень низкие для эвдиалитоподобных минералов концентрации Mn и REE. Состав фекличевита устойчивый, в пределах изученных зерен и от кристалла к кристаллу сколь угодно существенных колебаний содержаний ни одного из компонентов не наблюдается.

Кристаллическая структура фекличевита решена на монокристалле, *R*-фактор составил 0.057 в анизотропном приближении (Расцветаева и др., 1999). Минерал тригональный, пространственная группа *R3m*, параметры элементарной ячейки: *a* = 14.255(1), *c* = 30.170(2) Å, *V* = 5309.3(7) Å³.

В химическом составе и распределении катионов по позициям структуры заключаются главные отличия фекличевита от всех других представителей группы эвдиалита. В основе структуры нового минерала, как и других циркониевых членов группы, лежит каркас, состоящий из трех- и девятичленных колец Si-тетраэдров, связанных Zr- и Ca-октаэдрами. Атомы Fe располагаются статистически в двух альтернативных позициях: в плоском квадрате *M*(2,4) на стыке шестерных колец, составленных из Ca-октаэдров, и в искаженном октаэдре *M*(2,6), построенном на базе такого же квадрата. Пятая вершина в нем представлена OH-группой, а шестая статистически заполнена H₂O, O²⁻ или OH⁻. В центр одного из девятичленных колец Si₉O₂₇ встроены два разноориентированных тетраэдра Si(7) и Si(7a), которые заполнены Si и Mn соответственно — табл. 1. Вхождение Mn в позицию в центре кремнекислородного кольца уже отмечалось в структуре одного из эвдиалитоподобных минералов (Расцветаева, Хомяков, 1998). В центре второго кольца Si₉O₂₇ две кати-

Фекличевит обладает необычно темной для минералов группы эвдиалита окраской — темно-коричневой до практически черной. В тонких осколках минерал коричневый со слабым розовым оттенком, розовато-коричневый цвет имеют и измененные разновидности. Фекличевит полупрозрачный, со стеклянным блеском и коричневатой чертой. Минерал обладает прекрасно выраженной совершенной спайностью по (0001). Излом в этой плоскости ступенчатый, в других направлениях неровный. Хрупкий, твердость по Моосу 5.5. Плотность фекличевита, измеренная методом уравновешивания зерна в тяжелой жидкости, составляет 2.87(1), рентгеновская плотность 2.869, вычисленная по уравнению Гладстона—Дейла — 2.875 г/см³. Оптически минерал одноосный, отрицательный. Показатели преломления *n_e* = 1.616(1), *n_o* = 1.620(1).

Химический состав фекличевита (табл. 3) изучен электронно-зондовым методом. Отдельно методами мокрой химии определены содержания двух- и трехвалентного железа и методом Пенфильда — количест-

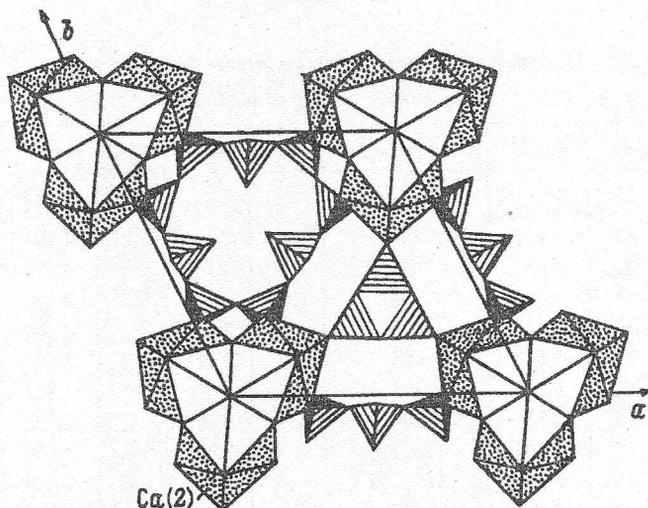


Рис. 2. «Кальциевый слой» в структуре фекличевита, образованный двумя типами полиэдров, занятых атомами Ca: штриховкой выделены $M(1)$ -октаэдр, крапом — $Na(4)$ -десятивершинники.

Fig. 2. «Calcium layer» formed by Ca-polyhedra with two types, in the feklitchevite structure: $M(1)$ octahedra are hatched, $Na(4)$ polyhedra are speckled.

