

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.623.552.4

© Д. чл. Н. В. ЧУКАНОВ,* В. Т. ДУБИНЧУК,** М. Н. МУРАШКО,*** А. Е. ЗАДОВ,****
В. Ю. КАРПЕНКО*****

**РУДЕНКОИТ $\text{Sr}_3\text{Al}_{3.5}\text{Si}_{3.5}\text{O}_{10}(\text{OH}_{7.5}, \text{O}_{0.5})\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ
ИЗ ФЛОГОПИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ¹**

N. V. CHUKANOV, V. T. DUBINCHUK, M. N. MURASHKO, A. E. ZADOV, V. Yu. KARPENKO.
RUDENKOITE $\text{Sr}_3\text{Al}_{3.5}\text{Si}_{3.5}\text{O}_{10}(\text{OH}_{7.5}, \text{O}_{0.5})\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, A NEW MINERAL FROM PHLOGOPITE
DEPOSITS OF SOUTHERN YAKUTIA

* Институт проблем химической физики ИПХФ РАН, 142432,
Московская обл., п. Черноголовка; e-mail: chukanov@icp.ac.ru

** Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья (ВИМС),
109017, Москва, Старомонетный пер., 31

*** ЗАО «Систематическая минералогия»

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

***** Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, 117901,
Москва, В-71, Ленинский пр., 18-2

A new mineral rudenkoite has been found together with prehnite, calcite, spinel, apatite and diopside in prehnitized metasomatic pyroxene-scapolite rock. The mineral is named after the professor of the St.-Petersburg Mining Institute, specialist in mineralogy of persilic and alkaline pegmatites Sergey Aleksandrovich Rudenko (1917—1992). Rudenkoite forms spheroidal fibrous aggregates up to 7 mm. Direction of elongation of the fibers is [100]. Mohs' hardness is 1.5 (for aggregates). $D_{\text{meas}} = 3.17$ (1) g/cm³; $D_{\text{calc}} = 3.18$ g/cm³. Biaxial (+), α 1.639 (2), β 1.648 (2), γ 1.665 (2) (white light); $2V$ (meas.) $\approx 75^\circ$, $2V$ (calc.) = 72.7° . Dispersion is medium, $r > v$. Orientation: $X = a$. Pleochroism is not observed. Weight loss on heating occurs in two stages: 1.7 % (at 280—460 °C) and 17.5 % (at 560—940 °C). IR spectrum is given. Electron microprobe analysis gives (wt. %): CaO 0.86, SrO 34.61, BaO 0.54, Al₂O₃ 21.01, SiO₂ 24.73, Cl 9.06, H₂O (determined by the Penfield method) 10.1; -O=Cl₂ — 2.04; total 98.87. The empirical formula of rudenkoite is: $(\text{Sr}_{2.83}\text{Ca}_{0.13}\text{Ba}_{0.03})_{\Sigma 2.99}(\text{Al}_{3.49}\text{Si}_{3.48})_{\Sigma 6.97}\text{H}_{9.48}\text{Cl}_{2.16}\text{O}_{18.84}$. The simplified formula is: $\text{Sr}_3\text{Al}_{3.5}\text{Si}_{3.5}\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ or $\text{Sr}_3\text{Al}_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Rudenkoite is monoclinic, space group $P2/m$, $P2$ or Pm ; $a = 5.893(5)$ Å, $b = 7.262(5)$ Å, $c = 10.288(8)$ Å, $\beta = 97.23(3)^\circ$, $V = 436.8(6)$ Å³, $Z = 1$. Compatibility is good: $1 - K_p / K_c = 0.021$ for D_{calc} ; $1 - K_p / K_c = 0.015$ for D_{meas} . The strongest lines of the powder diffraction pattern [d , Å (I , %) (hkl)] are: 10.13 (100) (001), 3.23 (80) (112), 2.96 (100) (022), 2.90 (100) (121), 2.505 (100) ($\bar{2}12$), 2.182 (80) (032, 221). A standard sample of rudenkoite is deposited in the Fersman mineralogical museum (Moscow); reg. No. 3121/1.

