

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.6

© Почетный чл. А. П. ХОМЯКОВ,\* д. чл. Г. Н. НЕЧЕЛЮСТОВ,\*\* д. чл. Р. К. РАСЦВЕТАЕВА\*\*\*

**ДУАЛИТ  $\text{Na}_{30}(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce}, \text{Sr})_{12}(\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6\text{Zr}_3\text{Ti}_3\text{MnSi}_{51}\text{O}_{144}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl})_9$  —  
НОВЫЙ ЦИРКОНО-ТИТАНОСИЛИКАТ  
С МОДУЛЯРНОЙ ЭВДИАЛИТОПОДОБНОЙ СТРУКТУРОЙ  
ИЗ ЛОВОЗЕРСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА,  
КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, РОССИЯ<sup>1</sup>**

A. P. KHOMYAKOV, G. N. NECHELYUSTOV, R. K. RASTSVETAEVA. DUALITE,  
 $\text{Na}_{30}(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce}, \text{Sr})_{12}(\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6\text{Zr}_3\text{Ti}_3\text{MnSi}_{51}\text{O}_{144}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl})_9$ ,

A NEW ZIRCONO-TITANOSILICATE WITH A MODULAR EUDIALYTE-LIKE STRUCTURE  
FROM LOVOZERO ALKALINE MASSIF, KOLA PENINSULA, RUSSIA

\* Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов,  
121357, Москва, ул. Вересаева, 15;  
e-mail: noomineral@noomin.msk.ru

\*\* Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья,  
109017, Москва, Старомонетный пер., 31

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

Dualite was found on Mt. Alluiv (Lovozero massif, Kola Peninsula), in hyperagpaitic pegmatoid rock as rare anhedral grains up to 0.3–0.5 mm across. Associated minerals are: sodium-potassium feldspar, nepheline, sodalite, cancrinite, aegirine, alkaline amphibole, cudialyte, lovozerite, lomonosovite, vuonnemite, lamprophyllite, sphaerite and villiaumite. It is yellow, transparent or translucent, with conchoidal fracture; brittle; luster vitreous; streak white. Mohs' hardness 5.  $D(\text{meas.}) = 2.84(3) \text{ g/cm}^3$  (volumetric method),  $D(\text{calc.}) = 2.814 \text{ g/cm}^3$ . The mineral dissolves and gelatinises in acid at room temperature. Non-fluorescent. Optically uniaxial, positive,  $n_o = 1.610(1)$ ,  $n_e = 1.613(1)$ . Trigonal, space group  $R\bar{3}m$ ,  $a = 14.153(9)$ ,  $c = 60.72(5) \text{ \AA}$ ,  $V = 10533(22) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 3$ . The strongest lines of the powder diffraction pattern [ $d$ ,  $\text{\AA}(hkl)$ ] are: 7.11(40)(110), 4.31(50)(0.2.10), 2.964(100)(1.3.10), 2.839(90)(048), 2.159(60)(2.4.10, 0.4.20), 1.770(60)(2.4.22, 4.0.28, 440), 1.362(50)(5.5.12, 3.0.42). Chemical composition (wt. %, electron probe,  $\text{H}_2\text{O}$  content from crystal structure analysis):  $\text{Na}_2\text{O}$  17.74,  $\text{K}_2\text{O}$  0.08,  $\text{CaO}$  8.03,  $\text{SrO}$  1.37,  $\text{BaO}$  0.29,  $\text{MnO}$  2.58,  $\text{FeO}$  1.04,  $\text{La}_2\text{O}_3$  0.79,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  1.84,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  0.88,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.20,  $\text{SiO}_2$  51.26,  $\text{TiO}_2$  4.40,  $\text{ZrO}_2$  5.39,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  1.94,  $\text{Cl}$  0.58,  $\text{H}_2\text{O}$  1.39,  $-\text{O} = \text{Cl}_2$  0.13, сумма 99.67. Empirical formula (based on  $\Sigma\text{cations} = 106$  apfu as determined by crystal structure analysis) is  $(\text{Na}_{29.79}\text{Ba}_{0.1}\text{K}_{0.10})_{\Sigma 30}(\text{Ca}_{8.55}\text{Na}_{1.39}\text{REE}_{1.27}\text{Sr}_{0.79})_{\Sigma 12}(\text{Na}_{3.01}\text{Mn}_{1.35}\text{Fe}_{0.87}\text{Ti}_{0.77})_{\Sigma 6}(\text{Zr}_{2.61}\text{Nb}_{0.39})_{\Sigma 3}(\text{Ti}_{12.52}\text{Nb}_{0.48})_{\Sigma 13}(\text{Mn}_{0.82}\text{Si}_{0.18})_{\Sigma 1}(\text{Si}_{50.77}\text{Al}_{0.23})_{\Sigma 51}\text{O}_{144}[(\text{OH})_{6.54}(\text{H}_2\text{O})_{1.34}\text{Cl}_{0.98}]_{\Sigma 8.86}$ . Simplified formula:  $\text{Na}_{30}(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce}, \text{Sr})_{12}(\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6\text{Zr}_3\text{Ti}_3\text{MnSi}_{51}\text{O}_{144}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl})_9$ . The name dualite is derived from the Latin «*dualis*» [dual] in allusion to the dual taxonomic membership of the mineral, which is at once a zirconosilicate and titanosilicate. The crystal structure is characterized by the presence of two types of modules (alluvite-like and cudialyte-like) alternating along the triad axis, causing dualite to have a double  $c$  period relative to cudialyte and a close crystal chemical relationship to rastsvetacvite (ZRMO, 2006, N 1) and labyrinthite (ZRMO, 2006, N 2). According to the authors' crystal chemical systematics of the cudialyte group, the mineral belongs to one of its three principal subgroups characterized by a 24-layered structural array. Dualite is a late-pegmatitic mineral formed during the final stages of hyperagpaitic pegmatite formation. Type material is deposited at the Fersman Mineralogical Museum, Moscow.

Как известно, несмотря на большую близость ионных радиусов и химических свойств титана и циркония, этим элементам присущи глубокие различия кристаллохимических функций, особенно резко проявляющиеся в стремлении Ti-октаэдров к

<sup>1</sup> Минерал и его название утверждены КНМНМ ММА 8 июля 2005 г.

взаимной ассоциации, а Zr-октаэдров — к взаимной изолированности в кристаллических постройках природных и искусственных соединений (Пятенко, Воронков, 1977). Отмеченное обстоятельство существенно ограничивает изоморфную смесимость данных элементов и объясняет, почему лишь единичные минералы циркония имеют титановые аналоги и наоборот. Указанная закономерность может быть прослежена на примере группы эвдиалита, которая объединяет щелочные цирконо- и титаносиликаты цеолитоподобной структуры с гетерополиэдрическим каркасом состава  $\{Ca_6(Zr,Ti)_3[Si_9O_{27}]_2[Si_3O_9]_2\}^{24-}$ . Несмотря на то что в последние годы эта группа расширилась на 20 минеральных видов, среди них был выявлен только один титановый минерал — аллуйвит (Хомяков и др., 1990), тогда как все остальные минералы оказались циркониевыми.

Настоящая работа посвящена характеристике еще одного существенно титанового, но содержащего также цирконий, минерала группы эвдиалита, обнаруженного первым автором при изучении ультраагпаитовых пегматитов горы Аллуйв Ловозерского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия). Новый минерал получил название «дуалит» (dualite)<sup>2</sup> от латинского «dualis» — двойкий, двойственный — в связи с наличием в единой структуре этого минерала двух типов смешанных анионных радикалов  $\{Zr_3[Si_9O_{27}]_2[Si_3O_9]_2\}^{36-}$  и  $\{Ti_3[Si_9O_{27}]_2[Si_3O_9]_2\}^{36-}$ , чем определяется роль дуалита как своеобразного связующего звена между цирконо- и титаносиликатами.

В работе наряду с общеминералогическим описанием дуалита охарактеризованы основные особенности его кристаллической структуры и показано положение минерала в кристаллохимической систематике группы эвдиалита. Обоснована принадлежность дуалита к плеяде высокоупорядоченных эвдиалитов с удвоенным *c*-периодом, в которую входят также аллуйвит, расцветаевит и лабиринтит (Хомяков и др., 1990, 2006а, б). Рассмотрены вопросы типоморфизма эвдиалитов данного типа. Важное значение открытия этой плеяды минералов определяется тем, что все ее представители являются эндемиками ультраагпаитовых пород, сопровождающих крупнейшие в мире редкометалльно-фосфатные месторождения Хибино-Ловозерского комплекса, в связи с чем они рассматриваются нами (Хомяков, 2002а, 2004; Khomyakov, 2006) как минералого-геохимические индикаторы высокопродуктивных рудогенерирующих процессов, связанных с щелочным магматизмом.

#### УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ДУАЛИТА

Дуалит обнаружен в пегматитах эвдиалитовых дуэвритов III интрузивной фазы Ловозерского массива, в буровом керне с глубины 322 м. Керн представлен интенсивно минерализованной пегматоидной породой ультраагпаитового типа, сложенной агрегатом калинатрового полевого шпата, нефелина, содалита, канкринита, эгирина, щелочного амфибола, эвдиалита, ловозерита, ломоносавита, вуоннемита, лампрофиллита, сфалерита и виллиомита. Описываемый минерал распространен в виде очень редких зерен неправильной формы размером до 0.3—0.5 мм в поперечнике, иногда сростающихся с зернами обычного эвдиалита, содержащего не более 0.4—0.55 мас. % TiO<sub>2</sub>.

Малое количество минерала не позволило изучить его свойства в полном объеме. Наиболее важные результаты проведенного исследования сведены в табл. 1, где они сопоставлены с соответствующими данными для других эвдиалитоподобных минералов с высокоупорядоченной структурой.

**Физические и оптические свойства.** Дуалит — минерал лимонно-желтого цвета со стекляннм блеском, раковистым изломом. Черта белая. Прозрачный или просвечивает. Хрупкий. Спайность или отдельность не выражены. Твердость 5 по шкале Мооса. Плотность, определенная микрообъемным методом, равна 2.84(3) г/см<sup>3</sup>, вычис-

<sup>2</sup> В ранее опубликованной работе о кристаллической структуре дуалита (Rastsvetaeva e. a., 1999) этот минерал охарактеризован как «новый обогащенный титаном член семейства эвдиалита».

