

Яковенчук В. Н., Бритаин С. Н., Леднев А. И. и др. Новые данные о нордите из Ловозерского и Хибинского массивов // Новые данные по минералогии редких элементов Кольского полуострова. Апатиты, 1991. С. 60—65.

Bakakin V. V., Belov N. V., Borisov S. V., Solovjeva L. P. The crystal structure of nordite and its relationship to mellilite and datolite-gadolinite // Amer. Miner. 1970. Vol. 55. N 7/8. P. 1167—1181.

Levinson A. A. A system of nomenclature for rare-earth minerals // Amer. Miner. 1966. Vol. 51. N 1/2. P. 152—158.

Mandarino J. A. The Gladstone-Dale relationship: IV. The compatibility concept and its application // Canad. Miner. 1981. Vol. 19. P. 441—450.

Nickel E. H. Nomenclature for mineral solid solutions // Amer. Miner. 1992. Vol. 77. N 5/6. P. 660—662.

Поступила в редакцию
15 сентября 1997 г.

УДК 549.4

ЗВМО, № 1, 1998 г.
Proc. RMS, N 1, 1988

© В. Н. АПОЛЛОНОВ

НЕПСКОЕИТ $Mg_4Cl(OH)_7 \cdot 6H_2O$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ НЕПСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ¹

V. N. APOLLONOV. NEPSKOEITE $Mg_4Cl(OH)_7 \cdot 6H_2O$ — A NEW MINERAL
FROM THE NEPSKOYE POTASH SALT DEPOSIT

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

The new mineral nepskoeite has been found in the Cambrian salt beds of Nepskoe deposit (Eastern Siberia). It forms radialcolumnar aggregates up to 0.5—1.5 mm in diameter. Transparent, or pale-yellowish; luster nacreous. Streak white. Mohs' hardness 1.5—2.0. Measured density 1.76(2), its calculated value — 1.756 g/cm³. The mineral is orthorhombic, *Pcmm*, *Pcm2₁* or *Pc2m*, with $a_0 = 11.215(9)$, $b_0 = 3.124(3)$ and $c_0 = 19.21(3)$. The ideal formula is $Mg_4Cl(OH)_7 \cdot 6H_2O$, $Z = 2$. X-ray powder diffraction data show the following strong lines (Cu K): 11.41(29)—(100); 9.78(46)—(101); 9.60(38)—(002); 4.25(200)—(203); 3.498(100)—(302); 2.395(17)—(310). The most intensive bands of IR spectrum: 3623, 3373, 1609, 1297, 733, 591 cm⁻¹. Origin of the mineral is related to hydrolysis of bischofite while the lythophication process. The mineral was named after the place of its finding.

Непское месторождение калийных солей в Восточной Сибири является крупнейшим в Азии (Яншин, Жарков, 1986). Месторождение отличается разнообразием акцессорных минералов, что не свойственно месторождениям калийных солей (Аполлонов, 1989, 1990). В рудах месторождения широко развиты разнообразные бораты (в том числе флюоборит), магнетит, пирротин, пирит, халькопирит, энаргит, апатит и др. Нами также был изучен основной сульфат магния — каминит (Аполлонов и др., 1990), ранее найденный лишь на дне Тихого океана в отложениях черного курильщика (Haunton, Kastner, 1986).

Ряд основных хлоридов магния был синтезирован в лабораторных условиях (Bianco, 1958). Природный основной хлорид магния коршуновскит состава $Mg_2Cl(OH)_3 \cdot nH_2O$ был описан в измененных доломитовых мраморах Коршуновского железорудного месторождения (Малинко и др., 1982).

Непскоеит был обнаружен нами в калиеносной пачке Непского месторождения в линзах серой мелкозернистой каменной соли на глубине 700—800 м. Эта своеобразная порода состоит на 10—30 % из мелких (до 0.1 мм) кристаллов ангидрита, сцементированных мелкозернистым галитом. В породе содержится до нескольких процентов тонкоигольчатого флюоборита и до 2 % тонкопластинчатого пирротина. Сферолиты неп-

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества 7 июня 1995 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 июля 1997 г.

