

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.657

© Н. В. ЧУКАНОВ,* И. В. ПЕКОВ,** Е. И. СЕМЕНОВ,*** А. Е. ЗАДОВ,****
С. В. КРИВОВИЧЕВ,***** П. К. БЕРНС*****

ПАРАКУЗЬМЕНКОИТ-Fe (K,Ba)₂Fe(Ti,Nb)₄[Si₄O₁₂]₂(O,OH)₄ · 7H₂O — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА¹

N. V. CHUKANOV, I. V. PEKOV, E. I. SEMENOV, A. E. ZADOV, S. V. KRIVOVICHEV, P. C. BERNIS.
PARAKUZMENKOITE-Fe, (K,Ba)₂Fe(Ti,Nb)₄[Si₄O₁₂]₂(O,OH)₄ · 7H₂O —
A NEW LABUNTISOVITE GROUP MINERAL

* Институт проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка
** Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

*** Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва, В-71, Ленинский пр., 18-2

**** НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, 6, к. 302

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

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

A new labuntsovite group mineral, parakuzmenkoite-Fe, has been found together with microcline, aegirine, eudialyte, lorenzenite, sodalite, natrolite, elpidite, rancieite, and halloysite in alkaline pegmatite at Kedykverpakhk Mt., Lovozero Massif, Kola Peninsula, Russia. It occurs as prismatic crystals up to 1 mm in size. Parakuzmenkoite-Fe is translucent, orange to reddish-orange. Lustre vitreous, streak white, cleavage non-perfect, Mohs' hardness 5. Biaxial, positive, $2V = 22(10)^\circ$, $\alpha = 1.687(1)$, $\beta = 1.689(2)$, $\gamma = 1.805(5)$. The crystal structure has been studied ($R = 0.047$). Monoclinic, space group $C2/m$, $a = 14.410(2)$, $b = 13.880(2)$, $c = 15.587(2)$ Å, $\beta = 117.53(1)^\circ$, $V = 2764.6(8)$ Å³. The strongest lines of the powder diffraction pattern [d , Å (I , %) (hkl)] are: 6.91(10)(021, 002); 3.19(10)(422, 400, 401); 3.09(10)(042, 024); 1.524(9)(480, 484, 426, 4210); 1.422(8)(482, 486, 446, 864, 4.410). $D_{\text{meas}} = 3.00(3)$, $D_{\text{calc}} = 3.07(3)$ g/cm³. Chemical composition is (wt. %, electron probe, mean over 7 analyses; H₂O content was determined by thermogravimetric method): Na₂O 0.43; K₂O 2.86; CaO 0.24; SrO 0.45; BaO 8.76; MgO 0.14; MnO 1.79; FeO 4.86; ZnO 0.21; SiO₂ 37.35; TiO₂ 13.74; Nb₂O₅ 17.59; H₂O 10.94; total 99.36. The empirical formula (taking into consideration structural data) is: (K_{1.56}Na_{0.36}Ba_{1.47}Sr_{0.11}Ca_{0.11}Zn_{0.07})Σ3.68(Fe_{1.58}Mn_{0.65}Mg_{0.09})Σ2.32(Ti_{4.44}Nb_{3.41}Fe_{0.16})Σ8.01[Si₄O₁₂]₄[O_{6.40}(OH)_{1.60}] · 14.29H₂O. Simplified formula: (K, Ba)₂Fe(Ti,Nb)₄[Si₄O₁₂]₂(O,OH)₄ · 7H₂O ($Z = 4$). IR spectrum is given. Parakuzmenkoite-Fe is named as an analog of kuzmenkoite-Mn with Fe > Mn in the D site and doubled c parameter, also isostructural with organovaite-Mn and organovaite-Zn. Type material is deposited at Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow.