онные позиции статистически заполнены Si и Nb, причем заселенный атомами Nb полиэдр $M(3)$ — это октаэдр, а атомы Si локализованы в тетраэдре $M(3a)$. Разделение в структурах минералов группы эвдиалита циркония и ниобия с локализацией ниобия в позиции в центре кольца Si_9O_{27} оказалось весьма распространенным явлением (Johnsen *et al.*, 1998; Johnsen, Grice, 1999). Позиции $Si(7)$, $Si(7a)$, $M(3)$ и $M(3a)$ в центрах девятичленных колец заселены в фекличевите с максимально возможной для эвдиалитоподобных структур полнотой.

Главной отличительной особенностью фекличевита является высокое содержание кальция и его упорядоченное распределение в структуре. Помимо обычного для эвдиалитов положения в $M(1)$ -октаэдрах шестичленных колец каркаса атомы Ca, «избыточные» сверх шести на формулу, почти целиком занимают позицию $Na(4)$, которая в других эвдиалитах заполнена Na, а в хомяковите и манганохомяковите-Sr (табл. 1). Три заселенных атомами кальция $Na(4)$ -десятивершинника сочленяются между собой по ребрам, примыкая к полиэдрическому кластеру, образованному тремя $M(2,6)$ -октаэдрами и центральным Nb-октаэдром $M(3)$ (Расцветаева и др., 1999). Вершинами $Na(4)$ -полиэдры соединяются с также занятыми атомами Ca октаэдрами $M(1)$, формируя оригинальный «кальциевый слой» (рис. 2), который можно рассматривать как специфическую кристаллохимическую особенность фекличевита, отличающую его от всех других членов группы. То, что избыточный кальций в структуре фекличевита не «размазан» в виде примеси по нескольким натриевым позициям, а локализуется в одной и резко в ней доминирует, явилось главным критерием для выделения этого минерального вида. Новый минерал имеет и ряд других кристаллохимических особенностей, сочетание которых подчеркивает его индивидуальность: преобладание Fe^{3+} над Fe^{2+} , доминирование Nb в группе позиций $M(3)$, заселение тетраэдра $Si(7a)$ атомами Mn (табл. 1).

Эмпирическая формула фекличевита, рассчитанная с учетом структурных данных, имеет вид (см. также табл. 1): $Na_{10.80}(Ca_{2.35}Na_{0.33}Sr_{0.08}Ce_{0.03}La_{0.02})_{\Sigma 2.81}Ca_6(Fe_{1.21}^{3+}Fe_{0.87}^{2+})_{\Sigma 2.08}(Zr_{2.85}Hf_{0.09}Ti_{0.05})_{\Sigma 2.99}Nb_{0.55}(Si_{25.25}Mn_{0.21})_{\Sigma 25.46}O_{73}[(OH)_{1.12}O_{0.26}(H_2O)_{1.67}]_{\Sigma 3.05}[(OH)_{1.29}Cl_{0.52}F_{0.19}]_{\Sigma 2}$. Расчет формульных коэффициентов проведен на $[(Zr + Hf + Ti)(Si + Nb + Mn)]_{29}$, в соответствии с общими рекомендациями (Johnsen, Grice, 1999) и индивидуальными особенностями фекличевита. Эти особенности — полное заселение позиций $[M(3), M(3a)]$ и $[Si(7), Si(7a)]$, центрирующих кольца Si_9O_{27} , и локали-

Результаты расчета рентгенограммы фекличевита
X-ray powder pattern of fekliechivite