Месторождения флогопита Алданской провинции, расположенной в центральной части Алданского щита (Лицарев, 1984; Мурзаев, 1974), связаны с породами докембрийского метаморфического комплекса и приурочены к архейской иенгурской свите

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 5 ноября 2003 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 8 февраля 2004 г.

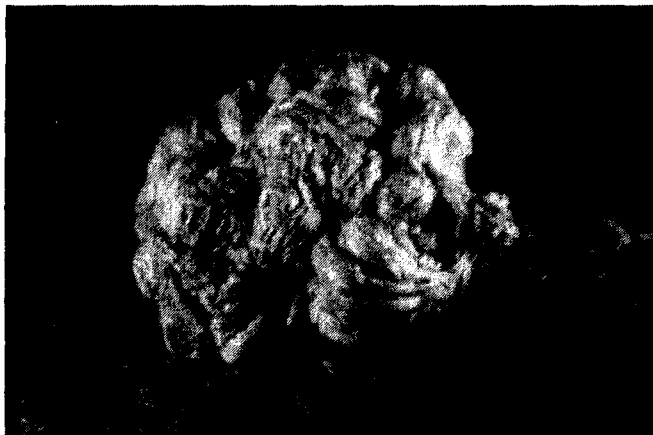


Рис. 1. Агрегат руденкоита (светлый) на прените. Размер агрегата в наибольшем измерении 7 мм.

Fig. 1. Aggregate of rudenkoite (light) on prehnite. Largest size of the aggregate is 7 mm.

(Петрова и др., 1975), которая сложена в основном доломитовыми мраморами, кварцитами и гнейсами, прорванными гранитоидами. Эти месторождения имеют метасоматическое происхождение и тесно связаны с магниезальными скарнами. На Эмельджакском месторождении, относящемся к Алданской группе, описаны также гроссуляро-волластонитовые скарны, образовавшиеся на контакте пегматита с кальцитовым мрамором (Лицарев, 1958). На этом месторождении метасоматоз сопровождался на поздних стадиях интенсивной пренитизацией, проявляющейся как в замещении пренитом полевых шпатов гнейсов и пегматитов, так и в самостоятельной кристаллизации пренита непосредственно из растворов вместе с цеолитами и кальцитом (Галюк, 1956). Замещению пренитом на Эмельджакском месторождении подвергся и скаполит из околоскарновой пироксено-скаполитовой породы (Лицарев, 1958).

В одном из таких образцов, представляющем собой псевдоморфозу пренита по скаполиту, и был обнаружен новый хлорсодержащий алюмосиликат стронция, получивший название **руденкоит** в честь профессора Санкт-Петербургского (Ленинградского) горного института Сергея Александровича Руденко (1917—1992), специалиста в области минералогии пегматитов. Новый минерал находится в ассоциации с кальцитом, фторапатитом и диопсидом; в теле псевдоморфозы пренита по скаполиту в образце с руденкоитом присутствуют также редкие реликтовые зерна шпинели. Руденкоит образует сфероидальные агрегаты белого цвета диаметром до 7 мм, состоящие из волокон и нарастающие на пренит (рис. 1). Волокна вытянуты в направлении [100]. По отношению к кальциту руденкоит — более ранний минерал.

Присутствие Cl в составе нового минерала представляется закономерным, учитывая повышенную роль хлора в минералах скарнов (апатите, амфиболах, скаполите и др.). В данном случае источником Cl для руденкоита мог послужить скаполит, замещившийся пренитом. Стронций же мог заимствоваться из полевых шпатов и скаполита в процессе изменения этих минералов, причем руденкоит оказался весьма эффективным концентратором этого элемента: в его составе Sr резко преобладает над Ba и Ca, тогда как в сопутствующих прените и кальците содержание Sr ниже пределов обнаружения микронзондовым методом.

Волокна руденкоита гибкие; твердость его агрегатов по шкале Мооса около 1.5. Плотность, измеренная методом уравнивания в тяжелых жидкостях, равна 3.17 (1) г/см³, вычисленная плотность равна 3.18 г/см³. В разбавленном растворе HCl не изменяется.