Минерал	Дуалит
Формула	Na <sub>30</sub> (Ca,Na,Ce,Sr, (Na,Mn,Fe,Ti) <sub>6</sub> Zr Ti <sub>3</sub> MnSi <sub>51</sub> O <sub>144</sub> ( H <sub>2</sub> O,Cl) <sub>9</sub>
Сингония	Тригональная
Пр. группа	R3m
<i>a</i> , Å	14.153
<i>c</i> , Å	60.72
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	10533
<i>Z</i>	3
<i>D</i> , г/см <sup>3</sup>	2.84
Интенсивные линии на рентге- нограмме по- рошка: <i>d</i> ( <i>hkl</i> )	2.964(100)(1.3.1) 2.839(90)(048) 2.159(60)(2.4.10) 1.770(60)(440) 4.31(50)(0.2.10) 1.362(50)(5.5.12) 7.11(40)(110) 2.675(30)(140) 2.599(30)(3.0.18) 1.477(30)(3.5.22) 1.338(30)(280)
Оптический знак	+
<i>N<sub>o</sub></i>	1.610
<i>N<sub>e</sub></i>	1.613
Цвет	Желтый
Авторы	Настоящая работ

ленная для эмпирической фольный. Показатели преломл *N<sub>o</sub>* = 1.610(1), *N<sub>e</sub>* = 1.613(1). 400 нм) не люминесцирует. Г в 50%-ных растворах HCl и I храняет прозрачность и пока

**Химический состав** дуалитом микроанализаторе Super напряжение 15 кВ, ток 20 нА. точка каждого зерна) с ис K<sub>2</sub>ZrSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (K, Zr), диопсид (С нит (Mn), LaPO<sub>4</sub> (La), CePO<sub>4</sub> (Cl). Железо условно считало: ных рентгеноструктурного а

С учетом обсуждаемых ни ры дуалита средний состав п

Сравнение дуалита с расцветаевитом, лабиринтитом и аллуайвитом

Comparison of dualite with rastsvetaevite, labyrinthite and alluavite

Минерал	Дуалит	Расцветаевит	Лабиринтит	Аллуайвит
Формула	$\text{Na}_{30}(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce}, \text{Sr})_{12} \cdot (\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6 \text{Zr}_3 \cdot \text{Ti}_3 \text{MnSi}_5 \text{O}_{144}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl})_9$	$\text{Na}_{27} \text{K}_8 \text{Ca}_{12} \text{Fe}_3 \text{Zr}_6 \cdot \text{Si}_{52} \text{O}_{144}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_6 \text{Cl}_2$	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Sr})_{35} \text{Ca}_{12} \text{Fe}_3 \cdot \text{Zr}_6 \text{TiSi}_5 \text{O}_{144}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_9 \text{Cl}_3$	$\text{Na}_{38}(\text{Ca}, \text{Mn})_{12}(\text{Ti}, \text{Nb})_6 \text{Si}_{52} \text{O}_{148} \text{Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Сингония	Тригональная	Тригональная	Тригональная	Тригональная
Пр. группа	$R\bar{3}m$	$R\bar{3}m$	$R\bar{3}$	$R\bar{3}m$
$a, \text{Å}$	14.153	14.249	14.239	14.046
$c, \text{Å}$	60.72	60.969	60.733	60.60
$V, \text{Å}^3$	10533	10720	10664	10354
$Z$	3	3	3	3
$D, \text{г/см}^3$	2.84	2.86	2.88	2.76
Интенсивные линии на рентгенограмме порошка: $d(hkl)$	2.964(100)(1.3.10) 2.839(90)(048) 2.159(60)(2.4.10) 1.770(60)(440) 4.31(50)(0.2.10) 1.362(50)(5.5.12) 7.11(40)(110) 2.675(30)(140) 2.599(30)(3.0.18) 1.477(30)(3.5.22) 1.338(30)(280)	2.987(100)(1.3.10) 4.345(81)(0.2.10) 2.861(73)(048) 3.249(57)(0.2.16) 6.48(47)(018) 3.565(41)(220) 2.695(40)(140) 3.196(37)(0.3.12) 2.619(36)(3.0.18) 5.72(33)(024) 3.189(32)(1.2.14)	2.977(100)(1.3.10) 2.853(88)(048) 4.324(68)(0.2.10) 3.230(44)(0.2.16) 3.550(39)(220) 2.685(38)(140) 3.049(36)(1.1.18) 2.605(36)(3.0.18) 5.70(34)(024) 3.173(34)(1.2.14) 6.45(33)(018)	2.960(100)(1.3.10) 2.825(100)(048) 7.14(80)(110) 1.762(80)(440) 4.30(70)(0.2.10) 2.148(70)(0.4.20) 1.358(70)(900) 3.36(50)(312) 2.664(50)(3.1.14) 2.583(50)(3.0.18) 3.77(40)(306)
Оптический знак	+	+	+	+
$N_o$	1.610	1.598	1.597	1.618
$N_c$	1.613	1.600	1.601	1.626
Цвет	Желтый	Розовый	Розовый	Бесцветный
Авторы	Настоящая работа	Расцветаева, Хомяков, 2001а; Хомяков и др., 2006а	Расцветаева, Хомяков, 2001б; Хомяков и др., 2006б	Хомяков и др., 1990; Расцветаева и др., 1990

## СВОЙСТВА ДУАЛИТА

дуалитов III интрузивной фазы 2 м. Керн представлен интенсивно-агпаитового типа, сложенной агпаитом, канкринитом, эгиринитом, носовитом, вуоннемитом, лампролитом. Минерал распространен в виде до 0.3—0.5 мм в поперечнике, алита, содержащего не более

его свойства в полном объеме. Данные сведены в табл. 1, где они даны для эвдиалитоподобных минералов.

Минерал лимонно-желтого цвета и белая. Прозрачный или просвечивается. Твердость 5 по шкале Мооса, равна 2.84(3) г/см<sup>3</sup>, вычис-

лен для дуалита (Rastsvetaeva e. a., 1999) и является членом семейства эвдиалита.

ленная для эмпирической формулы — 2.814 г/см<sup>3</sup>. Оптически одноосный, положительный. Показатели преломления определены иммерсионным методом ( $\lambda = 589 \text{ нм}$ ):  $N_o = 1.610(1)$ ,  $N_e = 1.613(1)$ . Не плеохроит. В ультрафиолетовых лучах ( $\lambda = 240—400 \text{ нм}$ ) не люминесцирует. При комнатной температуре разлагается и желатинирует в 50%-ных растворах HCl и HNO<sub>3</sub>. После двухчасового прокалывания при 500 °C сохраняет прозрачность и показатели преломления исходных зерен.

**Химический состав** дуалита (табл. 2) изучен Г. Н. Нечелюстовым на рентгеновском микроанализаторе Superprobe-733 при следующем режиме зонда: ускоряющее напряжение 15 кВ, ток 20 нА. Анализировался состав пяти зерен (не менее чем в пяти точках каждого зерна) с использованием следующих стандартов: чкаловит (Na), K<sub>2</sub>ZrSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (K, Zr), диопсид (Ca, Si), SrTiO<sub>3</sub> (Sr, Ti), барит (Ba), альмандин (Fe), родонит (Mn), LaPO<sub>4</sub> (La), CePO<sub>4</sub> (Ce), NdPO<sub>4</sub> (Nd), AlPO<sub>4</sub> (Al), LiNbO<sub>3</sub> (Nb), хлорапатит (Cl). Железо условно считалось двухвалентным. Содержание воды рассчитано из данных рентгеноструктурного анализа минерала.

С учетом обсуждаемых ниже результатов расшифровки кристаллической структуры дуалита средний состав пяти проанализированных зерен минерала пересчитывает-

Таблица 2

## Химический состав дуалита (мас. %)

## Chemical composition of dualite (wt %)

Компонент	Содержание в пяти зернах	
	пределы вариаций	среднее
Na <sub>2</sub> O	17.49—18.22	17.74
K <sub>2</sub> O	0.07—0.10	0.08
CaO	7.86—8.18	8.03
SrO	1.31—1.52	1.37
BaO	0.26—0.44	0.29
FeO	0.84—1.21	1.04
MnO	2.43—2.70	2.58
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.62—0.97	0.79
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.74—2.07	1.84
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.81—0.98	0.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20—0.20	0.20
SiO <sub>2</sub>	50.82—51.37	51.26
ZrO <sub>2</sub>	5.13—5.45	5.39
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.67—2.39	1.94
TiO <sub>2</sub>	3.92—4.58	4.40
Cl	0.52—0.77	0.58
H <sub>2</sub> O		1.39
—O=Cl <sub>2</sub>		0.13
Сумма		99.67

Примечание. Микрозонд. Аналитик Г. Н. Нечелюстов. Содержание воды рассчитано по результатам рентгеноструктурного анализа минерала.

ся при сумме катионов 106 ( $Z = 3$ ) на эмпирическую формулу  $(\text{Na}_{29.79}\text{Ba}_{0.11}\text{K}_{0.10})_{\Sigma 30} \cdot (\text{Ca}_{8.55}\text{Na}_{1.39}\text{REE}_{1.27}\text{Sr}_{0.79})_{\Sigma 12}(\text{Na}_{3.01}\text{Mn}_{1.35}\text{Fe}_{0.87}^{2+}\text{Ti}_{0.77})_{\Sigma 6}(\text{Zr}_{2.61}\text{Nb}_{0.39})_{\Sigma 3}(\text{Ti}_{2.52}\text{Nb}_{0.48})_{\Sigma 3}(\text{Mn}_{0.82}\text{Si}_{0.18})_{\Sigma 1}(\text{Si}_{50.77}\text{Al}_{0.23})_{\Sigma 51}\text{O}_{144}[(\text{OH})_{6.54}(\text{H}_2\text{O})_{1.34}\text{Cl}_{0.98}]_{\Sigma 8.86}$ . Упрощенная формула минерала может быть представлена в виде  $\text{Na}_{30}(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce}, \text{Sr})_{12}(\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6\text{Zr}_3\text{Ti}_3\text{MnSi}_{51} \cdot \text{O}_{144}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl})_9$ .

**Рентгенограмма порошка** дуалита (табл. 3) индивидуальна, хотя и близка к рентгенограммам других минералов рассматриваемой группы (табл. 1). Вычисленные из рентгенограммы параметры элементарной ячейки (гексагональный аспект) имеют значения:  $a = 14.152(3)$ ,  $c = 60.71(2)$  Å, практически совпадающие с полученными на основе монокристалльных данных:  $a = 14.153(9)$ ,  $c = 60.72(5)$  Å. К сожалению, низкая разрешающая способность использованного в данном исследовании метода Гандольфи не позволила нам зарегистрировать на порошковой рентгенограмме слабые отражения, удваивающие параметр  $c$  элементарной ячейки минерала в сравнении с типичным эвдиалитом.