Группа лабунцовита² объединяет цеолитоподобные водные титано- и ниобосиликаты, основу структуры которых составляет каркас из цепочек (Ti,Nb)(O,OH)-октаэдров и колец [Si₄O₁₂]. В полостях каркаса располагаются атомы щелочных и щелочноземельных металлов (K, Na, Ba, Ca, Sr) и молекулы воды. В некоторых минералах этой группы цепочки (Ti, Nb)-октаэдров соединяются еще и дополнительными D-октаэдрами, занятыми M²⁺-катионами с относительно высокими силовыми характеристиками — Mn, Fe, Mg, Zn (Chukanov e. a., 1999). Такая структура

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества 20 декабря 2000 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 апреля 2001 г.

² Номенклатура минералов группы лабунцовита утверждена Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 5 июня 2000 г.

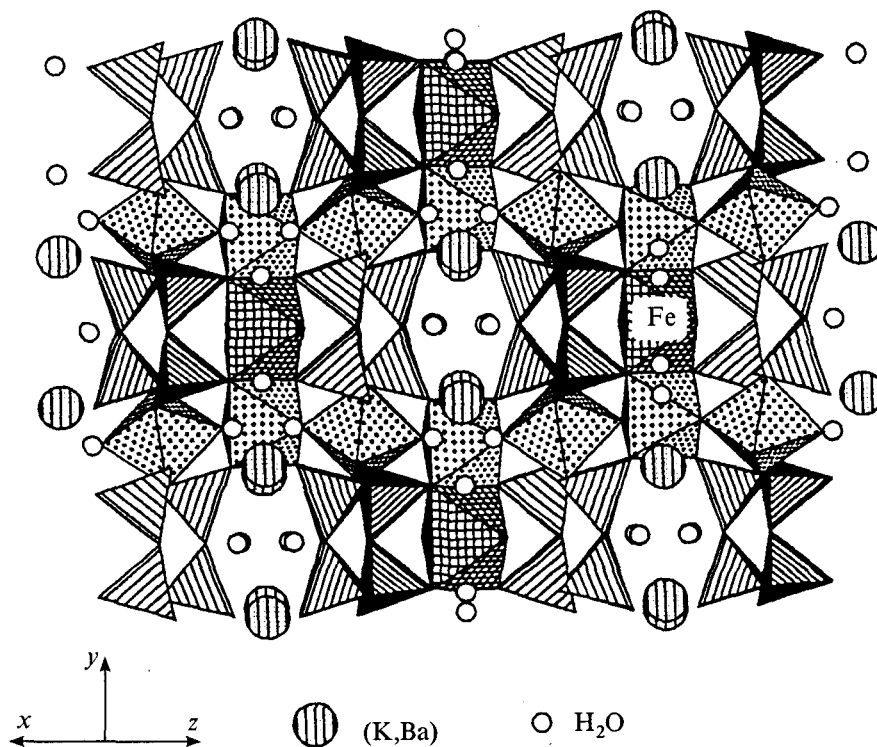


Рис. 1. Кристаллическая структура паракузьменкоита-Fe: проекция на плоскость (101).

Fig. 1. Crystal structure of parakuzmenkoite-Fe: projection on the plane (101).

предопределяет сложность состава и разнообразие минеральных видов в группе лабунцовита. Новый минерал по катионному составу может рассматриваться как Fe-доминантный (в *D*-позиции) аналог кузьменкоита-Mn $K_2Mn(Ti, Nb)_4[Si_4O_{12}]_2(OH, O)_4 \cdot 5H_2O$ (Чуканов и др., 1999). Изучение кристаллической структуры показало, что от кузьменкоита он отличается еще и удвоенным параметром *c* моноклинной ячейки. В этом новый минерал сходен с недавно описанным ниобиевым представителем группы — органоваитом-Mn $K_2Mn(Nb, Ti)_4[Si_4O_{12}]_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$ (Чуканов и др., 2001) и может рассматриваться как его Fe, Ti-аналог. В соответствии с принятыми принципами номенклатуры для группы лабунцовита новый минерал получил название **паракузьменкоит-Fe**.

Паракузьменкоит-Fe найден одним из авторов (Е. И. Семеновым) на горе Кедык-верпах, Ловозерский щелочной массив, Кольский п-ов. Он входит в состав парагенезиса минералов гидротермального происхождения в щелочном пегматите и ассоциирует с эгирином, микроклином, лоренценитом, эвдиалитом, содалитом, натролитом, эльпидитом рансьеитом и галлузитом.