При нагревании образца с начальной массой $m_0 = 4.8$ мг со скоростью 13 °C/мин до 1000 °C потеря массы происходит в два этапа. На первом этапе (280—460 °C) теряется

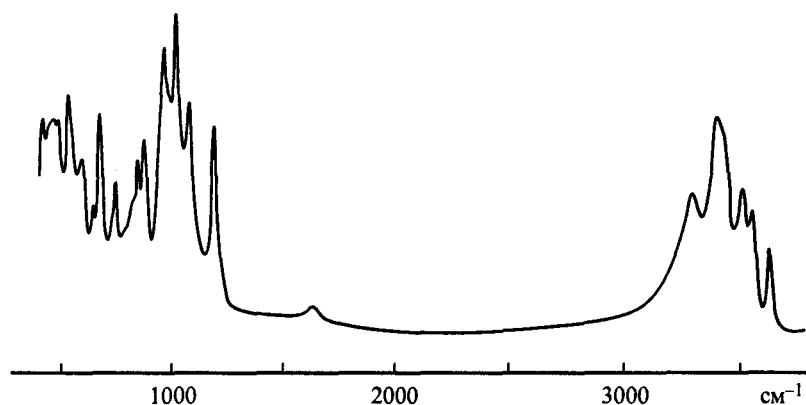


Рис. 2. ИК-спектр руденкоита.

Fig. 2. IR spectrum of rudenkoite.

1.7 % от m_0 ; в диапазоне 460—560 °С масса не изменяется; в диапазоне 560—940 °С теряется еще 17.5 % от m_0 . Таким образом, общее содержание летучих компонентов составляет 19.2 %. По-видимому, первый этап связан с удалением H_2O , а второй — с дегидроксигированием и удалением хлора.

Руденкоит — двусосный, оптически положительный минерал; $n_p = 1.639(2)$, $n_m = 1.648(2)$, $n_g = 1.665(2)$, $2V_{изм} = 75(10)^\circ$; $2V_{выч} = 72.7^\circ$. Дисперсия средняя, $r > v$; $X = a$. Плеохроизм не наблюдается.

Положения максимумов поглощения полос в ИК-спектре руденкоита (cm^{-1} , w — слабая полоса; sh — плечо; волновые числа наиболее сильных полос подчеркнуты): 3639, 3560, 3420 sh, 3403, 3294, 1627 w, 1183, 1071, 1015, 980 sh, 964, 874, 845, 825 sh, 790 w, 748, 735 sh, 676, 646 w, 598, 555 sh, 537, 488, 468, 435 sh, 418 (см. рис. 2). Присутствие в спектре относительно сильных полос в диапазоне 3200—3700 cm^{-1} и слабой полосы при 1628 cm^{-1} свидетельствует о высоком содержании в руденкоите ОН групп и низком — молекул H_2O , что хорошо согласуется с термическими данными. Полосы органических групп и CO_2 в ИК-спектре руденкоита отсутствуют.

Химический состав нового минерала изучен методом локального рентгеноспектрального анализа, содержание H_2O определено методом Пенфилда.

Содержание главных компонентов в руденкоите равны (среднее из трех определений, мас. %): CaO 0.86, SrO 34.61, BaO 0.54, Al_2O_3 21.01, SiO_2 24.73, Cl 9.06, H_2O 10.1, $-O=Cl_2$ -2.04; F, S, P, Na, K, Mg, Mn, Fe, Zn, Cr, Ni, Ti, REE, Pb не обнаружены; сумма 98.87. Эмпирическая формула, рассчитанная «на 21 анион» (т. е. $O + Cl = 21$, что соответствует $Z = 1$): $(Sr_{2.83}Ca_{0.13}Ba_{0.33})_{\Sigma 6.97}(Al_{3.49}Si_{3.48})_{\Sigma 6.97}H_{9.48}Cl_{2.16}O_{18.84}$. Принимая во внимание термические данные, эту формулу можно переписать следующим образом: $(Sr_{2.83}Ca_{0.13}Ba_{0.33})_{\Sigma 6.97}(Al_{3.49}Si_{3.48})_{\Sigma 6.97}O_{10.16}(OH)_{7.88}Cl_{2.16} \cdot 0.8H_2O$.