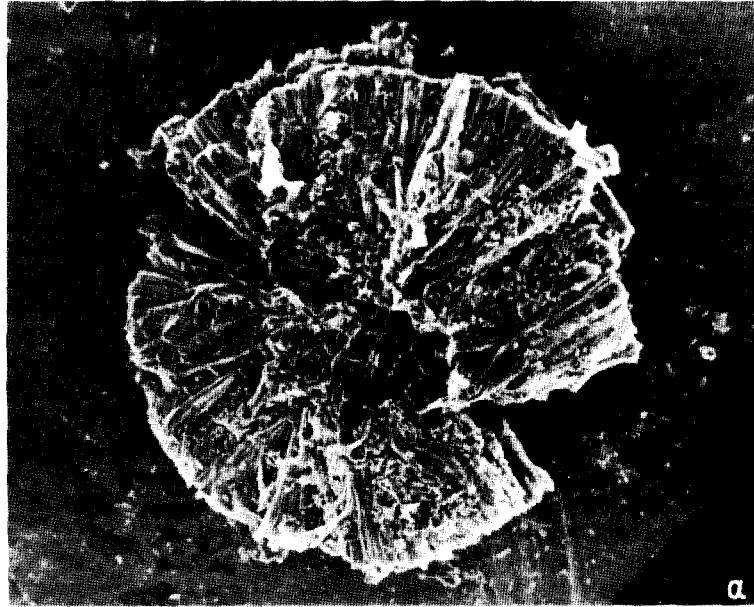


Рис. 1. Морфология обособлений непскоеита.

a — сферолит (скол через центр), увел. 80; *b* — фрагмент рис. 1,*a*, увел. 1000. Сканирующий электронный микроскоп.

Fig. 1. Morphology of nepskoeite segregations; magn. $\times 80$, with a fragment (1,*a*) magnified $\times 1000$.

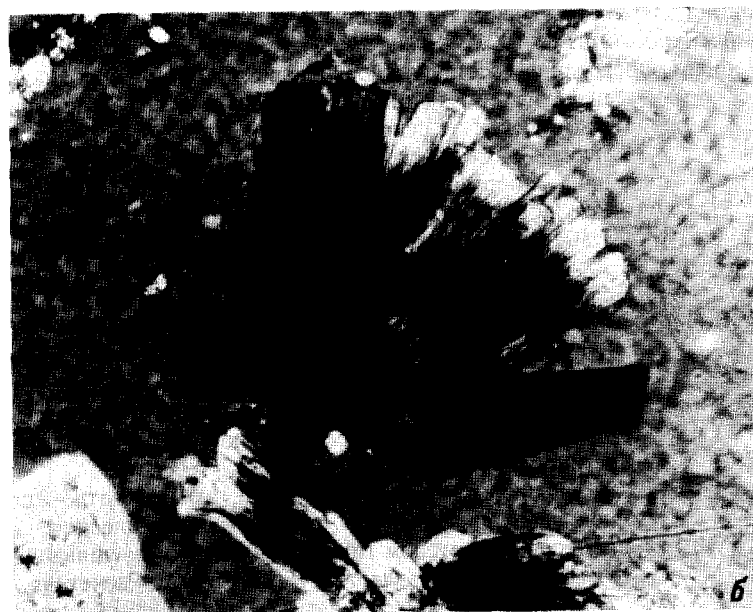
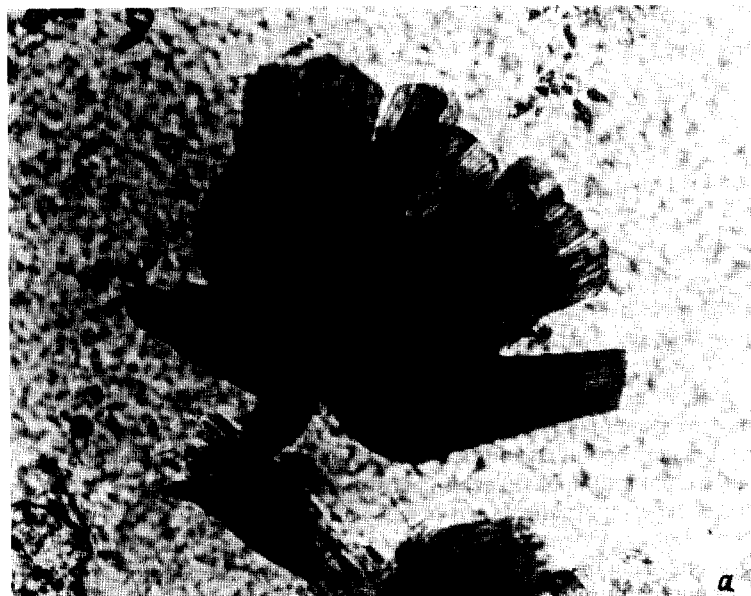