ПОЛОЖЕНИЕ ДУАЛИТА В КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКЕ  
ГРУППЫ ЭВДИАЛИТА И ОСОБЕННОСТИ ЕГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Согласно современным представлениям о кристаллохимии минералов группы эвдиалита (Johnsen, Grice, 1999; Johnsen *et al.*, 2003; Хомяков, 2002б, 2005; Расцветаева, Хомяков, 2003; Хомяков и др., 2006а), эта группа объединяет тригональные цирконо-

## Результаты

X-1

$l$	$d_{\text{изм}}$	$d_{\text{расч}}$
40	7.11	7.08
20	6.50	6.45
10	6.02	6.01
20	5.63	5.68
10	5.08	5.06
50	4.31	4.31
20	4.10	4.12
		4.09
		4.08
20	3.79	3.79
20	3.54	3.54
		3.54
20	3.37	3.38
20	3.17	3.18
		3.17
100	2.964	2.966
90	2.839	2.841
30	2.675	2.675
		2.674
30	2.599	2.601
10	2.531	2.532
		2.530
10	2.443	2.443
		2.441
20	2.358	2.359
10	2.309	2.309
60	2.159	2.164
		2.156
10	2.063	2.063
10	2.043	2.044
		2.043
		2.043
10	1.979	1.977
10	1.946	1.947
		1.946
10	1.896	1.894
10	1.868	1.866
20	1.833	1.838
		1.830
60	1.770	1.774
		1.770
		1.769

Примечание. Условия съемки: как

Таблица 2

%)

%)

зернах
среднее
17.74
0.08
8.03
1.37
0.29
1.04
2.58
0.79
1.84
0.88
0.20
51.26
5.39
1.94
4.40
0.58
1.39
0.13
99.67

остов. Содержание воды  
минерала.

формулу  $(\text{Na}_{29.79}\text{Ba}_{0.11}\text{K}_{0.10})_{\Sigma 30} \cdot$   
 $(\text{Nb}_{0.39})_{\Sigma 3}(\text{Ti}_{2.52}\text{Nb}_{0.48})_{\Sigma 3}(\text{Mn}_{0.82} \cdot$   
прошенная формула минерала  
 $(\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6\text{Zr}_3\text{Ti}_3\text{MnSi}_{51}$ .

видуальна, хотя и близка к рент-  
ппы (табл. 1). Вычисленные из  
гексагональный аспект) имеют  
овпадающие с полученными на  
0.72(5) Å. К сожалению, низкая  
исследовании метода Гандоль-  
й рентгенограмме слабые отра-  
и минерала в сравнении с типич-

#### ИЕСКОЙ СИСТЕМАТИКЕ СТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

лохимии минералов группы эв-  
яков, 20026, 2005; Расцветова,  
едняет тригональные цирконо-

Таблица 3

### Результаты расчета рентгенограммы порошка дуалита

#### X-ray powder diffraction data for dualite

<i>l</i>	<i>d</i> <sub>изм</sub>	<i>d</i> <sub>расч</sub>	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>изм</sub>	<i>d</i> <sub>расч</sub>	<i>hkl</i>
40	7.11	7.08	110	5	1.716	1.717	3.2.28
20	6.50	6.45	018			1.714	0.2.34
10	6.02	6.01	202	5	1.689	1.689	624
20	5.63	5.68	024			1.686	0.0.36
10	5.08	5.06	0.0.12	10	1.670	1.670	4.4.12
50	4.31	4.31	0.2.10	20	1.639	1.640	1.1.36
20	4.10	4.12	1.1.12			1.637	6.2.10
		4.09	0.1.14	20	1.613	1.614	1.4.30
		4.08	300			1.613	0.4.32
20	3.79	3.79	036	10	1.582	1.583	2.4.28
20	3.54	3.54	2.0.14			1.582	2.6.14
		3.54	220			1.581	1.3.34
20	3.37	3.38	312	10	1.572	1.573	2.3.32
20	3.17	3.18	0.3.12	20	1.545	1.545	5.1.28
		3.17	1.2.14			1.544	360
100	2.964	2.966	1.3.10	10	1.525	1.526	636
90	2.839	2.841	048			1.526	3.4.26
30	2.675	2.675	3.1.14			1.524	084
		2.674	140	10	1.501	1.502	808
30	2.599	2.601	3.0.18			1.500	5.0.32
10	2.531	2.532	1.3.16	30	1.477	1.478	3.5.22
		2.530	0.0.24			1.478	7.0.22
10	2.443	2.443	502			1.477	3.6.12
		2.441	2.2.18			1.476	4.3.28
20	2.358	2.359	330			1.476	4.5.14
10	2.309	2.309	422	10	1.439	1.442	2.1.40
60	2.159	2.164	2.4.10			1.438	0.6.30
		2.156	0.4.20	10	1.418	1.421	0.8.16
10	2.063	2.063	2.3.20			1.416	1.1.42
10	2.043	2.044	0.2.28			1.415	550
		2.043	4.2.14	10	1.402	1.404	3.6.18
		2.043	600			1.404	642
10	1.979	1.977	2.4.16			1.400	464
10	1.946	1.947	348	50	1.362	1.363	5.5.12
		1.946	1.1.30			1.363	3.0.42
10	1.896	1.894	0.6.12			1.362	1.8.14
10	1.868	1.866	612			1.360	4.0.40
20	1.833	1.838	1.4.24	30	1.338	1.338	5.0.38
		1.830	5.2.12			1.338	2.2.42
60	1.770	1.774	2.4.22			1.338	6.2.28
		1.770	4.0.28			1.337	6.4.14
		1.769	440			1.337	280

Примечание. Условия съемки: камера Гандольфи, *D* 114.6 м, FeK<sub>α</sub>-излучение.

и титаносиликаты с общей формулой  $A(1)_3A(2)_3A(3)_3A(4)_3A(5)_3B_{3-6}CD\{M_6Z_3[T_{24}O_{72}]\} \cdot (O,OH)_{2-6}X_2$  (Khomyakov, 2002, 2004). Основу их цеолитоподобной структуры составляет гетерополиэдрический каркас (в фигурных скобках), образованный слоями (001), чередующимися вдоль оси *c* в последовательности *MTZT*, где *M*-слои представлены шестичленными кольцами из Са- и более сложных по составу октаэдров, *T*-слои — взаимно изолированными кольцами  $[Si_9O_{27}]$  и  $[Si_3O_9]$ , *Z*-слои — дискретными Zr- и/или Ti-октаэдрами. В полостях каркаса локализируются катионы с валентностью от 1+ до 6+ (Na, K, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, Ca, Sr, Mn, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, REE, Si, Ti, Nb, W), дополнительные анионы (Cl, F, O, OH, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>) и молекулы воды. К настоящему времени установлено более 20 минеральных видов группы эвдиалита. Все они относятся к тригональной системе и пространственным группам  $R\bar{3}m$ ,  $R3m$  или  $R3$ . Основная их часть, включая собственно эвдиалит, обладает относительно низкоупорядоченной 12-слойной структурой, описываемой элементарной ячейкой с параметрами  $a \approx 14.2$ ,  $c \approx 30 \text{ \AA}$ .

Своеобразной «Второй главой» в минералогии и кристаллохимии группы эвдиалита явилось открытие в Хибино-Ловозерском комплексе целой плеяды «мегаэвдиалитов» с 24-слойным структурным мотивом, отличающихся от эвдиалитов «Первой главы» высокоупорядоченной структурой, удвоенным периодом *c* и более сложной последовательностью чередования структурных слоев по схеме (*MTZT*) ( $M^*T^*Z^*T^*$ ), определяющей модулярный характер их строения (Хомяков, 2002б, 2005; Расцветаева, Хомяков, 2003; Khomyakov, 2002). Кроме дуалита в эту плеяду вошло еще три уникальных по кристаллохимическим особенностям минерала — аллуайвит  $Na_{38}(Ca, Mn)_{12}(Ti, Nb)_6Si_{52}O_{148}Cl_2 \cdot 4H_2O$  (Хомяков и др., 1990; Расцветаева и др., 1990), расцветаевит  $Na_{27}K_8Ca_{12}Fe_3Zr_6Si_{52}O_{144}(O, OH, H_2O)_6Cl_2$  (Расцветаева, Хомяков, 2001а; Хомяков и др., 2006а) и лабиринтит  $(Na, K, Sr)_{35}Ca_{12}Fe_3Zr_6TiSi_{51}O_{144}(O, OH, H_2O)_9Cl_3$  (Расцветаева, Хомяков, 2001б; Хомяков и др., 2006б).

Указанные открытия позволили нам (Khomyakov, 2004; Хомяков, 2005; Хомяков и др., 2006а) разработать кристаллохимическую систематику группы эвдиалита, охватывающую в отличие от систематики, предложенной ранее для 12-слойных эвдиалитов (Johnsen, Grice, 1999), все их естественное многообразие. В основу новой систематики, подробно изложенной в цитируемых выше работах, легло разделение данной группы на шесть кристаллохимических подгрупп, выделенных по сочетаниям 12- и 24-слойных структурных мотивов с каждой из трех установленных в эвдиалитах пространственных групп симметрии. Для обозначения подгрупп были использованы названия их наиболее полно охарактеризованных минералов, а для подгрупп, включающих пока только по одному минеральному виду, названия родоначальников соответствующих подгрупп.

Ниже дан перечень выделенных подгрупп и (в скобках) приведены алфавитные списки минералов, относящихся к каждой подгруппе: 1 — подгруппа эвдиалита (эвдиалит *s.s.*<sup>3</sup>), 2 — подгруппа кентбруксита [георгбарсановит, голышевит, икранит, йонсенит-(Се), карбокентбруксит, кентбруксит, манганохомяковит, моговидит, тасекит, фекличевит, феррокентбруксит, хомяковит, цирсилит-(Се), эвдиалит *s.l.*<sup>3</sup>], 3 — подгруппа онейллита (аквалит, онейллит, раслакит), 4 — подгруппа аллуайвита (аллуайвит), 5 — подгруппа расцветаевита (дуалит, расцветаевит), 6 — подгруппа лабиринтита (лабиринтит). Из перечисленных подгрупп три первые относятся к 12-слойным и три последующих к 24-слойным эвдиалитам. Порядок перечисления подгрупп в каждой триаде соответствует порядку понижения симметрии пространственных групп в последовательности  $R\bar{3}m—R3m—R3$ .

