

© Д. чл. И. В. ПЕКОВ,* Д. К. ЩЕРБАЧЕВ,** Н. Н. КОНОНКОВА ***

БАРТОНИТ ИЗ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)I. V. PEKOV, D. K. SHCHERBACHEV, N. N. KONONKOVA. BARTONITE FROM LOVOZERO MASSIF
(KOLA PENINSULA)

* Московский государственный университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

** Всероссийский институт минерального сырья, 109017, Москва, Старомонетный пер., 31

*** Институт геохимии и аналитической химии РАН, 117975, Москва, ул. Косыгина, 19

Bartonite, a potassium iron sulfide represented by its chlorine-free variety, was, for the first time in Russia, found at Kedykverpakh Mt. in Lovozero alkaline massif, Kola Peninsula. The compact segregation of bartonite (as large as 13×6 mm) was detected occurring in a natrolite vein with ussingite, trona, etc. Chemical composition, X-ray powder pattern data, reflectance values and microindentation hardness of the Lovozero bartonite are given in the paper. Its empirical formula is: $(K_{5.48}Na_{0.06}Tl_{0.04})_{25.58}Fe_{21.48}S_{26.94}$. Tetragonal unit cell parameters are: $a = 10.448(1)$, $c = 20.670(4)$ Å. The phenomenon under discussion is the fractionation of alkali elements in hypergranitic pegmatites.

Бартонит — очень редкий сульфид калия и железа. Он был описан как новый минерал из меланократовых щелочных пород диатремы Койот Пик в округе Гумбольдт, Калифорния, США, где находится в ассоциации с пирротинном, пиритом, флогопитом, шорломитом, эгирином, нефелином, содалитом и натролитом, а иногда также с джерфшеритом, расвумитом, эрдитом, сфалеритом, леллингитом и магнетитом (Szamanske e. a., 1981). По структурным особенностям тетрагональный (пр. гр. $I4/mmm$, $a = 10.424$, $c = 20.626$ Å) бартонит, для которого выведена общая формула $K_{6-x}Fe_{24-y}S_{26}(S,Cl)_{1-x}$, оказался родственным кубическим пентландиту $(Fe,Ni)_9S_8$ и джерфшериту $K_6NaFe_{24}S_{26}Cl$ (Evans, Clark, 1981). Реальные составы калифорнийского минерала ближе всего отвечают формуле $K_6Fe_{21}S_{26}(S,Cl)$. Помимо этого «нормального» бартонита в породах Койот Пик зафиксированы его аналог с повышенным содержанием хлора, который Дж. Шамански с соавторами (Szamanske e. a., 1981) назвал Cl-бартонитом, предложив для него идеализированную формулу $K_6Fe_{20}S_{26}(S_{0.25}Cl_{0.75})$, и промежуточные члены с варьирующим S/Cl отношением, — см. табл. 1. Аналогичный хлорсодержащий минерал был найден недавно в Хибинском щелочном массиве на Кольском полуострове и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА как самостоятельный вид — хлорбартонит (устное сообщение В. Н. Яковенчука). Для этого минерала (IMA № 2000-048) предложена формула $K_6Fe_{24}S_{26}(Cl,S)$, установлена та же симметрия $I4/mmm$ и определены параметры элементарной ячейки: $a = 10.381$, $c = 20.614$ Å (Грайс, Феррарис, 2001).

Находка бартонита, практически не содержащего хлора, сделана одним из авторов (И. В. П.) в Ловозерском щелочном массиве на Кольском полуострове. Минерал обнаружен в пегматитовой жиле «Кедыкверпахк-16», вскрытой подземной выработкой в северо-западной части горы Кедыкверпахк. Эта субвертикальная жила мощностью до 20 см, секущая фойяит и малиньит, образована бесцветным крупнозернистым натролитом с небольшим количеством уссингита, гнездами троны и рентгеноаморфных гидросиликатов натрия. Бартонит встречен в виде мономинерального обособления, имеющего в сечении форму слегка искаженного ромба с длинами диагоналей 13 и 6 мм, которое вырастает в натролит у контакта с фойяитом и сложено плотным агрегатом мелких зерен неправильной формы. Цвет минерала в свежем изломе коричнево-черный, блеск металловидный. На воздухе бартонит тускнеет и приобретает бронзовый оттенок.