| $I_{изм}$ | $d_{изм}, \text{Å}$ | $I_{выч}^*$ | $d_{выч}, \text{Å}$ | hkl | $I_{изм}$ | $d_{изм}, \text{Å}$ | $I_{выч}^*$ | $d_{выч}, \text{Å}$ | hkl |
|-----------|---------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|---------------------|-------------|---------------------|--|
| 15 | 7.12 | 42 | 7.128 | 110 | 3 | 2.214 | 3 | 2.211 | 511, 15 $\bar{1}$ |
| 39 | 6.43 | 42 | 6.435 | 104 | 5 | 2.192 | 8 | 2.194 | 51 $\bar{2}$, 152 |
| 9 | 6.04 | 22 | 6.047 | 021 | 6 | 2.179 | 6 | 2.176 | 425, 24 $\bar{5}$ |
| 29 | 5.71 | 51 | 5.713 | 202 | 25 | 2.158 | 18 | 2.157 | 4.0.10 |
| 7 | 5.42 | 11 | 5.421 | 015 | 15 | 2.142 | 8 | 2.141 | 1.3. $\bar{1}$ 1, 3.1.11 |
| 12 | 5.02 | 7 | 5.028 | 006 | 13 | 2.126 | 7 | 2.127 | 514 |
| 69 | 4.31 | 55 | 4.315 | 205 | | | 5 | 2.123 | 0.1.14 |
| 27 | 4.11 | 6 | 4.115 | 300 | 4 | 2.100 | 3 | 2.100 | 41 $\bar{9}$, 149 |
| | | 17 | 4.109 | 116, 11 $\bar{6}$ | 7 | 2.066 | 5 | 2.065 | 3.2.10, 2.3. $\bar{1}$ 0 |
| 15 | 3.96 | 18 | 3.968 | 12 $\bar{4}$, 214 | 4 | 2.015 | 4 | 2.016 | 063 |
| 27 | 3.81 | 25 | 3.809 | 303 | 13 | 1.985 | 14 | 1.984 | 428, 24 $\bar{8}$ |
| 5 | 3.70 | 4 | 3.691 | 21 $\bar{5}$, 125 | 4 | 1.960 | 2 | 1.960 | 34 $\bar{4}$, 434 |
| 20 | 3.61 | 15 | 3.607 | 018 | 11 | 1.940 | 6 | 1.938 | 33 $\bar{9}$, 339 |
| 17 | 3.56 | 22 | 3.564 | 220 | 13 | 1.905 | 8 | 1.904 | 606, 066 |
| 37 | 3.53 | 26 | 3.534 | 027 | | | 6 | 1.840 | 52 $\bar{6}$, 256 |
| 26 | 3.398 | 40 | 3.402 | 131, 31 $\bar{1}$ | 15 | 1.839 | 6 | 1.838 | 1.4.12, 4.1. $\bar{1}$ 2, 4.1.12, 1.4. $\bar{1}$ 2 |
| 13 | 3.339 | 10 | 3.339 | 13 $\bar{2}$, 312 | | | | | |
| 56 | 3.218 | 33 | 3.218 | 208 | 16 | 1.781 | 22 | 1.782 | 440 |
| 34 | 3.170 | 17 | 3.185 | 036, 306 | 10 | 1.771 | 8 | 1.777 | 4.2.11, 2.4. $\bar{1}$ 1 |
| | | 24 | 3.166 | 217, 12 $\bar{7}$ | 9 | 1.768 | 9 | 1.767 | 0.4.14 |
| 42 | 3.036 | 17 | 3.034 | 119, 11 $\bar{9}$ | 9 | 1.756 | 4 | 1.752 | 2.2.15, 2.2. $\bar{1}$ 5 |
| | | 7 | 3.024 | 042 | 7 | 1.717 | 2 | 1.717 | 704 |
| 81 | 2.977 | 90 | 2.978 | 13 $\bar{5}$, 135 | | | 4 | 1.715 | 2.3.14, 3.2. $\bar{1}$ 4 |
| 14 | 2.932 | 7 | 2.933 | 21 $\bar{8}$, 128 | 7 | 1.709 | 3 | 1.709 | 621, 26 $\bar{1}$ |
| 19 | 2.908 | 12 | 2.908 | 22 $\bar{6}$, 226 | 6 | 1.701 | 5 | 1.701 | 62 $\bar{2}$, 262 |
| 100 | 2.854 | 100 | 2.856 | 404 | 4 | 1.693 | 3 | 1.693 | 075 |
| 26 | 2.712 | 11 | 2.711 | 0.2.10 | 9 | 1.680 | 12 | 1.680 | 446, 44 $\bar{6}$ |
| 19 | 2.682 | 21 | 2.681 | 31 $\bar{7}$, 137 | 12 | 1.648 | 7 | 1.647 | 62 $\bar{5}$, 265 |
| 9 | 2.652 | 11 | 2.651 | 324, 23 $\bar{4}$ | 6 | 1.633 | 5 | 1.632 | 1.1.18, 1.1. $\bar{1}$ 8 |
| 44 | 2.602 | 35 | 2.599 | 039, 309 | 16 | 1.612 | 12 | 1.609 | 4.0.16 |
| 10 | 2.535 | 3 | 2.535 | 13 $\bar{8}$, 318 | 5 | 1.599 | 4 | 1.597 | 1.6.10, 6.1. $\bar{1}$ 0 |
| | | 3 | 2.534 | 2.1.10, 1.2. $\bar{1}$ 0 | 9 | 1.572 | 6 | 1.570 | 2.3. $\bar{1}$ 6, 3.2.16 |
| 12 | 2.518 | 6 | 2.514 | 0.0.12 | 7 | 1.548 | 4 | 1.547 | 544, 45 $\bar{4}$ |
| 7 | 2.461 | 10 | 2.461 | 051 | 6 | 1.544 | 6 | 1.545 | 5.1. $\bar{1}$ 4, 1.5.14 |
| 6 | 2.445 | 5 | 2.442 | 22 $\bar{9}$, 229 | 5 | 1.500 | 2 | 1.499 | 0.5.16 |
| 7 | 2.389 | 8 | 2.388 | 048 | 7 | 1.486 | 6 | 1.483 | 5.3.11, 3.5. $\bar{1}$ 1 |
| 9 | 2.374 | 7 | 2.376 | 330 | 5 | 1.467 | 4 | 1.467 | 4.2. $\bar{1}$ 6, 2.4.16 |
| | | 4 | 2.375 | 14 $\bar{6}$, 146 | 7 | 1.439 | 2 | 1.441 | 3.1. $\bar{1}$ 9, 1.3.19 |
| 7 | 2.327 | 14 | 2.326 | 241, 24 $\bar{1}$ | | | 2 | 1.438 | 6.0.15 |
| 4 | 2.286 | 1 | 2.285 | 505 | 4 | 1.426 | 4 | 1.426 | 550 |
| | | 2 | 2.281 | 1.0.13 | 6 | 1.412 | 3 | 1.4145 | 461, 64 $\bar{1}$ |
| 6 | 2.265 | 4 | 2.265 | 238, 32 $\bar{8}$ | 6 | 1.406 | 5 | 1.405 | 185, 81 $\bar{5}$ |
| | | 3 | 2.264 | 3.1.10, 1.3. $\bar{1}$ 0 | | | | | |