Паракузьменкоит-Fe образует плохо ограниченные призматические кристаллы размером до 1×0.3 мм, с грубой продольной штриховкой. Минерал полупрозрачный, оранжевый до оранжево-красного. Черта белая, блеск сильный стеклянный. Минерал имеет несовершенную спайность (отдельность?) в нескольких направлениях, возможно связанную с микродвойникованием, и неровный излом. Твердость по Моосу около 5. Плотность паракузьменкоита-Fe, измеренная методом уравнивания зерна в тяжелых жидкостях, 3.00(3), рентгеновская плотность 3.07(1) г/см³. Оптически двусный, положительный, $n_p = 1.687(1)$, $n_m = 1.689(2)$, $n_g = 1.805(5)$, $2V = (10)^\circ$. Плеохроизм: N_p и N_g — бесцветный, N_m — светло-коричневый. Оптическая ориентировка: $N_p = b$, $N_m = c$.

Результаты расчета рентгенограммы паракузьменкоита-Fe
X-ray powder diffraction data for parakuzmenkoite-Fe

<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>
10	6.91	6.94	020	2	2.19	2.194	062
		6.91	002	2	2.06	2.053	35 $\bar{5}$
5	6.45	6.39	200	1	2.03	2.025	442, 44 $\bar{6}$
		6.39	20 $\bar{2}$	2	1.997	1.994	55 $\bar{3}$
60	4.87	4.897	022	3	1.921	1.919	046
5	4.67	4.701	220	3	1.870	1.869	424, 42 $\bar{8}$
1	4.48	4.479	31 $\bar{2}$	3	1.803	1.801	80 $\bar{4}$
5	3.87	3.882	202, 20 $\bar{4}$	4	1.731	1.735	080
10	3.19	3.197	42 $\bar{2}$	5	1.694	1.696	462, 46 $\bar{6}$
		3.195	400, 40 $\bar{4}$			1.694	444, 44 $\bar{8}$
10	3.09	3.101	042	3	1.680	1.683	082
		3.093	024	4	1.560	1.558	84 $\bar{2}$, 84 $\bar{6}$
1	3.05	3.049	240, 24 $\bar{2}$			1.557	820, 82 $\bar{8}$
5	2.91	2.902	420, 42 $\bar{4}$	9	1.524	1.525	480, 48 $\bar{4}$
7	2.58	2.587	244			1.520	426, 4.2.10
		2.581	204, 20 $\bar{6}$	8	1.422	1.424	482, 48 $\bar{6}$
7	2.50	2.499	44 $\bar{2}$			1.421	446, 86 $\bar{4}$, 4.4.10
		2.494	402, 40 $\bar{6}$			1.294	48 $\bar{8}$
5	2.46	2.449	044	4	1.292	1.292	466
		2.445	142			1.291	408, 4.0.12
1	2.25	2.259	333				
		2.240	62 $\bar{2}$				

Кристаллическая структура паракузьменкоита-Fe изучена методом монокристалла ($R_{\text{аннн}} = 0.047$) с учетом микродвойникования по (001) (см. Rastsvetaeva e. a., 1994). Паракузьменкоит-Fe моноклинный, пространственная группа $C2/m$. Параметры элементарной ячейки: $a = 14.410(2)$, $b = 13.880(2)$, $c = 15.587(2)$ Å, $\beta = 117.53(1)^\circ$, $V = 2764.6(8)$ Å³. В основе структуры этого минерала, как и других моноклинных членов группы лабунцовита, лежат волнообразно изогнутые цепочки Ti(Nb)-октаэдров, соединенные четверными кремнекислородными кольцами и октаэдрами D, заполненными главным образом атомами железа (рис. 1). В полостях этого каркаса располагаются крупные щелочные и щелочноземельные катионы, среди которых резко преобладают K и Ba, и молекулы воды. Детальному описанию кристаллической структуры паракузьменкоита-Fe будет посвящено отдельное сообщение.