Рис. 2. Сферолит непскоеита.

a — николи параллельны, *б* — николи скрещены; проходящей свет, увел. 70.

Fig. 2. Nepskoeite spherulite, magn. $\times 70$.

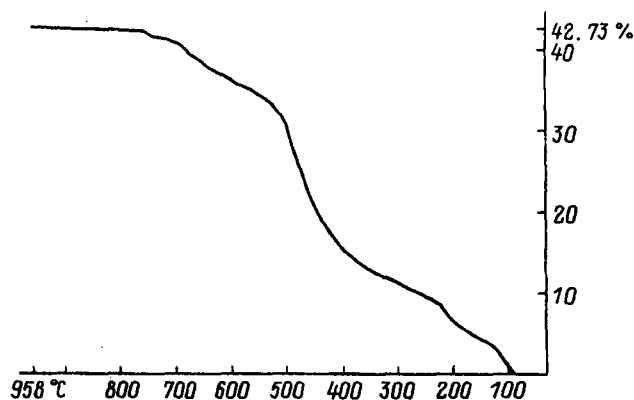


Рис. 3. Термограмма непскеюита.

Fig. 3. Thermogram of nepskoeite.

скеюита образуют в породе редкую рассеянную вкрапленность. Нерастворимый в воде остаток представляет собой мучнистую рассыпчатую массу, извлечение из которой минеральных фракций практически невозможно.

Морфология зерен и агрегатов изучалась на сканирующем и просвечивающем электронном микроскопах. Оптические свойства определены на поляризационном микроскопе в прозрачных шлифах, на столике Федорова и в иммерсионных жидкостях. Рентгенограмма порошка непскеюита была получена на рентгеновском дифрактометре ($\text{Cu}_K\alpha$ -излучение). Параметры ячейки определены методом микродифракции электронов (электронный микроскоп JEM-100с). Химический состав изучен в полированных зернах с количественным определением магния и хлора на электронном микроанализаторе Сатебах с ускоряющим напряжением 10 кВ. Кристалл природного брусита был использован как стандарт для определения Mg, галит — для определения Cl. Для получения ИК-спектра порошок минерала (1.5 мг) был таблетирован с KBr (спектрограф Perkin Elmer). Термический анализ был проведен из навески 1.504 мг на установке TGS Thermobalance (Perkin Elmer).

Непскеюит в соляной породе развит в виде изолированных сферолитов размером 0.5—1.5 мм, сложенных сросшимися нитевидными кристаллами толщиной 0.5—10.0 мкм (рис. 1). В прозрачных шлифах видно плотное строго ориентированное срастание волокон (рис. 2). При растирании сферолиты распадутся на отдельные волокна, причем можно предположить, что толстые волокна представляют собой не до конца дезинтегрированные сростки.