Примечание. Условия съемки: дифрактометр ДРОН УМ-1, CoK_{α} -излучение, Fe-фильтр; * — вычислено из структурных данных.

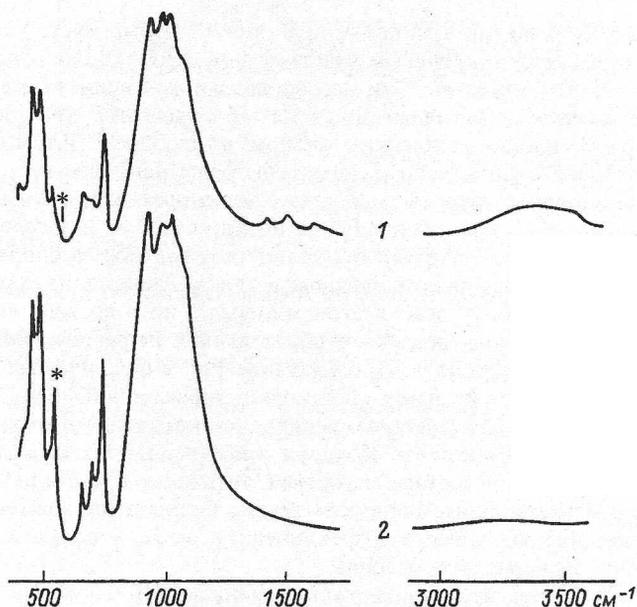


Рис. 3. ИК-спектры фекличевита (1) и структурно изученного (Расцветаева, Андрианов, 1987) типичного эвдиалита (2); полоса при 545 см^{-1} , отвечающая валентным колебаниям $\text{Fe}^{2+}\text{—O}$ в квадрате $M(2,4)$, отмечена звездочкой (*).

Fig. 3. IR spectra of fekklichevire (1) and structurally studied typical eudialyte (2); the band of stretching vibrations of $\text{Fe}^{2+}\text{—O}$ bond in $M(2,4)$ site (at 545 см^{-1}) is marked with asterisk (*).