Катионный состав нового минерала изучен методом локального рентгеноспектрального анализа. Содержание воды определено по потере массы при нагревании минерала в вакууме до 950 °C со скоростью 40 град/мин. Содержания основных компонентов (катионы — среднее по 7 анализам; в скобках даны пределы), мас. %: Na₂O 0.43, (0.24—0.76), K₂O 2.86 (2.71—3.05), CaO 0.24 (0.18—0.30), SrO 0.45 (0.37—0.52), BaO 8.76 (7.85—9.09), MgO 0.14 (0.10—0.19), MnO 1.79 (1.62—1.96), FeO 4.86 (3.83—5.84), ZnO 0.21 (0—0.51), SiO₂ 37.35 (36.01—38.02), TiO₂ 13.74 (12.53—14.29), Nb₂O₅ 17.59 (15.72—18.85), H₂O 10.94, сумма 99.36.

Расчет этого состава на [Si₄O₁₂]₄(O,OH)₈ приводит к следующей эмпирической формуле: (K_{1.56}Na_{0.36}Ba_{1.47}Sr_{0.11}Ca_{0.11}Zn_{0.07})_{Σ3.68}(Fe_{1.58}²⁺Mn_{0.65}Mg_{0.09})_{Σ2.32}(Ti_{4.44}Nb_{3.41}Fe_{0.16}³⁺)_{Σ8.01}[Si₄O₁₂]₄[O_{6.40}(OH)_{1.60}] · 14.29H₂O ($Z = 2$). Группировка катионов по позициям и оценка валентности железа выполнены с учетом данных рентгеноструктурного анализа. Позиция «сшивающего октаэдра» D в паракузьменкоите-Fe занята полностью, и

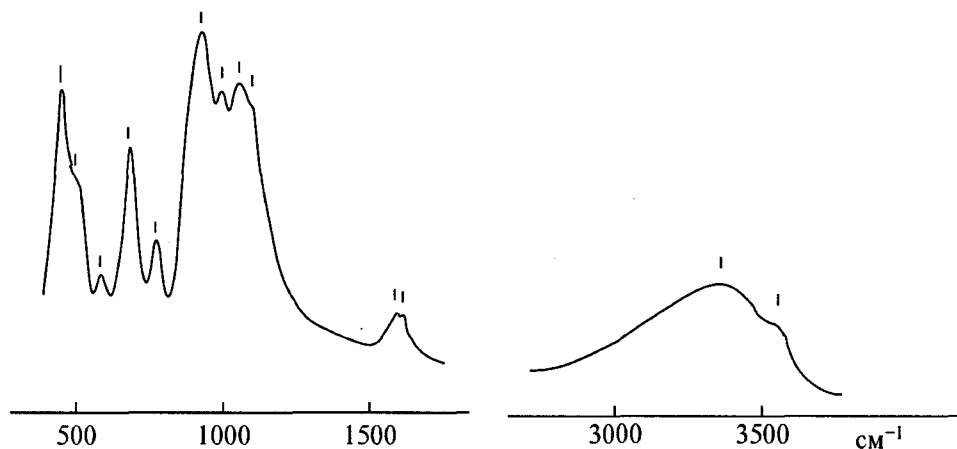


Рис. 2. ИК-спектр паракузьменкоита-Fe.
Fig. 2. IR spectrum of parakuzmenkoite-Fe.

соответственно расположенная в непосредственной близости от нее позиция *C*, заселяемая в других моноклинных членах группы лабунцовита атомами Ba и K (Chukanov *et al.*, 1999), остается вакантной. Вероятно, именно это обстоятельство и привело к достаточно редкому для минералов этой группы явлению — вхождению значительного количества бария в позицию *B*, обычно занимаемую калием с небольшой примесью натрия. Идеализированная кристаллохимическая формула паракузьменкоита-Fe может быть записана так: $(K, Ba, Na)_4 \square_4 (Fe^{2+}, Mn)_2 [Ti, Nb, Fe^{3+}]_8 (O, OH)_8 [Si_4 O_{12}]_4 \cdot 14 H_2 O$ ($Z = 4$); упрощенная формула: $(K, Ba)_2 Fe (Ti, Nb)_4 [Si_4 O_{12}]_2 (O, OH)_4 \cdot 7 H_2 O$ ($Z = 4$). Корректность определений химического состава, показателей преломления и плотности паракузьменкоита-Fe подтверждается хорошей сходимостью по критерию Гладстона—Дейла ($1 - K_p/K_c = -0.003$ — «superiog»).