Дуалит занимает место в подгруппе расцветаевита, объединяющей эвдиалиты с 24-слойным структурным мотивом и пространственной группой  $R3m$ . В обозначениях, рекомендованных Подкомитетом по эвдиалитам при КНМНМ МАА (Johnsen et al.,

<sup>3</sup> *s.s.* и *s.l.* — лат. сокр. от *sensu stricto* (в узком смысле) и *sensu lato* (в широком смысле). Эвдиалит (*s.s.*) — собственно эвдиалит с центросимметричной структурой; эвдиалит (*s.l.*) — диморф эвдиалита (*s.s.*), обладающий ацентричной структурой (Johnsen, Grice, 1999; Хомяков и др., 2006а).

2003), состав минералов этой формулой (при  $Z = 3$ ):  $[M(1)M(1)^*]_3[M(2)M(2)^*]_3M(3)$  (одинаковым символом без звёздочки соответственно первого и второго скремни данным о составе атомной структуре, позиции  $N(1)$  и  $N(2)$  из них могут быть заняты катионами, которые могут содержать также К и Na;  $M(2)^* = Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn, Na$ ;  $Z^* = Zr, Ti$ ;  $\phi$  и  $\phi^* = O, OH$ ,

Кристаллохимическую основу кристаллохимического каркаса из *M*-, *T*- и *Z*-слоев составляют модули ( $M^*T^*Z^*T^*$ ), где круглые скобки обозначают модули, вместе образующие модуль пакета соответствующий от -0.025 до 0.14 и второй — индивидуальность первого пакета. Особенности *M*- и *T*-слоев октаэдров  $[M(1)O_6]$  объединены семивершинников  $[N(6)O_6]$  кристаллохимических колец. Впервые установлено в структуре аллуайвита, согласно принятой для данной группы (Хомяков и др., 2006а) аллуайвитоподобного типа) являются как аллуайвитоподобные октаэдров  $[M(1)^*O_6]$  объединены в шестивершинников или, реже, шестивершинников колец. По своей топологии *M*-слои в структуре собственно эвдиалита и кристаллохимические слои эвдиалитов и полиэдрические слои эвдиалитов *M*<sup>\*</sup>-слои, обозначаются

**Кристаллохимическая структура** экспериментальных данных с помощью дифрактометра Enraf-Nonius ( $F_o > 4\sigma(F)$ ) до *R*-фактора  $R3m$ ,  $a = 14.153(9)$ ,  $c = 60.72$  установлено следующее расщепление (без учета расщеплений на подгруппы):  $N(1) = Na_{3.0}$ ,  $N(2)^* = (Na_{2.68}Ce_{0.23})$ ,  $N(4)^* = Na_{3.06}$ ,  $N(5) = Na_{2.97}$ ,  $Ce_{0.23} \Sigma = 0.9$ ,  $M(1) = (Ca_{3.73}Na_{0.27})$ ,  $M(2)^* = (Na_{1.33}Ti_{1.00}Fe_{0.67}) \Sigma = 3.0$ ,  $M(4)^* = Si_{1.0}$ ,  $Z = (Zr_{2.0})$

В соответствии с полученными данными обратная кристаллохимическая структура  $Z = 3$  в виде  $\{[Na_{15.0}]^{VI-VII}\} \{[Na_{2.13}Sr_{0.37}Fe_{0.27}Ce_{0.23}]^{IV-VII}\} \{[Si_{0.67}Al_{0.33}]^{IV}\} \{[Mn_{0.9}Si_{0.1}]^{IV}\}$  цифрами обозначены координационные надлежность минерала к модулю, но объединены катионы, занявшие позиции (A) и эвдиалитоподобные, те взятые, образуют восьмис-

(4)<sub>3</sub>A(5)<sub>3</sub>B<sub>3-6</sub>CD{M<sub>6</sub>Z<sub>3</sub>[T<sub>24</sub>O<sub>72</sub>]} · и топодобной структуры состав- (скобках), образованный слоями сти MTZT, где M-слои представ- ложных по составу октаэдров, [и [Si<sub>3</sub>O<sub>9</sub>], Z-слои — дискретны- ализуются катионы с валентно- EЕ, Si, Ti, Nb, W), дополнитель- ны. К настоящему времени уста- диалита. Все они относятся к R $\bar{3}m$ , R3m или R3. Основная их осительно низкоупорядоченной чейкой с параметрами  $a \approx 14.2$ ,

кристаллохимии группы эвди- тексе целой плеяды «мегаэвди- ющихся от эвдиалитов «Первой им периодом  $c$  и более сложной в по схеме (MTZT) (M\**T*\*Z\**T*\*), омяков, 2002б, 2005; Расцветае- в эту плеяду вошло еще три уни- инерала — аллуайвит Na<sub>38</sub>(Ca, Расцветаева и др., 1990), расце- таева, Хомяков, 2001а; Хомяков O<sub>144</sub>(O,OH,H<sub>2</sub>O)<sub>9</sub>Cl<sub>3</sub> (Расцветае-

2004; Хомяков, 2005; Хомяков и матику группы эвдиалита, охва- ранее для 12-слояных эвдиали- бразие. В основу новой система- ботах, легло разделение данной выделенных по сочетаниям 12- и становленных в эвдиалитах про- одгрупп были использованы на- ралов, а для подгрупп, включаю- зания родоначальников соответ-

скобках) приведены алфавитные е: 1 — подгруппа эвдиалита (эв- рсановит, голышевит, икранит, анохомяковит, моговидит, тасе- осилит-(Ce), эвдиалит *s.l.*], 3 — 4 — подгруппа аллуайвита (ал- цветаевит), 6 — подгруппа лаби- три первые относятся к 12-слоя- . Порядок перечисления подгрупп я симметрии пространственных

ита, объединяющей эвдиалиты с ной группой R3m. В обозначени- при КНМНМ МАА (Johnsen e. a.,

*sensu lato* (в широком смысле). Эвдиалит ой; эвдиалит (*s.l.*) — диморф эвдиалита 99; Хомяков и др., 2006а).

2003), состав минералов этой подгруппы может быть схематически описан общей формулой (при  $Z = 3$ ):  $[N(1)N(1)^*N(2)N(2)^*N(3)N(3)^*N(4)N(4)^*N(5)N(5)^*N(6)N(7)]_3 \cdot [M(1)M(1)^*]_3[M(2)M(2)^*]_3[M(3)M(3)^*M(4)M(4)^*Z_3Z_3^*][Si_{24}O_{72}][Si_{24}O_{72}]^* \varphi_4\varphi_4^*X_2X_2^*$ , где одинаковым символом без звездочки и со звездочкой обозначены гомологичные позиции соответственно первого и второго модулей структуры (см. ниже). По статистическим данным о составе атомов, занимающих ключевые позиции эвдиалитов с изученной структурой, позиции  $N(1) \text{---} N(7)$  и  $N(1)^* \text{---} N(5)^*$ , как правило, заняты Na, некоторые из них могут быть заняты также REE, Sr, Ca, K, Mn, H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, а позиции  $N(6)$  и  $N(7)$  могут содержать также K и Sr;  $M(1)$  и  $M(1)^* = Ca, K, Mn, Sr, REE, Y, Na$ ;  $M(2)$  и  $M(2)^* = Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn, Na$ ;  $M(3)$  и  $M(3)^* = Nb, Ti, W, Mn, Si$ ;  $M(4)$  и  $M(4)^* = Si$ ;  $Z$  и  $Z^* = Zr, Ti$ ;  $\varphi$  и  $\varphi^* = O, OH, H_2O$ ;  $X$  и  $X^* = Cl, F, H_2O, OH, CO_3, SO_4$ .

Кристаллохимическую основу 24-слояных эвдиалитов составляет гетерополиэдрический каркас из M-, T- и Z-слоев, чередующихся вдоль [001] по схеме (MTZT) (M\**T*\*Z\**T*\*), где круглые скобки объединяют пары неэквивалентных четырехслойных модулей, вместе образующих восьмислойный пакет толщиной ~20 Å. Первый модуль пакета соответствует фрагменту независимой части структуры в интервале  $z$  от -0.025 до 0.14 и второй — гомологичному фрагменту в интервале  $z$  от 0.14 до 0.31. Индивидуальность первого и второго модулей в основном определяется топологическими особенностями M- и M\*-слоев. В M-слоях кольца из шести реберно сочлененных октаэдров  $[M(1)O_6]$  объединяются между собой парами связанных по общей грани семивершинников  $[N(6)O_7]$  и  $[N(7)O_7]$  с образованием 12-членных гетерополиэдрических колец. Впервые существование M-слоев с подобной топологией было установлено в структуре аллуайвита (Расцветаева и др., 1990) и поэтому они обозначаются, согласно принятой нами номенклатуре структурных элементов минералов данной группы (Хомяков и др., 2006а), как «катионные гетерополиэдрические слои аллуайвитоподобного типа»; соответственно модули, содержащие M-слои, обозначаются как аллуайвитоподобные. В отличие от M-слоев в M\*-слоях кольца из шести октаэдров  $[M(1)^*O_6]$  объединяются между собой полиэдрами  $[M(2)^*O_{4-6}]$  (четырёх-, пяти- или, реже, шестивершинными) с образованием 9-членных гетерополиэдрических колец. По своей топологии M\*-слои весьма близки к соответствующим слоям в структуре собственно эвдиалита и поэтому они обозначаются нами как «катионные гетерополиэдрические слои эвдиалитоподобного типа»; соответственно модули, содержащие M\*-слои, обозначаются как эвдиалитоподобные.