Химический состав нашего минерала, определенный с помощью электронно-зондового микроанализатора Camebax SX 50 на кафедре минералогии МГУ, близок к

Таблица 1

Химический состав (мас. %) минералов серии бартонита
Chemical composition (wt %) of bartonite series minerals

Компонент	Ловозеро (наши данные)			Койот Пик (Czamanske e. a., 1981)		
	ан. 1	ан. 2	ан. 3	ан. 4	ан. 5	ан. 6
Na	0.06	0.24	0.05	0.05	0.20	Н. п. о.
K	9.29	9.32	8.92	9.54	10.4	10.5
Tl	0.32	0.24	Не обн.	—	—	—
Fe	52.03	52.58	52.02	51.2	49.0	50.3
Co	Не обн.	0.09	Не обн.	0.11	Не обн.	Не обн.
Ni	» »	Не обн.	» »	0.19	0.04	0.25
Cu	» »	» »	» »	0.62	0.93	0.52
S	37.44	37.99	37.73	38.4	38.0	37.3
Cl	Не обн.	0.06	Не обн.	0.02	0.78	1.35
Сумма	99.13	100.52	98.72	100.13	99.35	100.22

Примечание. Ан. 1—5 — бартонит (ан. 5 — высокохлористая его разновидность); ан. 6 — хлорбартонит.

составу голотипа из Койот Пик (табл. 1). Содержание хлора в ловозерском бартоните очень низкое, из катионов-примесей обнаружены только Co, Tl (их концентрации близки к пределам обнаружения) и Na. Эмпирические формулы, рассчитанные на сумму атомов, равную 54, таковы (номера соответствуют табл. 1):

- 1 — $(K_{5.48}Na_{0.06}Tl_{0.04})_{\Sigma 5.58}Fe_{21.48}S_{26.94}$;
- 2 — $(K_{5.51}Na_{0.24}Tl_{0.03})_{\Sigma 5.68}(Fe_{21.48}Co_{0.03})_{\Sigma 21.39}(S_{26.89}Cl_{0.04})_{\Sigma 26.93}$;
- 3 — $(K_{5.28}Na_{0.05})_{\Sigma 5.33}Fe_{21.50}S_{27.17}$.

По общему характеру порошковой рентгенограммы и величинам параметров элементарной ячейки бартонит из Ловозера также мало отличается от своего калифорнийского аналога. Однако наша картина содержит ряд рефлексов, которых нет в опубликованной Дж. Шамански с соавторами (Czamanske e. a., 1981) порошковой рентгенограмме. На основе набора координат атомов в структуре минерала из Койот Пик (Evans, Clark, 1981) нами с использованием компьютерной программы LAZY PULVERIX (Yvon e. a., 1977) рассчитана теоретическая рентгенограмма, подтверждающая, что присутствующие на дебаеграмме ловозерского образца «дополнительные» отражения действительно принадлежат бартониту (табл. 2). Таким образом, получены новые рентгенометрические данные об этом сульфиде.

В аншлифе бартонит из Ловозера коричневатый-серый, слабо анизотропный. Его отражательная способность несколько ниже, чем у калифорнийского минерала, и характер их спектров отражения немного различается (табл. 3). Твердость микровдавливания ловозерского бартонита измерена на пенетрометре Reichert. Ее дисперсия составляет от 92 кг/мм² при нагрузке 100 г до 136 кг/мм² при нагрузке 10 г. Среднее значение микротвердости — 116 кг/мм² (нагрузка 25 г).

Интересна находка бартонита — высококалиевого и при этом практически безнатриевого сульфида — в гипернатриевых дифференциатах апаитовых пород Ловозера. В сходных с описанной жилой пегматитах этого массива известны и другие безводные достаточно высокотемпературные калиевые минералы, практически не содержащие натрия — расвумит, микроклин почти идеального состава, тайниолит и полилитионит. В то же время натриевые минералы в этом парагенезисе в подавляющем большинстве практически лишены калия, а в тех минералах, где содержатся оба этих катиона, наблюдается строгое разделение их по разным позициям структуры (например, в минералах ряда нептунит—манганнептунит). В данных образованиях распространены и литиевые минералы — это тайниолит, полилитионит и

Таблица 2

Результаты расчета порошковых рентгенограмм и параметры элементарной ячейки бартонита
X-ray powder data and unit cell parameters of bartonite