Сферолиты почти бесцветны, имеют светло-желтый оттенок, полупрозрачны, с перламутровым блеском. Плотность, измеренная методом гидростатического взвешивания из навески 0.022 г, составляет 1.76(2) г/см³. Расчетная плотность 1.756 г/см³.

В проходящем свете в прозрачных шлифах минерал бесцветен, погасание прямое, удлинение отрицательное. Минерал слабо двуосен, отрицателен, $2V$, измеренный на столике Федорова, составляет менее 5°. Волокна ориентированы вдоль кристаллографической оси b . Показатели преломления: $N_g = 1.562(2)$,

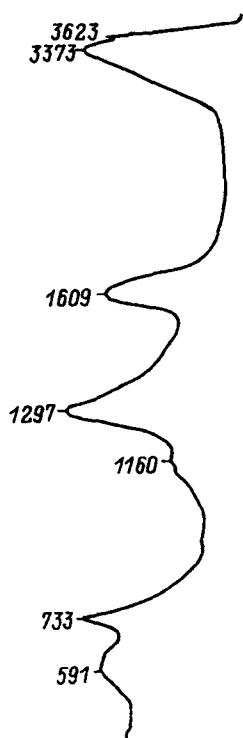


Рис. 4. ИК-спектр поглощения непскеюита, см⁻¹.

Fig. 4. IR absorption spectrum of nepskoeite, cm⁻¹.

$N_m \approx N_g, N_p = 1.532(2), N_g - N_p = 0.032$. Более полное исследование оптических свойств минерала осложнено из-за тонковолокнистого строения зерен.

Попытки выделить достаточное количество сферолитов, свободных от вростков микрокристаллов ангидрита и пирротина, для проведения полного химического анализа оказались безуспешными. Поэтому был проведен микрозондовый анализ (7 определений) в полированных шлифах (табл. 1). В сферолитах непскоита содержание Mg составляет 27.35(30), содержание Cl 10.04(12), что соответствует соотношению Mg : Cl = 4 : 1 или $Mg(OH)_2 : MgCl_2 = 7 : 1$. Примесей Fe, Mg, Ca, Al, Si, Na, K и S не обнаружено. Содержание (O + H) определено по разности расчетным путем. По данным термического анализа (рис. 3), минерал при нагревании испытывает ступенчатое обезвоживание, общая потеря веса при нагревании до 900 °C составляет 42.73 %.

Наиболее интенсивные полосы поглощения в ИК-спектре минерала 3623, 3373, 1690, 1297, 733, 591 cm^{-1} (рис. 4). Характер полос поглощения свидетельствует о значительном содержании в составе как H_2O , так и $(OH)^-$.

Таблица 1

Химический состав непскоита (мас.%)
Chemical composition of nepskoite (wt.%)

Элемент	Измеренный состав	Теоретический состав
Mg	27.35(30)	27.04
Cl	10.04(12)	9.85
(O + H)	62.61*	63.11
Сумма	100.00	100.00

Примечание. * — (O + H) рассчитано по разности.