**Кристаллическая структура дуалита** (см. рисунок) решена на основе массива экспериментальных данных, полученного с помощью 4-кружного монокристалльного дифрактометра Enraf-Nonius CAD4, и уточнена по 3402 независимым отражениям [ $F_o > 4\sigma(F)$ ] до R-фактора 0.068 (Rastsvetaeva e. a., 1999). Пространственная группа R3m,  $a = 14.153(9)$ ,  $c = 60.72(5)$  Å,  $V = 10533(22)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 3$ . Выполненным анализом установлено следующее распределение атомов по ключевым катионным позициям (без учета расщеплений на подпозиции):  $N(1) = Na_{3.0}$ ,  $N(1)^* = (Na_{2.73}Ce_{0.27})_{\Sigma=3.0}$ ,  $N(2) = Na_{3.0}$ ,  $N(2)^* = (Na_{2.68}Ce_{0.23})_{\Sigma=2.91}$ ,  $N(3) = Na_{3.0}$ ,  $N(3)^* = (Na_{2.6}Sr_{0.4})_{\Sigma=3.0}$ ,  $N(4) = Na_{3.0}$ ,  $N(4)^* = Na_{3.06}$ ,  $N(5) = Na_{2.97}$ ,  $N(5)^* = Na_{3.06}$ ,  $N(6) = (Na_{1.46}Sr_{0.37})_{\Sigma=1.83}$ ,  $N(7) = (Na_{0.67} \cdot Ce_{0.23})_{\Sigma=0.9}$ ,  $M(1) = (Ca_{3.73}Na_{1.87}Ce_{0.4})_{\Sigma=6.0}$ ,  $M(1)^* = (Ca_{4.77}Mn_{1.23})_{\Sigma=6.0}$ ,  $M(2) = Fe_{0.27}$ ,  $M(2)^* = (Na_{1.33}Ti_{1.00}Fe_{0.67})_{\Sigma=3.0}$ ,  $M(3) = (Si_{0.67}Al_{0.33})_{\Sigma=1.0}$ ,  $M(3)^* = (Mn_{0.9}Si_{0.1})_{\Sigma=1.0}$ ,  $M(4) = Si_{1.0}$ ,  $M(4)^* = Si_{1.0}$ ,  $Z = (Zr_{2.0}Ti_{0.7}Nb_{0.3})_{\Sigma=3.0}$ ,  $Z^* = (Ti_{1.7}Zr_{1.0}Nb_{0.3})_{\Sigma=3.0}$ .

В соответствии с полученными результатами рентгеноструктурного анализа развернутая кристаллохимическая формула дуалита может быть представлена при  $Z = 3$  в виде  $\{[Na_{15.0}]^{VI-X}(Na_{14.1}Ce_{0.5}Sr_{0.4})^{VI-X}\} \{(Ca_{3.73}Na_{1.87}Ce_{0.4})^{VI}(Ca_{4.77}Mn_{1.23})^{VI}\} \cdot \{(Na_{2.13}Sr_{0.37}Fe_{0.27}Ce_{0.23})^{IV-VII}(Na_{1.33}Ti_{1.00}Fe_{0.67})^{IV-VII}\} \{(Zr_{2.0}Ti_{0.7}Nb_{0.3})^{VI}(Ti_{1.7}Zr_{1.0}Nb_{0.3})^{VI}\} \cdot \{(Si_{0.67}Al_{0.33})^{IV} \cdot (Mn_{0.9}Si_{0.1})^{IV}\} \{(Si)^{IV}(Si)^{IV}\} [Si_{48}O_{144}](OH)_{6.2}(H_2O)_{1.5}Cl_{0.9}$ , где римскими цифрами обозначены координационные числа катионов. Формула подчеркивает принадлежность минерала к модулярным эвдиалитам. Фигурными скобками в ней попарно объединены катионы, занимающие гомологичные ключевые позиции аллуайвитоподобного (A) и эвдиалитоподобного (B) модулей соответственно. Оба модуля, вместе взятые, образуют восьмислойный пакет толщиной 20.24 Å, который, размножаясь

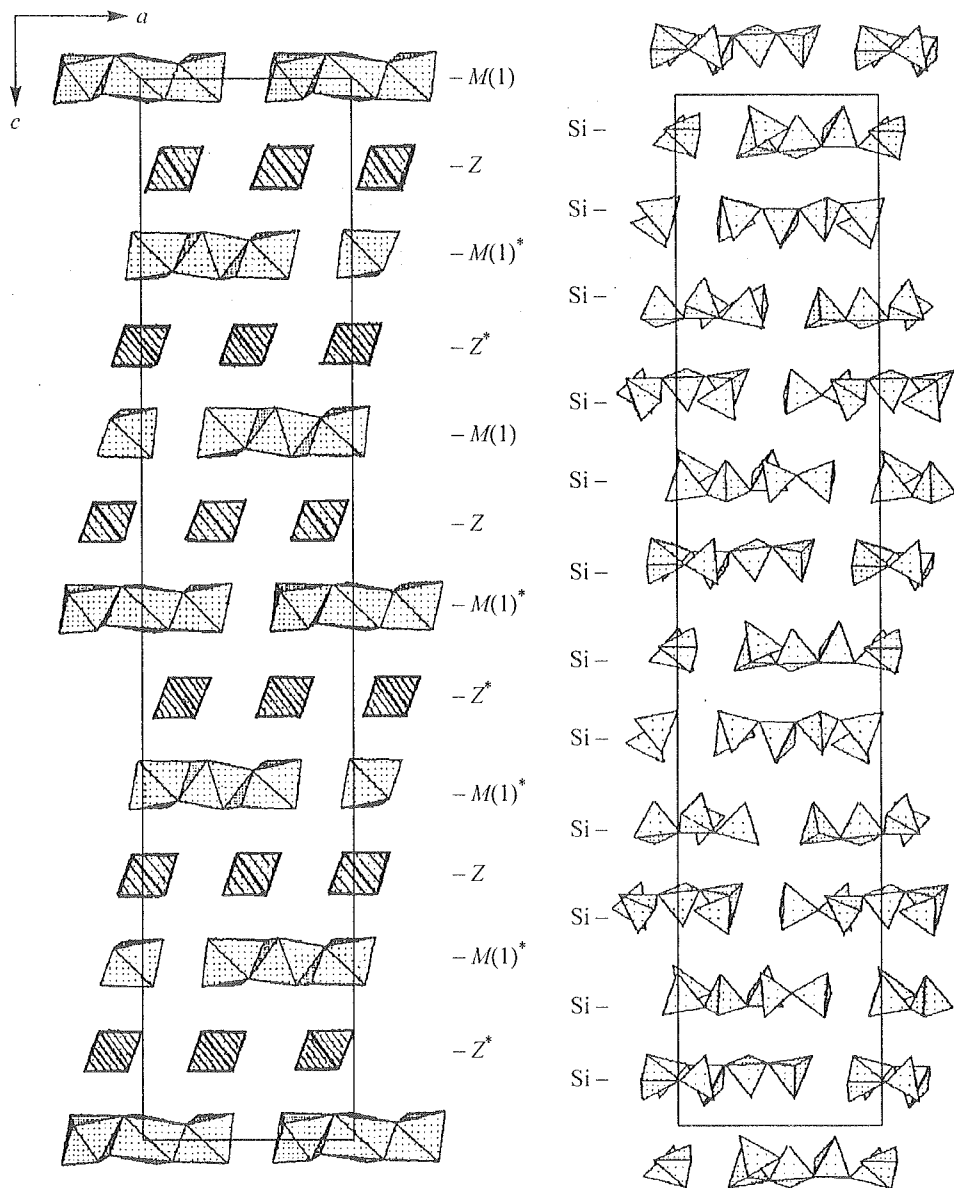


Схема переслаивания Si-,  $M(1)$ - и Z-полиэдров вдоль оси  $c$  кристаллической структуры дуалита:  $M(1) = 3.7\text{Ca} + 1.9\text{Na} + 0.4\text{Ce}$ ,  $M(1)^* = 4.8\text{Ca} + 1.2\text{Mn}$ ,  $Z = 2.0\text{Zr} + 0.7\text{Ti} + 0.3\text{Nb}$ ,  $Z^* = 1.7\text{Ti} + 1.0\text{Zr} + 0.3\text{Nb}$ . Пояснения в тексте.

Scheme of inter-layering of Si-,  $M(1)$ - and Z-polyhedra along the  $c$  axis in crystal structure of dualite. Explanations in text.

вдоль тройной оси симметрии по закону  $R$ -решетки, формирует 24-слойную структуру с периодом  $c = 60.72 \text{ \AA}$ .

Изученная структура отличается от структур 12-слойных эвдиалитов четкой дифференциацией атомов различных элементов между гомологичными позициями, что характерно также для структур аллуайвита, расцветаевита и лабиринтита. Но если в октаэдрических позициях  $Z$  и  $Z^*$  указанных аналогов доминирует только один катион (Ti в аллуайвите или Zr в расцветаевите и лабиринтите), то в описываемом минерале

представлены два разных типа, из которых формирует с вдоль тройной оси является ячейки дуалита.

Характер распределения позициями модулей  $A$  и  $B$  в ду-

	$N4, N4^*$	$M1$
$A$	$\text{Na}_3^{\text{VII}}$	$(\text{Ca}, \text{N})$
$B$	$(\text{Na}, \text{Sr})_3^{\text{VII}}$	$(\text{Ca})$

и наиболее близок к лабиринтиту

	$N4, N4^*$	$M1a, M1b, A$
$A$	$\text{Na}_3^{\text{VII}}$	$\text{Ca}_3^{\text{VI}} (\text{Ca})$
$B$	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Sr})_3^{\text{VII-VIII}}$	$\text{Ca}_3^{\text{VI}} (\text{Ca})$

Оба минерала сравнительно равномерно распределены по трем (по обе стороны от «квадрата» то в дуалите она занята Fe. I Na-доминантными с примесью между собой в большей степени  $M(2)$  они могут содержать в результате общее число атомов

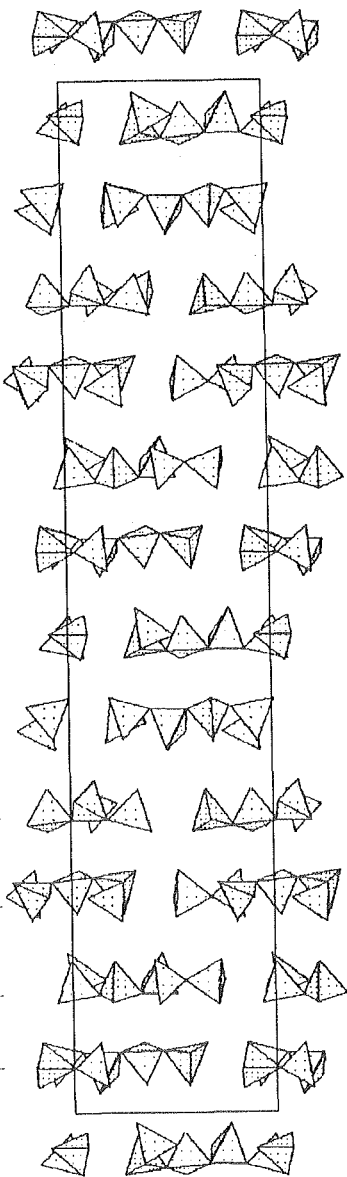
Одно из существенных различий в распределении Mn в тетраэдрической структуре лабиринтита эта по расстоянию катион-лиганд в ионных радиусов  $(\text{Mn}^{2+})^{\text{IV}}$  (0.66 Å) связей 1.5—1.93 Å был найден. Кристаллохимическая индивидуальность особенностей минерала, в работах (Rastsvetaeva e. a., 1999)

В заключение отметим, что в лабиринтите, основной причиной удвоения  $c$ -периода и строению катионных слоев является причина удвоения  $c$ -периода в дискообразных кластерах {двухъярусные кольца дополнительных катионов} тем же образом, что и основными направлениями.