Упрощенной формуле руденкоита $Sr_3Al_3Si_3O_{10}(OH)_{7.5}O_{0.5}Cl_2 \cdot H_2O$ отвечает состав (мас. %): SrO 37.00, Al_2O_3 21.24, SiO_2 25.035, Cl 8.44, H_2O 10.19, $-O=Cl_2$ -1.905; сумма 100 %. Как было показано ранее (Чуканов, 1995 г.), средневзвешенное значение ν частоты (Si, Al)—О-валентных колебаний в ИК-спектрах алюмосиликатов (диапазон 800—1250 cm^{-1}) зависит от стехиометрии аниона $[Si_xAl_yO_z]$ по закону: $\nu = (333.7t + 1827)(0.6428t + 1)^{-1}$, где $t = z : (x + 0.5y)$.

В случае руденкоита максимум поглощения наиболее сильной полосы (Si, Al)—О-валентных колебаний находится на частоте 1015 cm^{-1} , соответствующей величине стехиометрического параметра $t = 2.58$. Такая стехиометрия аниона типична для слоистых алюмосиликатов. Если это предположение верно, то идеализированная кристаллохимическая формула руденкоита могла бы быть записана в виде $Sr_3Al_3[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$.

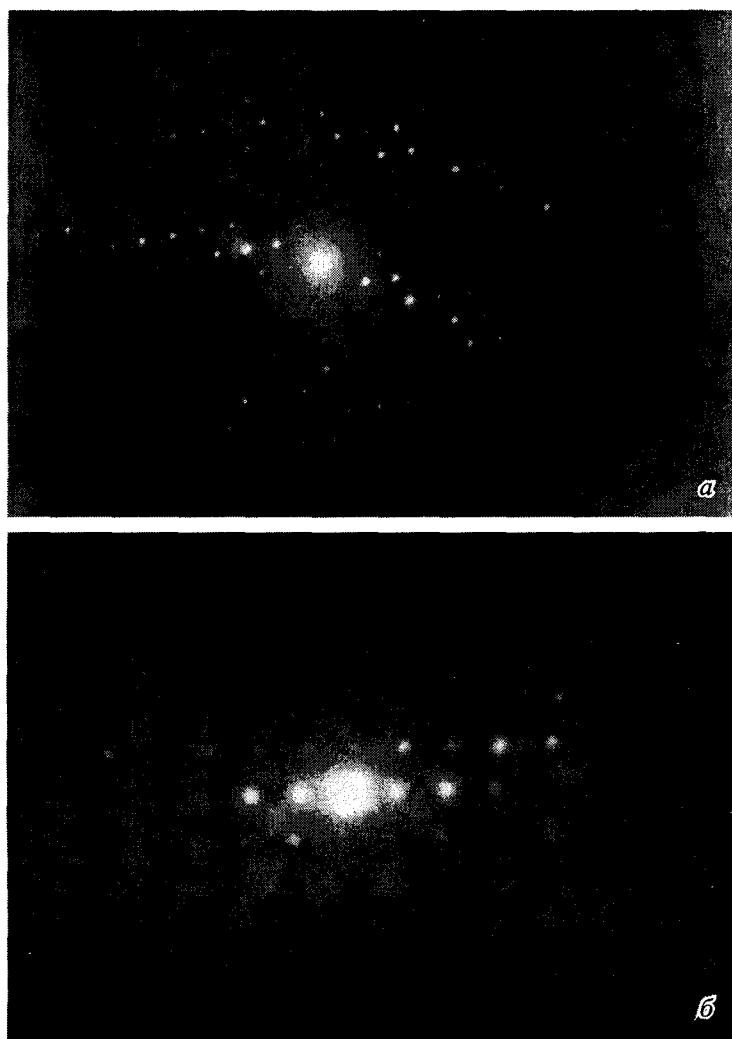


Рис. 3. Монокристалльные электронные микродифракционные картины руденкоита в проекциях $[20\bar{1}]$ (а) и $[1\bar{1}1]$ (б).