Дебаеграмма паракузьменкоита-Fe (камера РКГ-86, $Fe_{K\alpha}$ -излучение, эталон — кремний) приведена в таблице. При выборе индексов *hkl* для рефлексов использованы данные по интенсивностям, полученные при структурном исследовании минерала. Рентгенограмма паракузьменкоита-Fe близка к порошкограммам других моноклинных титановых членов группы лабунцовита и особенно к порошкограмме кузьменкоита-Mn.

Волновые числа полос в ИК-спектре (cm^{-1} ; *sh* — плечо, *s* — сильная полоса): 3510 *sh*, 3330, 1630, 1600, 1085 *sh*, 1080 *s*, 1016 *s*, 954 *s*, 778, 694 *s*, 586, 510 *sh*, 464 *s* (рис. 2). Как видно на ИК-спектре, молекулы воды в структуре паракузьменкоита-Fe занимают два типа позиций, которым соответствуют две полосы невырожденных деформационных колебаний при 1600 и 1630 cm^{-1} . Вода и гидроксильные группы образуют как слабые (полоса при 3510 cm^{-1}), так и относительно прочные (3330 cm^{-1}) водородные связи.

Эталонный образец паракузьменкоита-Fe хранится в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве (рег. № 2625/1).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 97-05-65127 и 01-05-64739).

Список литературы

- Головина Н. И., Шилов Г. В., Чуканов Н. В., Пеков И. В. Кристаллическая структура высокомарганцевого аналога лабунцовита // Докл. РАН. 1998. Т. 362. № 3. С. 350—352.
Чуканов Н. В., Пеков И. В., Головина Н. И., Задов А. Е., Неделько В. В. Кузьменкоит $K_2(Mn, Fe)(Ti, Nb)_4 [Si_4 O_{12}]_2 (OH)_4 \cdot 5 H_2 O$ — новый минерал // ЗВМО. 1999. № 4. С. 42—50.

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

Chukanov N. V., Pekov I. V., Rastsvetaeva R. K., Nekrasov A. N. Labuntsovite: solid solutions and features of the crystal structure // Canad Miner. 1999. Vol. 37. N 4. P. 901—910.

Rastsvetaeva R. K., Tamazyan R. A., Pushcharovsky D. Yu., Nadezhina T. N. Crystal structure and microtwinning of K-rich nenadkevichite // Eur. J. Miner. 1994. Vol. 6. P. 503—509.

Поступила в редакцию
30 мая 2001 г.

УДК 549 (047)

ЗВМО, № 6, 2001 г.
ProcRMS, N 6, 2001

© Д. члены В. И. КУДРЯШОВА, В. Н. СМОЛЯНИНОВА

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ. LV

V. I. KUDRYASHOVA, V. N. SMOLYANINOVA. NEW MINERALS. LV

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН),
109017, Москва, Старомонетный пер., 35, e-mail: smnv@igem.ru

ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, ФОСФИДЫ

1. **Татьянаит** (tatyanaite) — $(Pt,Pd,Cu)_9Cu_3Sn_4$ — Pt аналог таймырита. Ромб. с. $Pm\bar{m}m$, $Pm\bar{m}2$ или $P222$ (по аналогии с искусств. соединением). $a = 7.89$, $b = 4.07$, $c = 7.73$ Å. $Z = 1$. Вытянутые, прожилковидные зерна (до 1 мм) и агрегаты более мелких зерен. Ковкий. Микротв. (средн.) 327. В отр. св. розовый с лиловым оттенком. Двуотражение слабое до отчетливого, от коричневатого-розового до розовато-лилового. Анизотропия отчетливая умеренная, от светло-коричневого до темно-голубого. Характерны зональность и полисинтетическое двойникование. R_1 и R_2 (%) на воздухе (и в иммерсии): 42.8, 44.1 (32.8, 33.3) при 470 нм, 49.5, 50.0 (37.6, 38.8) при 546, 51.8, 54.6 (38.9, 39.9) при 589, 55.6, 56.8 (41.6, 44.2) при 650 нм. Хим. (м.з., средн. из 9 опр.): Pt 45.38, Pd 19.53, Cu 10.62, Ni 0.15, Fe 0.03, Sn 23.02, Sb 0.27, сумма 99.00. Рентгенограмма (интенс. л.): 2.283(10)(212), 2.163(4)(203), 1.369(3)(323). В массивных сульфидных рудах м-ния Октябрьское, Норильский рудный район (Россия), с таймыритом, обогащенным Pt, атокит-рустенбургитом, паоловитом, фрудитом, сперрулитом, масловитом и галенитом. Назван в честь российского минералога Татьяны Л. Евстигнеевой (р. 1945). Утв. КНМ ММА.

Barkov A. Y., Martin R. F., Poirier G., Tarkian M., Pakhomovskii Y. A., Men'shikov Y. P. Eur. J. Min., 2000, v. 12, N 2, p. 391 (англ.).

2. **Флоренскиит** (florenskyite) — $FeTiP$. Ромб. с. $Pnma$. $a = 6.007$, $b = 3.602$, $c = 6.897$ Å (для синт. аналога). Дисперсные выделения (до 14 мкм) в Fe-содержащем серпентине. В отр. св. кремово-белый. Бл. метал. Хим. (м. з., средн. из 3 опр.): Fe 40.52, Ti 30.08, Ni 5.47, Cr 0.93, V 0.91, Co 0.60, P 21.69, Si 0.59, сумма 100.79. Рентгенограмма (интенс. л.): 2.307(47)(210), 2.301(100)(112), 2.188(88)(211), 1.938(45)(013), 1.901(45)(020). В обломке хондритового метеорита Kaidun, упавшего в 1980 г. в южном Йемее, с пентландитом и неустановленным Fe,Cr-фосфидом. Назван в память о русском геохимике К. П. Флоренском (1915—1982). Утв. КНМ ВМО и ММА.

Ivanov A. V., Zolensky M. E., Saito A., Ohsumi K., Yang S. V., Kononkova N. N., Mikouchi T. Am. Min., 2000, v. 85, N 7/8, p. 1082 (англ.).

СУЛЬФИДЫ, СУЛЬФОСОЛИ

3. **Эдгарит** (edgarite) — $FeNb_3S_6$. Гекс. с. $P6_322$. $a = 5.771$, $c = 12.190$ Å. $Z = 2$. Пластинч. кристаллы (до 15 мм), агрегаты (до 0.5 мм). Непрозрачный. Цв. темно-серый. Микротв. 135 при 5 г и 205 при 10 г. Плотн. 4.99 (выч.). Сп. весьма совершенная базальная. В отр. св. двуотражает и плеохр. От серого до светло-серого с голубоватым оттенком. Сильно анизотропен, от почти белого до темно-бурого. R_1 и R_2 (%) при 470 нм, 27.4 и 39.3 при 546, 27.0 и 38.5 при 589, 27.0 и 36.9 при 650 нм. Хим. (м. з., средн. из 4 опр.): Nb 52.87, Fe 10.12, V 0.36, Mn 0.10, Ti 0.04, S 35.86, сумма 99.35. Рентгенограмма (интенс. л.): 6.11(80)(002), 2.606(80)(112), 2.096(100)(114), 1.665(80)(300). В полевошпатовом фенитизированном ксенолите в фойяитах Хибинского щелочного комплекса, Кольский полуостров (Россия), с пирротинном, марказитом, пиритом и алабандином. Назван в память о канадском петрологе А. Д. Эдгаре (Alan D. Edgar, 1935—1998). Утв. КНМ ММА.

Barkov A. Y., Martin R. F., Men'shikov Y. P., Savchenko Y. E., Thibault Y., Laajoki V. O. Contrib. Miner. Petrol., 2000, v. 138, p. 229 (англ.); по Am. Min., 2000, v. 85, N 11.12, p. 1843 (англ.).