зация всего марганца в позиции $\text{Si}(7a)$. Соотношение числа OH -групп и молекул воды вычислено исходя из результатов расшифровки кристаллической структуры (Расцветаева и др., 1999). Идеализированная формула ($Z = 3$) $\text{Na}_{11}\text{Ca}_9(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$, или в развернутом виде с разделением позиций кальция $\text{Na}_{11}\text{Ca}_3\text{Ca}_6(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Zr}_3\text{Nb}[\text{Si}_{25}\text{O}_{73}](\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}, \text{O})_5$.

Порошковые рентгеновские данные для фекличевита приведены в табл. 4. По рентгенограмме новый минерал очень близок к другим членам группы эвдиалита.

ИК-спектр фекличевита (рис. 3) в целом подобен спектрам других минералов группы эвдиалита, но характеризуется и рядом индивидуальных особенностей. Так, полосы при 3540 , 3400 и 1650 см^{-1} относятся к колебаниям молекулярной H_2O . Наиболее интересными представляются результаты ИК-спектроскопии в части отнесения разновалентного железа к определенным позициям структуры. Так, проведенные ранее Н. В. Чукановым исследования выявили четкую положительную корреляцию между содержанием Fe^{2+} в квадратной координации, т. е. в позиции $M(2,4)$, и интенсивностью полосы при 545 см^{-1} в ИК-спектрах эвдиалитоподобных минералов. В спектре фекличевита в этой области наблюдается лишь слабое плечо, что говорит об очень незначительном содержании двухвалентного железа в позиции $M(2,4)$. Полоса при 526 см^{-1} относится к колебаниям связей $\text{Fe}^{3+}\text{—O}$. Согласно структурным данным, позиция $M(2,4)$ в фекличевите заселена атомами железа приблизительно на 40 %, а $M(2,5)$ — на 30 %. Величины расстояний $\text{Fe}\text{—}(\text{O}, \text{OH})$ и локальный баланс валентных усилий на анионах в этих полиэдрах с близкой вероятностью допускают вхождение в обе позиции как Fe^{2+} , так и Fe^{3+} . Таким образом, исходя из результатов рентгеноструктурного анализа и ИК-спектроскопического изучения, можно говорить, что квадрат $M(2,4)$ в фекличевите заполнен преимущественно Fe^{3+} , а октаэдр $M(2,6)$ — преимущественно Fe^{2+} . Косвенными подтверждениями этого могут служить темно-коричневая окраска и отрицательный оптический знак нашего минерала. Э. В. Польшин с соавторами связывает именно с нахождением Fe^{2+} в квадратной координации малиновую окраску эвдиалита и отмечает, что при отсутствии двухва-

лентного железа в этой позиции минерал приобретает бурый цвет. Усиление коричневой окраски связывается с активным участием ионов Fe^{3+} (полосы переноса заряда $O^{2-} \rightarrow Fe^{3+}$ в оптическом спектре). Эти исследователи отмечают также, что эвдиалиты, содержащие оптически активные ионы Fe^{2+} в квадратной координации, характеризуются положительным оптическим знаком и наоборот (Pol'shin e. a., 1991). Фекличевит оптически отрицателен и характеризуется наиболее густой коричневой окраской среди минералов группы эвдиалита, что, скорее всего, и является следствием практически полного отсутствия Fe^{2+} в позиции $M(2,4)$ и заселения ее Fe^{3+} .

Особенности состава фекличевита отражают геохимическую специфику канкринитового сиенита, да и Ковдорского массива в целом. Аномально высокое содержание кальция наблюдается не только в этом минерале, но и во всей вмещающей его породе, где место обычного в подобных образованиях нефелина занимает канкринит, присутствует много пектолита. Преобладание Fe^{3+} в фекличевите над Fe^{2+} представляется следствием окислительной обстановки, характерной не только для нашей жильной породы, одним из аксессуарных минералов которой является гематит, но и для всего фоскоритового комплекса Ковдора, где большая часть железа находится в трехвалентной форме — в составе магнетита, тетраферритфлогопита, а форстерит, диоксид и другие магнезиальные силикаты весьма бедны этим элементом. Высокое Fe/Mn отношение, наблюдающееся в фекличевите, тоже в целом характерно для минералов и пород Ковдорского массива.