Fig. 3. Single-crystal electron microdiffraction patterns of rudenkoite: the projections $[20\bar{1}]$ (a) and $[1\bar{1}1]$ (b).

Параметры моноклинной ячейки руденкоита определены из электронных микродифракционных картин (рис. 3) и равны: $a \approx 5.89$, $b \approx 7.28$, $c \approx 10.33 \text{ \AA}$, $\beta \approx 97.2^\circ$, $V \approx 440 \text{ \AA}^3$. Уточнение параметров элементарной ячейки по дебаеграмме (камера УРС-50, Fe-излучение; см. таблицу) дает следующие значения: $a = 5.893(5)$, $b = 7.262(5)$, $c = 10.288(8) \text{ \AA}$, $\beta = 97.23(3)^\circ$, $V = 436.8(6) \text{ \AA}^3$, $Z = 1$; пространственная группа $P2/m$, $P2$ или Pm .

Сходимость химического состава и физических свойств для руденкоита хорошая: $1 - K_p/K_c = 0.021$ для $D_{\text{выч}}$; $1 - K_p/K_c = 0.015$ для $D_{\text{изм}}$.

Эталонный образец руденкоита передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН (рег. № 3121/1).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 01-05-64739).

Рентгенографические данные для руденкоита
X-ray powder diffraction data for rudenkoite

$I_{\text{изм}}, \%$	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	hkl	$I_{\text{изм}}, \%$	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	hkl
100	10.13	10.206	001	70	1.855	1.856	105
30	7.23	7.262	010	30	1.819	1.816	040
40	5.23	5.373	$\bar{1}01$	40	1.689	1.691	$\bar{1}06$
80	3.23	3.243	112	20	1.652	1.652	125, $\bar{3}04$
30	3.12	3.116	$\bar{1}03$	60	1.617	1.622	224
100	2.96	2.959	022	60	1.595	1.600	$\bar{2}25$
100	2.90	2.900	121	60	1.456	1.458	$\bar{1}07, 007$
40	2.79	2.792	103			1.454	402
30	2.70	2.700	$\bar{2}11$	10	1.419	1.417	332
30	2.548	2.548	211	30	1.394	1.395	411
100	2.505	2.520	$\bar{2}12$	20	1.378	1.376	$\bar{2}07$
30	2.419	2.421	030	40	1.276	1.276	008
20	2.363	2.365	$\bar{1}23$	50	1.255	1.257	018
30	2.313	2.325	$\bar{1}14$	30	1.240	1.241	046
20	2.258	2.253	$\bar{2}13$	30	1.219	1.218	$\bar{4}33, 108$
80	2.182	2.187	032	20	1.201	1.202	061
		2.177	221	40	1.145	1.145	501
60	2.104	2.091	203	30	1.103	1.103	307
50	1.988	1.984	$\bar{2}23$	20	1.092	1.092	521
20	1.936	1.935	$\bar{1}15$	10	1.083	1.083	$\bar{3}28$
20	1.902	1.902	$\bar{3}02$	10	1.075	1.075	$\bar{5}05$

Список литературы

- Галюк В. А. Пренит из Эмельджакского флогопитового месторождения (Южная Якутия) // Тр. Московского геолого-разведочного ин-та им. С. Орджоникидзе. 1956. Т. 29. С. 73—76.
- Лицарев М. А. Гроссуляро-воластонитовые скарны Эмельджакского флогопитового месторождения (Южная Якутия) // Изв. АН СССР. 1958. № 3. С. 31—45.
- Лицарев М. А. Докембрийские месторождения флогопита СССР (закономерности образования и размещения). Геология и полезные ископаемые древних платформ. М.: Недра, 1984. С. 130—137.
- Мурзаев С. П. Петрология флогопитоносных магнезиальных скарнов. Якутск: Книжное изд-во, 1974. 179 с.
- Петрова З. И., Пожарицкая Л. К., Ройзенман В. М. и др. Метаморфический комплекс алданских месторождений флогопита. Новосибирск: Наука, 1975. 151 с.

Поступила в редакцию
20 февраля 2004 г.