Таблица 2

Дифрактограмма порошка непскоита
X-ray powder analysis data for nepskoite

Непскоит				Коршуновскит (Малинко и др., 1982)	
<i>I</i>	$d_{изм}$	$d_{выч}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$d_{изм}$
29	11.41	11.48	100	10	8.04
18	10.64	—	—	2	7.047
46	9.78	9.66	101	3—4	5.918
38	9.60	9.61	002	7	4.032
4	7.37	7.29	102	7—8	3.843
17	5.57	5.59, 5.60	200, 103	4	3.544
16	5.48	5.56	201	1	3.257
4	4.91	4.83	202	1—2	3.054
15	4.78	4.81	004	6	2.843
4	4.56	4.42	104	6	2.703
20	4.25	4.21	203	1	2.603
15	3.726	3.725	300	1—2	2.569
14	3.624	3.636	105	3	2.515
100	3.498	3.474	302	9	2.439
10	3.184	3.205	006	4	2.401
13	3.040	3.081	106	1—2	2.381
10	2.977	3.005	110	1	2.242
8	2.857	2.868	112	4—5	2.186
16	2.739	2.724	210	3	2.017
8	2.659	2.676	305	4	1.975
18	2.448	2.429	306	7	1.857
17	2.395	2.392	310	1	1.835
11	2.284	2.260	405	3—4	1.799
4	2.414	2.220	501	4	1.783
4	2.100	2.106	406	1	1.638
6	2.091	2.081	410	1—2	1.632
3	1.871	1.863	600	2	1.598
10	1.749	1.748, 1.746	513, 416	2	1.560
5	1.705	1.700	514	1	1.542
5	1.600	1.599	610	1—2	1.490
3	1.583	1.581	516	3—4	1.428
5	1.563	1.560	020	1—2	1.387
4	1.491	1.485	222	2—3	1.355

Эмпирическую формулу минерала можно представить в виде $MgCl_2 \cdot 6.95Mg(OH)_2 \cdot 11.45 H_2O$. Идеализированная формула непскоеита $MgCl_2 \cdot 7Mg(OH)_2 \cdot 12H_2O$, или $Mg_4Cl(OH)_7 \cdot 6H_2O$.

Методом микродифракции электронов было установлено, что минерал кристаллизуется в ромбической сингонии и принадлежит к одной из трех пространственных групп $Pcmm$, $Pcm2_1$ или $Pc2m$. Параметры ячейки, уточненные по рентгенограмме порошка, составляют $a = 11.215(9)$, $b = 3.124(3)$, $c = 19.21(3)$ Å, $V = 673(1)$ Å³. Число формульных единиц $Z = 2$. Волокна вытянуты вдоль оси b . Дифрактограмма непскоеита не имеет сходства с дифрактограммой коршуновскита (табл. 2) и синтетических основных хлоридов магния.

Образование непскоеита в соляных породах Непского месторождения связано, по-видимому, с процессом гидролиза хлорида магния (бишофита) во время диагенеза соляных осадков в слабощелочной среде, так же как образование каминита за счет гидролиза кизерита.

Эталонный образец минерала хранится в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН.

Работа выполнена по программе 94-05-17062-а Российского фонда фундаментальных исследований. Автор выражает благодарность В. А. Блинову, Д. И. Кринову, А. В. Сивцову, М. М. Карташову и И. М. Куликовой за участие в изучении свойств минерала.

Список литературы

- Аполлонов В. Н. Акцессорные минералы Непского месторождения калийных солей // Геохимия галогенеза. М.: Изд. МГУ, 1989. С. 67—71.
- Аполлонов В. Н. Минералы соляных толщ // Природа. 1990. № 2. С. 26—29.
- Аполлонов В. Н., Долинина Ю. В., Пущаровский Д. Ю. и др. Каминит из Непского месторождения калийных солей // Минер. журн. 1990. № 6. С. 79—81.
- Малинко С. В., Лисицын А. Е., Пурусова С. П. и др. Коршуновскит $Mg_2Cl(OH)_3 \cdot nH_2O$ — новый водный хлорид магния // ЗВМО. 1982. Вып. 3. С. 324—329.
- Янин А. Л., Жарков М. А. Фосфор и калий в природе. Новосибирск: Наука, 1986. 190 с.
- Bianco Y. Les chlorures et bromures basiques de magnesium // Ann. de Chim. 1958. 13 serie. T. 3 (Mai-Juin). P. 370—404.
- Hayton R. M., Kastner Y. Caminite: A new magnesium-hydroxide-sulfate-hydrate mineral found in a submarine hydrothermal deposit, East Pacific Rise, 21°N // Amer. Miner. 1986. Vol. 71. N 5—6. P. 819—825.

Поступила в редакцию
16 сентября 1996 г.