В заключение отметим, что по содержанию кальция (15.0—15.9 % CaO) и Fe/Mn отношению к фекличевиту близок эвдиалит из щелочных пород Турьего мыса на южном побережье Кольского полуострова, кратко охарактеризованный в 1957 г. Л. С. Бородиным и в 1965 г. А. А. Кухаренко с соавторами (1965). Однако он отличается от фекличевита преобладанием Fe^{2+} над Fe^{3+} , малым содержанием ниобия, розовой окраской, положительным оптическим знаком и более низкими показателями преломления.

Эталонный образец фекличевита передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве, рег. № 2251/1.

Авторы благодарят В. Г. Шлыкова за помощь. Работа выполнена при поддержке гранта ведущей научной школы № 00-15-98-497.

Список литературы

- Боруцкий Б. Е., Расцветаева Р. К., Разманова З. П., Дорфман М. Д. Особенности кристаллического строения барсановита — разновидности эвдиалита // ЗВМО. 1990. № 3. С. 65—72.
- Гольщикова В. М., Симонов В. И., Белов Н. В. О кристаллической структуре эвдиалита // Кристаллография. 1971. Т. 16. № 1. С. 93—98.
- Капустин Ю. Л. Аксессуарная редкометаллическая минералогия карбонатитов Кольского полуострова // Минералогия и генетические особенности щелочных массивов. М., 1964. С. 183—185.
- Кухаренко А. А., Орлова М. П., Булах А. Г. и др. Каледонский комплекс ультраосновных щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии. М., 1965. 768 с.
- Расцветаева Р. К. Сравнительная кристаллохимия изоморфного ряда эвдиалита // Структурная кристаллография. М., 1992. С. 204—220.
- Расцветаева Р. К., Андрианов В. И. Новые данные о кристаллической структуре эвдиалита // Докл. АН СССР. 1987. Т. 293. № 5. С. 1122—1126.
- Расцветаева Р. К., Боруцкий Б. Е. Кристаллохимические особенности эвдиалита в свете новых данных // Минер. журн. 1988. Т. 10. № 1. С. 48—57.
- Расцветаева Р. К., Боруцкий Б. Е. Структурные особенности TR-Fe и TR-Mn эвколитов // Минер. журн. 1990. Т. 12. № 4. С. 81—88.
- Расцветаева Р. К., Боруцкий Б. Е., Гусев А. И. Кристаллическая структура эвколита // Кристаллография. 1988. Вып. 2. С. 353—358.
- Расцветаева Р. К., Екименкова И. А., Пеков И. В. Кристаллическая структура нового высококальциевого аналога эвдиалита // Докл. РАН. 1999. Т. 368. № 5. С. 636—638.
- Расцветаева Р. К., Соколова М. Н., Боруцкий Б. Е. Кристаллическая структура калиево-оксониевого эвдиалита // Кристаллография. 1990. Т. 35. № 6. С. 1381—1387.
- Расцветаева Р. К., Хомяков А. П. Кристаллическая структура низкожелезистого аналога эвдиалита // Докл. АН СССР. 1998. Т. 362. № 6. С. 784—788.
- Фекличев В. Г. Оптические свойства хибинских и других эвдиалитов // Тр. ИМГРЭ. 1963. Вып. 15. С. 121—135.

Фекличев В. Г. О химическом составе и химической формуле хибинских и других эвдиалитов // Экспериментально-методические исследования рудных минералов. М., 1965. С. 195—213.

Фекличев В. Г. Исследование взаимозависимостей состава и свойств у минералов группы эвдиалита // Тр. минер. музея АН СССР. 1979. Вып. 28. С. 126—144.

Фекличев В. Г. Природный ионный обмен при образовании оксисоединений в группе эвдиалита // Тр. Минер. музея АН СССР. 1983. Вып. 31. С. 169—173.

Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Расцветова Р. К. Аллуайит $\text{Na}_{19}(\text{Ca}, \text{Mn})_6(\text{Ti}, \text{Nb})_3\text{Si}_{26}\text{O}_{74}\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — новый титаносиликат с эвдиалитоподобной структурой // ЗВМО. 1999. № 1. С. 117—120.

Guiseppe G., Mazzi F., Tadini C. The crystal structure of eudialyte // *Tschermacks Miner. Petr. Mitt.* 1971. Vol. 16. P. 105—127.

Johnsen O., Gault R. A. Chemical variation in eudialyte // *N. Jb. Miner. Abh.* 21997. Vol. 171. N 3. P. 215—237.