#### ТИПОМОРФИЗМ ДУАЛИТА

Дуалит — сравнительно недавно сформированный ультраосновного для калиевой ветви Хибинского массива (Хомьяков) как и аллуайвит, типоморфен широко распространенных в Южном микроскопические различия высококоэффициентно можно предполагать (Хомьяков) цветаевита лабиринтита, установлен





кристаллической структуры дуалита:  
 $Zr + 0.7Ti + 0.3Nb$ ,  $Z^* = 1.7Ti + 1.0Zr + e$ .

is in crystal structure of dualite. Explanati-

формирует 24-слойную структу-

слойных эвдиалитов четкой диф-  
 гомологичными позициями, что  
 аевита и лабиринтита. Но если в  
 доминирует только один катион  
 те), то в описываемом минерале

представлены два разных типа октаэдров состава ( $Zr_{2.0}Ti_{0.7}Nb_{0.3}$ ) и ( $Ti_{1.7}Zr_{1.0}Nb_{0.3}$ ), каж-  
 дый из которых формирует собственные октаэдрические слои, чередование которых  
 вдоль тройной оси является главной причиной удвоения периода *c* элементарной  
 ячейки дуалита.

Характер распределения прочих катионов между ключевыми гомологичными по-  
 зициями модулей *A* и *B* в дуалите таков:

	<i>N4, N4*</i>	<i>M1, M1*</i>	<i>N6, N7, N7*, M2, M2*</i>	<i>M3, M3*, M4, M4*</i>
<i>A</i>	$Na_3^{VII}$	$(Ca, Na, Ce)_6^{VI}$	$(Na, Sr)_{18}^{VII} (Na, Ce)_{0.9}^{VII} Fe_{0.3}^{IV}$	$(Si^{IV}, Al^{VI}) Si^{IV}$
<i>B</i>	$(Na, Sr)_3^{VII}$	$(Ca, Mn)_6^{VI}$	$Na_{1.3}^{VII} Ti_{1.0}^{VI} Fe_{0.7}^{IV}$	$(Mn^{IV}, Si^{IV}) Si^{IV}$

и наиболее близок к лабиринтиту:

	<i>N4, N4*</i>	<i>M1a, M1b, M1a*, M1b*</i>	<i>N6, N7, M2, M2*</i>	<i>M3, M3*, M4, M4*</i>
<i>A</i>	$Na_3^{VII}$	$Ca_3^{VI} (Ca, Sr)_3^{VI}$	$(Na, Sr, Ce)_{1.6}^{VII} (Na, Sr, Ce)_{1.7}^{VII} Na_{1.2}^{IV}$	$(Ti^{VI}, Si^{IV}, \square) Si^{IV}$
<i>B</i>	$(Na, K, Sr)_3^{VII-VIII}$	$Ca_3^{VI} Ca_3^{VI}$	$(Fe^{IV}, Mn^{IV})_3$	$Si \quad Si^{IV}$

Оба минерала сравнительно слабо различаются составом модулей типа *A*, где ка-  
 тions распределены по трем позициям — *M(2)* (в «квадрате» [*M(2)O*]<sub>4</sub>), *N(6)* и *N(7)*  
 (по обе стороны от «квадрата»). Однако если в лабиринтите позиция *M(2)* занята Na,  
 то в дуалите она занята Fe. Позиции *N(6)* и *N(7)* в том и другом минерале являются  
 Na-доминантными с примесями Sr и Ce. Однако в дуалите эти позиции сближены  
 между собой в большей степени (2.82 Å против 2.93 Å в лабиринтите), и вместе с по-  
 зицией *M(2)* они могут содержать в сумме до 9 атомов против 18 в лабиринтите. В ре-  
 зультате общее число атомов Na в дуалите меньше такового в лабиринтите.

Одно из существенных различий модулей *B* в сопоставляемых минералах — доми-  
 нирование Mn в тетраэдрической позиции *M(3)\** в структуре дуалита, тогда как в  
 структуре лабиринтита эта позиция является чисто кремниевой. Среднее межатомное  
 расстояние катион-лиганд в позиции *M(3)\** дуалита (2.0 Å) соответствует сумме ион-  
 ных радиусов ( $Mn^{2+})^{IV}$  (0.66 Å) и  $O^{2-}$  (1.36 Å). Ранее тетраэдрический  $Mn^{2+}$  с длиной  
 связей 1.5—1.93 Å был найден в *M(3)*-позиции фекличевита (Расцветаева и др., 1999).  
 Кристаллохимическая индивидуальность дуалита подчеркивается также рядом дру-  
 гих особенностей минерала, выявленных в результате его рентгеноструктурного ана-  
 лиза (Rastsvetaeva e. a., 1999).

В заключение отметим, что в отличие от дуалита в расцветаевите, как и лабирин-  
 тите, основной причиной удвоения периода *c* является наличие двух разных по соста-  
 ву и строению катионных слоев *M*- и *M\**-типов. Что касается аллуайвита, то главной  
 причиной удвоения *c*-периода этого минерала является упорядоченное распределение  
 в дискообразных кластерах  $\{[Si_9O_{27}]SiO\}$  его структуры двух типов встроенных в де-  
 вятёрные кольца дополнительных Si-тетраэдров, один из которых ориентирован та-  
 ким же образом, что и основные тетраэдры кольца, а второй — в противоположном  
 направлении.

#### ТИПОМОРФИЗМ ДУАЛИТА И МОДУЛЯРНЫХ ЭВДИАЛИТОВ В ЦЕЛОМ

Дуалит — сравнительно поздний минерал, кристаллизующийся на конечных ста-  
 диях формирования ультраагпаитовых пегматитов. В отличие от расцветаевита, ха-  
 рактерного для калиевой ветви таких пегматитов, особенно ярко представленных в  
 Хибинском массиве (Хомяков, 1990; Агеева и др., 2002а; Хомяков и др., 2006а), он,  
 как и аллуайвит, типоморфен для натриевой ветви ультраагпаитовых пегматитов, ши-  
 роко распространенных в Ловозерском массиве. Учитывая отмеченные геохи-  
 мические различия высокощелочной минерализации в двух сравниваемых объектах,  
 можно предполагать (Хомяков и др., 2006б), что существенно натриевый аналог рас-  
 цветаевита лабиринтит, установленный в Хибинском массиве в качестве минерало-

гической редкости, более широко распространен в Ловозерском массиве, и открытие лабиринтита в этом массиве является лишь делом времени.

Модулярные эвдиалиты не известны за пределами Хибино-Ловозерского комплекса, но в пределах входящих в него щелочных массивов они пользуются довольно широким распространением и в отдельных случаях рассматриваются как породообразующие минералы. К таковым относятся, в частности, расцветаевит и его еще не получившие официальных названий гидратированные аналоги, распространенные в рихорритах и связанных с ними высокоминерализованных породах Хибинского массива (Хомяков и др., 2006а). Здесь же описан ряд других потенциально новых минералов группы эвдиалита с удвоенным *c*-периодом (Расцветаева, Хомяков, 2003).

В настоящее время дуалит и аллуайвит достоверно установлены только в Ловозерском массиве, хотя близкие к ним по составу, но недостаточно полно охарактеризованные кристаллохимически эвдиалитоподобные минералы обнаружены и в Хибинах (Агеева и др., 2002а, б). Наличие в изученных нами ловозерских образцах четких границ между контактирующими индивидуальными аллуайвита и дуалита, с одной стороны, и типичного эвдиалита — с другой, указывает на разрыв смешимости между конечными титановыми и циркониевыми членами группы эвдиалита. О том же свидетельствует отсутствие повышенных содержаний титана в эвдиалите из его парагенезисов с собственно титановыми минералами, такими как титанит и лоренценит. С учетом этого дуалит в определенном смысле может быть уподоблен доломиту как упорядоченному промежуточному члену изоморфного ряда кальцит—магнезит, идеализированная формула которого записывается не в виде  $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$ , а в виде  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

Генетическая связь высокоупорядоченных эвдиалитов с низкоупорядоченными аналогами ярко проявлена и в Хибинском массиве, где в центральной части зерен расцветаевита часто обнаруживаются реликтовые включения умеренно калиевого 12-слойного эвдиалита, а краевая часть зерен слагается уже упомянутым выше 24-слойным гидратированным эвдиалитом (Хомяков и др., 2006а). Эти три минерала находятся в гомоосевых взаимоотношениях друг с другом, что фиксируется по их одновременному погасанию при скрещенных николях и рассматривается нами как критерий принадлежности расцветаевита и гидратированного эвдиалита к особой генетической группе трансформационных минеральных видов (Хомяков, 1980, 1999; Хомяков, Юшкин, 1981; Юшкин и др., 1984; Khomyakov, 1996).

Согласно этим представлениям, распространенность расцветаевита в ходе формирования Хибинского массива определялась ареалами распространения эвдиалита, в пределах которых он был изменен под влиянием наложенных процессов калиевого метасоматоза, а распространенность гидратированного 24-слойного эвдиалита — ареалами распространения расцветаевита, в пределах которых последний был изменен при наложении более поздних эпитептермальных процессов. Эти представления удовлетворительно согласуются с литературными данными (Агеева и др., 2002а), в соответствии с которыми процессы калиевого метасоматоза в Хибинском массиве сопровождались замещением эвдиалита обычного состава его обогащенными калием аналогами. С наибольшей интенсивностью процессы такого рода проявились вблизи крупнейших в мире апатитовых месторождений, что объясняет преимущественную приуроченность скоплений расцветаевита и его гидратированных аналогов к высококалийным пегматондным породам ультраапатитового типа, сопровождающим эти месторождения на протяжении всей центральной дуги массива длиной около 70 км.