Ловозеро (наши данные)*				Койот Пик (Czarnanske e. a., 1981)		hkl
$I_{изм}$	$d_{изм}, \text{Å}$	$I_{выч}$	$d_{выч}, \text{Å}$	$I_{изм}$	$d_{изм}, \text{Å}$	
				15	10.31	002
90	9.27	53	9.325	27	9.31	101
40	7.18	12	7.387	8	7.38	110
90	5.99	52	6.010	77	5.99	112
				8	5.74	103
5	5.03	1	5.168			004
10	4.58	1	4.557			211
20	3.82	4	3.844			105
60	3.47	3	3.445	12	3.428	006
		11	3.434			301
60	3.31	9	3.304	15	3.296	310
70	3.17	26	3.147	27	3.139	312
				15	3.116	116
				10	3.102	303
100	3.00	100	3.005	100	2.998	224
25	2.84	4	2.870	8	2.863	321
		7	2.842	6	2.837	107
30	2.64	1	2.663			305
30	2.54	3	2.532			402
		5	2.515	6	2.510	411
80	2.40	15	2.400	17	2.389	332
		34	2.385	25	2.379	316
30	2.08	3	2.081	8	2.075	406
		2, 4	0.079			501, 431
		2	0.068			327
40	1.97	2	2.003	6	2.00	336
		4	1.991	6	1.987	1.1.10
50	1.94	1	1.934			426
		1	1.932			521
		3	1.923			417
				4	1.860	435, 505
100	1.84	40	1.847	25	1.841	440
		77	1.837	40	1.833	408
20	1.77	3	1.766			532
		4	1.761			516
20	1.72	3	1.706	8	1.698	437
		3	1.702			419
10	1.65	1	1.631			622
		1	1.628			446
30	1.58	2	1.590			536
		2	1.588			543
20	1.57	17	1.574	12	1.570	624
				4	1.557	2.2.12
5	1.488	1	1.489			701

Таблица 2 (продолжение)

Ловозеро (наши данные)*				Койот Пик (Czarnanske e. a., 1981)		hkl
$I_{изм}$	$d_{изм}, \text{Å}$	$I_{выч}$	$d_{выч}, \text{Å}$	$I_{изм}$	$d_{изм}, \text{Å}$	
5	1.476	1	1.482			529
10	1.450	4	1.463	2	1.459	712
		2	1.448			1.1.14
		2	1.446			3.0.13
5	1.434	1	1.432			721
5	1.412	1	1.421			2.0.14
10	1.360	2	1.360			732
40	1.305	12	1.306	2	1.302	800
30	1.293	1	1.293	2	1.288	811
		6	1.292			0.0.16
30	1.278	7	1.275	2	1.272	736
20	1.197	1, 4	1.198			5.1.14, 664
		7	1.192			6.2.12
10	1.143	4	1.146			756
10	1.124	3	1.129			749
80	1.066	46	1.064			848
60	1.061	23	1.059			4.4.16

Параметры тетрагональной ячейки

10.448 (1)	10.424 (1)	$a, \text{Å}$
20.670 (4)	20.626 (1)	$c, \text{Å}$
2257 (1)	2241.2 (3)	$V, \text{Å}^3$

Примечание.* — условия съемки: УРС-50, камера РКД-57.3, FeK-излучение.

Таблица 3

Коэффициенты отражения бартонита
Reflectance values of bartonite

Ловозеро (наши данные)*		Койот Пик (Czarnanske e. a., 1981)		Длина волны, нм
$R_1, \%$	$R_2, \%$	$R_1, \%$	$R_2, \%$	
15.1	14.5	21.7	18.3	400
14.2	14.1	16.7	14.4	420
12.9	13.9	17.7	17.2	440
12.3	14.2	18.4	18.6	460
12.5	14.7	19.4	19.5	480
12.8	15.2	19.7	20.6	500
13.3	15.7	20.3	21.4	520
13.8	16.3	20.9	21.8	540
14.5	16.9	21.9	22.7	560
15.0	17.6	22.7	23.2	580
15.6	18.4	23.4	23.7	600
16.3	19.1	23.9	24.3	620
17.2	19.8	24.7	25.1	640
18.1	20.7	25.0	25.5	660
19.0	21.5	25.2	26.1	680
19.4	21.9	26.4	26.5	700

Примечание.* — измерено на автоматическом микроспектрофотометре МСФП, эталон — аттестованный на ЛОМО кремний.