Johnsen O., Grice J. D. The crystal chemistry of the eudialyte group // *Canad. Miner.* 1999. Vol. 37. Pt 4. P. 865—891.

Johnsen O., Grice J. D., Gault R. A. Kentbrooksite from the Kangerdlugssuaq intrusion, East Greenland, a new Mn-REE-Nb-F end-member in a series within the eudialyte group: description and crystal structure // *Eur. J. Miner.* 1998. Vol. 10. P. 207—219.

Johnsen O., Grice J. D., Gault R. A., Ercit T. S. Khomyakovite and manganokhomyakovite, two new members of the eudialyte group from Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada // *Canad. Miner.* 1999. Vol. 37. Pt 4. P. 893—899.

Pol'shin E. V., Platonov A. N., Borutsky B. E. et al. Optical and Moessbauer study of minerals of the eudialyte group // *Phys. Chem. Miner.* 1991. Vol. 18. P. 117—125.

Поступила в редакцию
6 марта 2000 г.

УДК 549.6

ЗВМО, № 3, 2001 г.
Proc. RMS, N 3, 2001

© Почетный член А. П. ХОМЯКОВ,* Л. И. ПОЛЕЖАЕВА,** Ю. А. МАЛИНОВСКИЙ***

ГМЕЛИНИТ-К $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_6[\text{Al}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}] \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ ЦЕОЛИТ ИЗ ЛОВОЗЕРСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, РОССИЯ¹

A. P. KHOMYAKOV, L. I. POLEZHAEVA, Yu. A. MALINOVSKY.

GMELENITE-K $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_6[\text{Al}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}] \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, A NEW ZEOLITE MINERAL
FROM LOVOZERO ALKALINE MASSIF, KOLA PENINSULA, RUSSIA

* Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов,
121357, Москва, ул. Версаева, 15

** Геологический институт Кольского научного центра РАН, 184200, Апатиты, ул. Ферсмана, 14

*** Институт кристаллографии РАН, 117333, Москва, Ленинский проспект, 59

This paper describes gmelinite-K from the Mt Alluaiv area, Lovozero alkaline massif, whose status as the type locality for this mineral was recognized by a special decision of the IMA CNMNM. The mineral consists of columnar or acicular crystals elongated along [001], which make up drusy aggregates in cavities of brecciated pegmatoid. Colourless or brownish, transparent. Streak white. Lustre vitreous. Brittle. Fracture conchoidal. Mohs' hardness 4. $D_{\text{meas}} 2.00(2) \text{ g/cm}^3$, $D_{\text{calc}} 2.01 \text{ g/cm}^3$. Optically uniaxial, negative; $n_o = 1.477(1)$, $n_e = 1.471(1)$. Chemical composition (electron probe, water content was determined by thermogravimetric data), wt%: K_2O 7.54, Na_2O 2.63, CaO 1.56, Al_2O_3 18.53, SiO_2 50.54, H_2O 19.20. Total 100.00. Empirical formula: $(\text{K}_{3.23}\text{Na}_{1.71}\text{Ca}_{0.56})(\text{Al}_{7.34}\text{Si}_{16.98}\text{O}_{48}) \cdot 21.51\text{H}_2\text{O}$. Simplified formula for $Z = 1$: $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_6(\text{Al}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}) \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ or for $Z = 8$: $(\text{K}, \text{Na})\text{AlSi}_2\text{O}_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Hexagonal, space group $P6_3/mmc$, $a = 13.696(2) \text{ \AA}$, $c = 10.203(2) \text{ \AA}$, $V = 1657.5(8) \text{ \AA}^3$. The strongest XRD lines [d , \AA (I): 11.9(80), 7.8(50), 5.16(70), 4.11(100), 3.27(70), 2.971(80), 2.852(80), 2.719(100), 2.085(50), 1.817(50), 1.598(50), 1.245(50)]. The crystal structure of the mineral generally shares the main structural features of its Na- and Ca-dominant analogues. In contrast to the relatively common (in Lovozero) gmelinite-Na (a microprobe analysis is given), gmelinite-K is a mineral rarity. The Lovozero holotype of gmelinite-K is compared

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 10 июня 1982 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциацией 2 декабря 1999 г. В более ранних публикациях гмелинит-К обозначался как К-гмелинит (Малиновский, 1984) и M13 (Хомяков, 1990; Хомяков, 1995).