Одним из важных результатов открытия в Ловозерском и Хибинском массивах плеяды необычных эвдиалитоподобных минералов с 24-слойным структурным мотивом явилось установление тесной связи структурной упорядоченности минералов группы эвдиалита со степенью апатитности включающих их материнских пород, заключающейся в характерности низко- и высокоупорядоченных членов группы соответственно для апатитовых пород умеренной и ультравысокой щелочности. Это, с учетом широкой распространенности минералов данной группы в генетически различных апатитовых комплексах, выдвигает их в разряд важнейших индикаторов условий формирования и формационной принадлежности щелочных пород (Хомяков,

2002а, б; Хомяков и др., 2006).  
ных эвдиалитов определяется  
вых пород, сопровождающих  
рождения, в связи с чем эти ми  
akov, 2006) как индикаторы  
связанных с щелочным магма

Эталонный образец дуали  
мана РАН, Москва (рег. № 26

Работа выполнена при фи

Агеева О. А., Боруцкий Б. Е., Хо  
метасоматических процессов при ф  
тов Хибинского массива // Геохими  
Агеева О. А., Боруцкий Б. Е., Ч  
образования обогащенных титано  
106.

Пятенко Ю. А., Воронков А. А.  
тана и циркония в структурах минер  
Расцветаева Р. К., Хомяков А. А.  
военным периодом с // Кристаллогр  
Расцветаева Р. К., Хомяков А. А.  
с удвоенным *c*-периодом и симметр  
Расцветаева Р. К., Хомяков А. А.  
2003. Т. 48. № 6 (Приложение). С. 5  
Расцветаева Р. К., Екименкова  
цевого аналога эвдиалита // Докл.  
Расцветаева Р. К., Хомяков А. А.  
луайвита // Докл. АН СССР. 1990. Т.  
Хомяков А. П. Явление наследо  
ции как фактор видообразования // Т  
СССР, 1980. Вып. 31. С. 20—21.

Хомяков А. П. Минералогия ультра  
Хомяков А. П. Понятие о трансге  
гическое общество и минералогичес  
1999. С. 263.

Хомяков А. П. Высокоупорядоч  
дельно щелочных условий минерал  
ских пород. Всероссийский семина  
Хомяков А. П. «Вторая глава» в  
концепции в минералогии. Матер. I  
Хомяков А. П. Минералы-эндем  
вания промышленных суперконцен  
ве сего слова» (Матер. X съезда Рос  
Хомяков А. П. Кристаллохимич  
зиум «Минеральное разнообразие»  
Хомяков А. П., Юшкин Н. П. Пр  
Т. 256. № 5. С. 1229—1233.

Хомяков А. П., Нечелюстов Г.  
O<sub>74</sub>Cl<sub>1</sub>·2H<sub>2</sub>O — новый титаносилик  
120.

Хомяков А. П., Нечелюстов Г.  
[Si<sub>9</sub>O<sub>27</sub>]<sub>4</sub>(O,OH,H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> — новый м  
химическая систематика группы эв.

Хомяков А. П., Нечелюстов Г.  
O<sub>144</sub>(O,OH,H<sub>2</sub>O)<sub>9</sub>Cl<sub>3</sub> — новый минс  
щелочного массива, Кольский полу  
Юшкин Н. П., Хомяков А. П., Ес  
кар: Коми фил. АН СССР, 1984. Вы

Ловозерском массиве, и открытие

емени.  
Хибино-Ловозерского ком-  
сисов они пользуются довольно  
рассматриваются как порообраз-  
расцветаевит и его еще не полу-  
алоги, распространенные в рис-  
ых породах Хибинского массива  
потенциально новых минералов  
аева, Хомяков, 2003).

у установлены только в Ловозер-  
достаточно полно охарактеризо-  
нералы обнаружены и в Хибинах  
Ловозерских образцах четких гра-  
та и дуалита, с одной стороны, и  
в смесимости между конечными  
лита. О том же свидетельствует  
ите из его парагенезисов с собст-  
и лоренценит. С учетом этого  
н доломиту как упорядоченному  
—магнезит, идеализированная  
 $O_3$ , а в виде  $CaMg(CO_3)_2$ .

алитов с низкоупорядоченными  
е в центральной части зерен рас-  
сключения умеренно калиевого  
гается уже упомянутым выше  
и др., 2006а). Эти три минерала  
угом, что фиксируется по их од-  
и рассматривается нами как кри-  
ного эвдиалита к особой генети-  
дов (Хомяков, 1980, 1999; Хомя-  
1996).

сть расцветаевита в ходе форми-  
распространения эвдиалита, в  
ложенных процессов калиевого  
ного 24-слоистого эвдиалита —  
х которых последний был изме-  
процессов. Эти представления  
анными (Агеева и др., 2002а), в  
матоза в Хибинском массиве со-  
става его обогащенными калием  
такого рода проявились вблизи  
о объясняет преимущественную  
атрированных аналогов к высоко-  
го типа, сопровождающим эти  
и массива длиной около 70 км.  
Ловозерском и Хибинском массивах  
24-слоистым структурным моти-  
дой упорядоченности минералов  
ющих их материнских пород, за-  
ядоченных членов группы соот-  
равысокой щелочности. Это, с  
нной группы в генетически раз-  
д важнейших индикаторов усло-  
ти щелочных пород (Хомяков,

2002а, б; Хомяков и др., 2006а и др.). Еще более важное значение открытия 24-слоистых эвдиалитов определяется тем, что все они являются эндемиками ультраагпаитовых пород, сопровождающих крупнейшие в мире редкометалльно-фосфатные месторождения, в связи с чем эти минералы рассматриваются нами (Хомяков, 2004; Khomyakov, 2006) как индикаторы высокопродуктивных рудогенерирующих процессов, связанных с щелочным магматизмом Земли.

Эталонный образец дуалита передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва (рег. № 2626/1).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 02-05-64152.

#### Список литературы

- Агеева О. А., Боруцкий Б. Е., Хангулов В. В. Эвдиалит как минералогический индикатор метасоматических процессов при формировании пород комплекса пойкилитовых нефелиновых сиенитов Хибинского массива // Геохимия. 2002а. № 10. С. 1098—1105.
- Агеева О. А., Боруцкий Б. Е., Чуканов Н. В., Соколова М. Н. Аллуайвит и генетический аспект образования обогащенных титаном эвдиалитов в Хибинском массиве // ЗВМО. 2002б. № 1. С. 99—106.
- Пятенко Ю. А., Воронков А. А. Сравнительная характеристика кристаллохимических функций титана и циркония в структурах минералов // Изв. АН СССР. Серия геол. 1977. № 9. С. 77—88.
- Расцветаева Р. К., Хомяков А. П. Модулярная структура высококалиевого аналога эвдиалита с удвоенным периодом с // Кристаллография. 2001а. Т. 46. № 4. С. 715—721.
- Расцветаева Р. К., Хомяков А. П. Модуляторная структура высококальцевого аналога эвдиалита с удвоенным с-периодом и симметрией R3 // Кристаллография. 2001а. Т. 46. № 5. С. 809—814.
- Расцветаева Р. К., Хомяков А. П. Кристаллохимия модулярных эвдиалитов // Кристаллография. 2003. Т. 48. № 6 (Приложение). С. S78—S90.
- Расцветаева Р. К., Екименкова И. А., Пеков И. В. Кристаллическая структура нового высококальцевого аналога эвдиалита // Докл. АН СССР. 1999. Т. 368. № 5. С. 636—638.
- Расцветаева Р. К., Хомяков А. П., Андрианов В. И., Гусев А. И. Кристаллическая структура аллуайвита // Докл. АН СССР. 1990. Т. 312. № 6. С. 1379—1383.
- Хомяков А. П. Явление наследования кристаллических структур минералов при псевдоморфизации как фактор видообразования / Генетическая информация в минералах. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 1980. Вып. 31. С. 20—21.
- Хомяков А. П. Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 196 с.
- Хомяков А. П. Понятие о трансформационных минеральных видах и разновидностях / Минералогическое общество и минералогическая наука на пороге XXI века. Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 1999. С. 263.
- Хомяков А. П. Высокоупорядоченные амфотеросиликаты группы эвдиалита как индикаторы предельно щелочных условий минералообразования в магматических процессах / Геохимия магматических пород. Всероссийский семинар с участием стран СНГ. Москва, 2002а. С. 96—97.
- Хомяков А. П. «Вторая глава» в минералогии и кристаллохимии группы эвдиалита / Новые идеи и концепции в минералогии. Матер. III Междунар. минерал. семинара. Сыктывкар, 2002б. С. 107—108.
- Хомяков А. П. Минералы-эндемики как продукты геокатализа и индикаторы процессов формирования промышленных суперконцентраций металлов в литосфере / «Минералогия во всем пространстве сего слова» (Матер. X съезда Росийск. минерал. о-ва). Санкт-Петербург, 2004. С. 234—235.
- Хомяков А. П. Кристаллохимическая систематика группы эвдиалита / III Международный симпозиум «Минеральное разнообразие — исследование и сохранение». Тезисы докладов. София, 2005. С. 3.
- Хомяков А. П., Юшкин Н. П. Принцип наследования в кристаллогенезисе // Докл. АН СССР. 1981. Т. 256. № 5. С. 1229—1233.
- Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Расцветаева Р. К. Аллуайвит  $Na_{19}(Ca,Mn)_6(Ti,Nb)_3Si_{26}O_{74}Cl \cdot 2H_2O$  — новый титаносиликат с эвдиалитоподобной структурой // ЗВМО. 1990. № 1. С. 117—120.
- Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Аракчеева А. В. Расцветаевит  $Na_{27}K_8Ca_{12}Fe_3Zr_6Si_4[Si_3O_9]_4 \cdot [Si_9O_{27}]_4(O,OH,H_2O)_6Cl_2$  — новый минерал с модулярной эвдиалитоподобной структурой и кристаллохимическая систематика группы эвдиалита // ЗРМО. 2006а. № 1. С. 49—65.
- Хомяков А. П., Нечелюстов Г. Н., Расцветаева Р. К. Лабиринтит,  $(Na,K,Sr)_{35}Ca_{12}Fe_3Zr_6TiSi_{51}O_{144}(O,OH,H_2O)_9Cl_3$  — новый минерал с модулярной эвдиалитоподобной структурой из Хибинского щелочного массива, Кольский полуостров, Россия // ЗРМО. 2006б. № 2. С. 38—49.
- Юшкин Н. П., Хомяков А. П., Евзикова Н. З. Принцип наследования в минералогенезисе. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 1984. Вып. 93. 32 с.