нептуниты, реже встречаются Li-Na фосфаты — олимпит и налипоит. Li в их структурах четко обособляется, полностью занимая соответствующие позиции, и не проявляет тенденций к изоморфизму с другими катионами. Эти факты свидетельствуют о глубоком фракционировании щелочных металлов в высокотемпературных «сухих» ультраапатитовых системах. Очевидно, основная причина этого явления заключается в структурных особенностях формирующихся здесь минералов: большинство из них характеризуется «жесткими» (в терминологии Ю. А. Пятенко) высокоупорядоченными кристаллическими постройками, в которых широкий изоморфизм между такими разными по размеру катионами, как например Na и K, весьма маловероятен.

Ловозерская находка бартонита является первой для России и, вероятно, второй в мире. Работа выполнена при поддержке гранта ведущей научной школы № 00-15-98-497.

Список литературы

- Грайс Дж. Д., Феррарис Дж. Новые минералы, утвержденные КНМНМ ММА в 2002 г. // ЗВМО. 2001. № 4. С. 56—60.
- Czarnanske G. K., Erd R. C., Leonard B. F., Clark J. R. Bartonite, a new potassium iron sulfide mineral // Amer. Miner. 1981. Vol. 66. P. 369—375.
- Evans H. T., j, Clark J. R. The crystal structure of bartonite, a potassium iron sulfide, and its relationship to pentlandite and djerfisherite // Amer. Miner. 1981. Vol. 66. P. 376—384.
- Yvon K., Jeitschko W., Parthe E. LAZY PULVERIX — a computer program, for calculating X-ray and neutron diffraction powder patterns // J. Appl. Crystallogr. 1977. Vol. 10. P. 73—74.

Поступила в редакцию
26 июня 2002 г.

УДК 549.642(470.21)

ЗВМО, № 3, 2003 г.
Zapiski VMO, N 3, 2003

© Д. Р. ЗОЗУЛЯ, д. чл. Б. В. ГАВРИЛЕНКО, д. чл. Е. Э. САВЧЕНКО

КОСМОХЛОР (NaCrSi₂O₆) ИЗ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ОСАДКОВ ТЕРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

D. R. ZOZULYA, B. V. GAVRILENKO, Ye. E. SAVCHENKO. KOSMOCHLOR (NaCrSi₂O₆)
FROM COASTAL SEDIMENTS OF TERSKY COAST IN THE WHITE SEA, KOLA PENINSULA

Геологический институт Кольского научного центра РАН, 184200, Анатиты, Ферсмана, 14. E-mail: zozulya@geoksc.apatity.ru

Kosmochlor is an extremely rare mineral firstly found in several iron meteorites and, on the Earth, in a single jade deposit at Burma. By composition, the mineral is a sodium chromium pyroxene NaCrSi₂O₆. The paper displays morphological description, X-ray structural data and chemical composition of the kosmochlor grain for the first time found in Russia: in coastal sediments at the northern — Tersky coast of the White Sea, Kola Peninsula. The finding was made in a schlich sample during the prospecting for diamonds in Quaternary deposits of the region. The isometric grain is as large as 0.17 × 0.15 × 0.15 mm, it has the emerald-green color. The mineral composition (wt %): SiO₂ — 52.31, TiO₂ — 0.05, Al₂O₃ — 1.86, Cr₂O₃ — 25.57, FeO — 1.29, MnO — 0.01, MgO — 2.79, CaO — 4.33, Na₂O — 11.73, V₂O₅ — 0.10. The empirical formula of Tersky kosmochlor is Na_{0.85}Ca_{0.17}Cr_{0.76}Mg_{0.16}Al_{0.05}Fe_{0.04}[Si_{0.97}Al_{0.03}O₆]. Comparative study shows that the mineral is chemically similar to the kosmochlor from meteorites. The grain contains the thin micro-veinlet inclusions of high-chromium diopside (2.8—3.4 % Cr₂O₃) with chemistry similar to pyroxenes associating diamonds in kimberlites. According to experimental data the mineral association of kosmochlor and chrome-diopside takes place at the pressure as high as 25 kbar, but relatively low temperature (800—850 C). It is assumed that the most possible source of Tersky kosmochlor could be the deep-seated xenoliths from kimberlite and alkaline-ultramafic explosive pipes of Arkhangelsky and/or Kola regions.