- Johnsen O., Grice J. D. The crystal chemistry of the eudialyte group // *Canad. Miner.* 1999. Vol. 37. P. 865—891.
- Johnsen O., Ferraris G., Gault R. A. e. a. The nomenclature of eudialyte-group minerals // *Canad. Miner.* 2003. Vol. 41. P. 785—794.
- Khomyakov A. P. Transformation mineral species and their use in palaeomineralogical reconstructions / 30<sup>th</sup> Int. Geol. Congr. Beijing, China, 1996. Vol. 2/3, P. 450.
- Khomyakov A. P. New chapter in the mineralogy and crystal chemistry of the eudialyte group / 18<sup>th</sup> IMA Gen. Meet. Edinburgh, Scotland, 2002. P. 140—141.
- Khomyakov A. P. Crystal chemical systematics of the eudialyte-group minerals / 32<sup>nd</sup> Intern. Geol. Congr., Florence-Italy, 2004. P. 309—310.
- Khomyakov A. P. Endemic minerals as products of geocatalysis and indicators of highly productive ore-generating processes / 19<sup>th</sup> IMA Gen. Meet. Kobe, Japan, 2006. P. 305.
- Rastsvetaeva R. K., Khomyakov A. P., Chapuis G. Crystal structure and crystal-chemical features of a new Ti-rich member of the eudialyte family // *Z. Kristallogr.* 1999. Vol. 214. P. 271—278.

Поступила в редакцию  
15 декабря 2006 г.

УДК 549.0

ЗРМО, № 4, 2007 г.  
Zapiski RMO, N 4, 2007

© Почетный чл. А. Г. БУЛАХ, д. чл. В. Г. КРИВОВИЧЕВ, Н. В. РАХМАНОВА

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ 2006 ГОДА И ИНФОРМАЦИЯ О МЕЖДУНАРОДНОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОМИССИЯХ

A. G. BULAKH, V. G. KRIVOVICHEV, N. V. RAKHMANOVA.

INFORMATION ON NEW MINERALS APPROVED IN 2006 BY THE INTERNATIONAL  
(CNMMN IMA) AND RUSSIAN COMMISSIONS ON NEW MINERALS  
AND MINERAL NAMES (RCNMMN)

Кафедра минералогии Санкт-Петербургского государственного университета,  
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

The website of the Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification of International Mineralogical Association displays an information on new minerals approved in 2005. The data needed to search are given in the table.

На вебсайте Комиссии по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации (<http://sheba.geo.vu.nl/users/ima-cnmmn/>) в рубрике (Recent new minerals) размещена информация о новых минералах, утвержденных в 2006 году, и о принятых номенклатурных изменениях. В кратком виде сведения о новых минералах приведены в прилагаемой таблице, она систематизирована по химическим типам и классам минералов. Размеры зерен новых минералов колеблются в диапазоне величин от 0.001 мм до 5 см, при этом основная масса (~70 %) минералов имеет размер зерен от 0.1 до 2 мм. В самых крупных зернах и кристаллах встречены минералы 2003-038a (10 × 10 × 6 мм), 2006-007 (от нескольких мкм до 0.05 × 1 × 2 см), 2006-010 (до 0.3 × 10 мм), 2006-014 (до 5 см в длину, 0.6 см в ширину), 2006-038 (до 1 см в длину и 1 мм в толщину). Самыми мелкими являются минералы 2005-34a (тонкие пластинки порядка 1 мкм), 2006-003 (5 × 8 мкм), 2006-036 (5—10 мкм) и 2006-040 (кристаллы — 1 мкм в ширину, 6—8 мкм в длину).

В июле 2006 г. в Кобе (Япония) состоялось Общее собрание Международной минералогической ассоциации. По ее программе состоялись заседания Комиссий по новым минералам и названиям минералов (председатель Э. Бурке, Амстердам) и Комиссии по классификации минералов (председатель Д. Ю. Пушаровский, Москва). Было принято решение о слиянии этих двух комиссий в Комиссию новых минералов, номенклатуры и классификации. Председателем общей комиссии является Э. Бурке, его

№	
2006-027	Pd <sub>4</sub> Cu <sub>3</sub> Zn
2006-030	Cu <sub>5</sub> Gc <sub>0.5</sub> S <sub>4</sub>
2006-012	PdCuBiS <sub>3</sub>
2006-015	Hg <sub>3</sub> Pb <sub>16</sub> Sb <sub>18</sub> S <sub>46</sub>
2006-016	Pb <sub>2</sub> SnInBiS <sub>7</sub>
2006-053	[(Ag,Cu) <sub>6</sub> (Sb,As) <sub>2</sub> (S,Se)
2006-013	Pd <sub>11</sub> Tc <sub>2</sub> Sc <sub>2</sub>
2006-014	Na <sub>3</sub> (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (SbS <sub>3</sub> )·3H <sub>2</sub> O
2006-035	CaAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
2006-040	BaTiO <sub>3</sub>
2006-056	ScTaO <sub>4</sub>
2006-041	Cu <sub>3</sub> NiCl <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>
2003-038a	[(Y,Ln),Ca,Th,Fe](Nb,Ta)
2005-034a	Na <sub>0.22</sub> [(W,Fe <sup>3+</sup> )(O,OH)]
2006-002	K <sub>3</sub> NaCaY <sub>2</sub> (Si <sub>12</sub> O <sub>30</sub> )·4H <sub>2</sub> O
2006-005	(Y,REE,Ca,Na) <sub>15</sub> (Al <sub>12</sub> F <sub>48</sub> (O,F) <sub>48</sub> )
2006-007	Na <sub>2</sub> [SiO <sub>2</sub> (OH)]·8H <sub>2</sub> O
2006-010	(Ca,REE) <sub>3</sub> [(Si,P)O <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> F <sub>3</sub>
2006-011	KMg <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> )O <sub>10</sub> F <sub>2</sub>
2006-020	Na <sub>5</sub> K <sub>1.5</sub> Ca(Si <sub>6</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>24</sub> )(S)
2006-021	(Ba,Na) <sub>2</sub> {(Na,Ti,Mn)[(OH,O,F) <sub>2</sub> ]·3H <sub>2</sub> O}
2006-022	Mn <sup>2+</sup> CeAl <sub>2</sub> Fe <sup>2+</sup> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(OH)
2006-023	Na(CaNa) <sub>2</sub> (Fe <sup>3+</sup> Al <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub>
2006-024	Na(CaNa) <sub>2</sub> (Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub>
2006-025	Na(CaNa) <sub>2</sub> (Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub>
2006-026	CaMn[SiO <sub>3</sub> (OH)](OH)
2006-031	Pb <sub>7-x</sub> Mg <sub>1.5</sub> (Si,Al) <sub>5</sub> O <sub>14</sub> ]
2006-036	LiNaB <sub>3</sub> SiO <sub>7</sub> (OH)
2006-037	K <sub>2</sub> Na(Ca,Na)Ti <sub>4</sub> Li <sub>6</sub> Si <sub>23</sub> O <sub>70</sub>
2006-038	Li <sub>2</sub> NaFe <sup>2+</sup> Ti <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>26</sub> (O)
2006-044	NaK <sub>6</sub> MgCa <sub>2</sub> (Al <sub>13</sub> Si <sub>47</sub> O)
2006-054	V <sub>8</sub> Ti <sub>6</sub> [Ba(Si <sub>2</sub> O)]O <sub>28</sub>
2006-055	CaSrAl <sub>2</sub> Fe <sup>3+</sup> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>3</sub> )

# ZAPISKI RMO

## PROCEEDINGS OF THE RUSSIAN MINERALOGICAL SOCIETY



N 4 · 2007

<i>Zozulya D. R., Peltonen P., O'Brien H.</i> Pyropes and chrome-diopsides as indicators of the mantle structure and diamond-bearing facies in Kola region	1
<i>Shmakin B. M.</i> About diversity of accessory minerals in granite pegmatites of the rare-metal — rare earths formation	16
<i>Dodin D. A.</i> New types of ores in Russian Arctic	24
<b>NEW MINERALS</b>	
<i>Khomyakov A. P., Nechelyustov G. N., Rastsvetaeva R. K.</i> Dualite, $\text{Na}_{30}(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce}, \text{Sr})_{12}(\text{Na}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})_6\text{Zr}_3\text{Ti}_3\text{MnSi}_{51}\text{O}_{144}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl})_9$ , a new zircono-titanosilicate with a modular eudialyte-like structure from Lovozero alkaline massif, Kola Peninsula, Russia	31
<i>Bulakh A. G., Krivovichev V. G., Rakhmanova N. V.</i> Information on new minerals approved in 2006 by the International (CNMMN IMA) and Russian Commissions on new minerals and mineral names (RCNMMN)	42
<b>HISTORY OF THE SCIENCE</b>	
<i>Zhamoida A. I.</i> Viktor Fedorovich Petrun' — one of establishers of archeological petrography	46
<b>MINERALS AND MINERAL PARAGENESES</b>	
<i>Glukhov Yu. V., Filippov V. N., Isaenko S. I., Makeev B. A.</i> The rare gold from paleo-placer Bezdubovo with indices of its recent release	51
<i>Pekov I. V., Agakhanov A. A.</i> About thallium-rich murunskite from Lovozero massif (Kola Peninsula) and the character of distribution of alkali metals and thallium in sulfide minerals	63
<i>Kotova E. N., Lutoev V. P., Kuznetsov S. K.</i> Aluminium and germanium paramagnetic centers in vein quartz and rock crystals of the Subpolar Urals	71
<i>Repina S. A.</i> Monazite as indicators of processes in formation of quartz veins of deposit Zhelannoye (the Subpolar Urals)	81
<i>Sorokhtina N. V., Chukanov N. V., Voloshin A. V., Pakhomovsky Ya. A., Bogdanova A. N., Moiseev M. M.</i> Cymrite, the indicator of high barium activity in processes of forming hydrothermalites connected with carbonatites on Kola Peninsula	97
<b>CHRONICLES</b>	
<i>Karyakina T. A., Morozov M. V.</i> Report on the Russian Mineralogical Society activities in 2006	110

