

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 КНММ ММА в 2002 г. // ЗВМО. 2001. № 4. С. 56—60.
- Czamanske 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 ($\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$) ИЗ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ОСАДКОВ ТЕРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

D. R. ZOZULYA, B. V. GAVRILENKO, Ye. E. SAVCHENKO. KOSMOCHLOR ($\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$)
FROM COASTAL SEDIMENTS OF TERSKY COAST IN THE WHITE SEA, KOLA PENINSULA

Геологический институт Кольского научного центра РАН, 184200, Апатиты, 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 $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$. 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 $0.17 \times 0.15 \times 0.15$ mm, it has the emerald-green color. The mineral composition (wt %): SiO_2 — 52.31, TiO_2 — 0.05, Al_2O_3 — 1.86, Cr_2O_3 — 25.57, FeO — 1.29, MnO — 0.01, MgO — 2.79, CaO — 4.33, Na_2O — 11.73, V_2O_5 — 0.10. The empirical formula of Tersky kosmochlor is $\text{Na}_{0.85}\text{Ca}_{0.17}\text{Cr}_{0.76}\text{Mg}_{0.16}\text{Al}_{0.05}\text{Fe}_{0.04}[\text{Si}_{0.97}\text{Al}_{0.03}\text{O}_6]$. 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 % Cr_2O_3) 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.

Космохлор — чрезвычайно редкий минерал, обнаруженный ранее лишь в нескольких метеоритах, а в земных условиях — в единственном месторождении жада в Бирме. Найденный в прибрежно-морских осадках на Терском побережье Белого моря (юго-восток Кольского полуострова) космохлор является на сегодня первой находкой в России.

Впервые космохлор был обнаружен и проанализирован в железном метеорите Toluca, Мексика (Laspeyres, 1897). Минерал включен в троилитовые нодулы в виде мелких пластинчатых обособлений размером 0.3×0.4 мм, толщиной не более 0.1 мм и покрыт клифтонитовой (графитовой) оболочкой. Позднее этот же образец, а также натриевый хромовый силикат, включенный в добреелит FeCr_2S_4 , из железного метеорита Coahuila, были исследованы более точными методами и было предложено для них новое название — юриит (FrondeI, Klein, 1965). Сегодня последнее название дискредитировано и после тщательной ревизии материалов из метеоритов оставлено первоначальное название — космохлор (Souper e. a., 1981). По данным электронных минералогических Webсайтов, космохлор обнаружен в метеоритах Hex River Mountains и Canyon Diablo, Северная Америка (www.webmineral.com, www.azminerals.com и др.).

В Бирме минерал обнаружен в жадах, образовавшихся в ходе контактового метаморфизма при внедрении плагиогранитной дайки в перидотиты и серпентиниты (Harlow, Olds, 1983; Yang, 1984; Mevel, Kienast, 1986). Космохлор представлен здесь тончайшими волокнами длиной 0.05—0.1 мм, реже до 2.00 мм, в сростании с щелочным амфиболом (высокохромистые эккерманит-глаукофаны), жадеитом и хромитом. Геологические условия местонахождения (региональный метаморфизм вмещающих пород, минеральный парагенезис) указывают на то, что космохлор образовался при высоких давлениях (около 10 кбар) и низких температурах.

Так называемые «высокоюриитовые» диопсиды с содержанием компонента $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ от 10 до 45 % обнаружены в кимберлитах Якутской и Архангельской алмазоносных провинций (Sobolev e. a., 1975; Архангельская..., 2000). В большинстве случаев такой пироксен находится в сростках с алмазами или включен в них, что отвечает на фазовых диаграммах полю стабильности алмаза при весьма высоких давлениях. Именно в высокобарических условиях происходит перераспределение хрома из оксидных фаз в силикаты — пироп и пироксен (Соболев, Соболев, 1967).

Космохлор найден нами в прибрежно-морских осадках Терского побережья Кольского полуострова в междуречье ручья Скакунский и реки Пулонга при штиховом опробовании на алмазы и его минералы-спутники. Следует отметить, что названный район перспективен на обнаружение россыпных проявлений алмазов и коренных кимберлитовых трубок (Гавриленко и др., 2000, 2002). Тяжелая фракция пробы 50/3, в которой был обнаружен космохлор, состоит в основном из граната, пироксена, амфибола, эпидота и ильменита. Из минералов-спутников алмаза в ней были найдены зерна хром-диопсида с содержанием Cr_2O_3 0.5—1.9 %.

Морфологически космохлор представляет собой зерно изометричной формы размером $0.17 \times 0.15 \times 0.15$ мм (рис. 1), изумрудно-зеленого цвета, прозрачное. Поверхность зерна неровная, с выбоинами и не несет следов окатанности. Характер поверхности указывает на весьма близкий коренной источник (первые десятки километров). По форме и размерам обнаруженное зерно космохлора отличается от формы выделений минерала из метеоритов и жадов, где он преимущественно образует либо тончайшие пластинки, либо волокна. Дебаеграмма исследованного космохлора по набору межплоскостных расстояний и интенсивностей отражений сопоставима с таковыми для образцов космохлора из метеоритов и жадов (табл. 1).

Химический состав космохлора (табл. 2) определен на рентгеновском микроанализаторе MS-46 фирмы Самеса. Использовались следующие эталоны: природные диопсид (Si, Ca), анатаз (Ti), хромит (Cr), гематит (Fe), лоренценит (Na), деклазит (V), синтезированные $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}(\text{Al})$, $\text{MnCO}_3(\text{Mn})$. Ускоряющее напряжение 22 кВ, ток зонда от 20 до 40 нА. Для сравнения приведены некоторые наиболее точные и

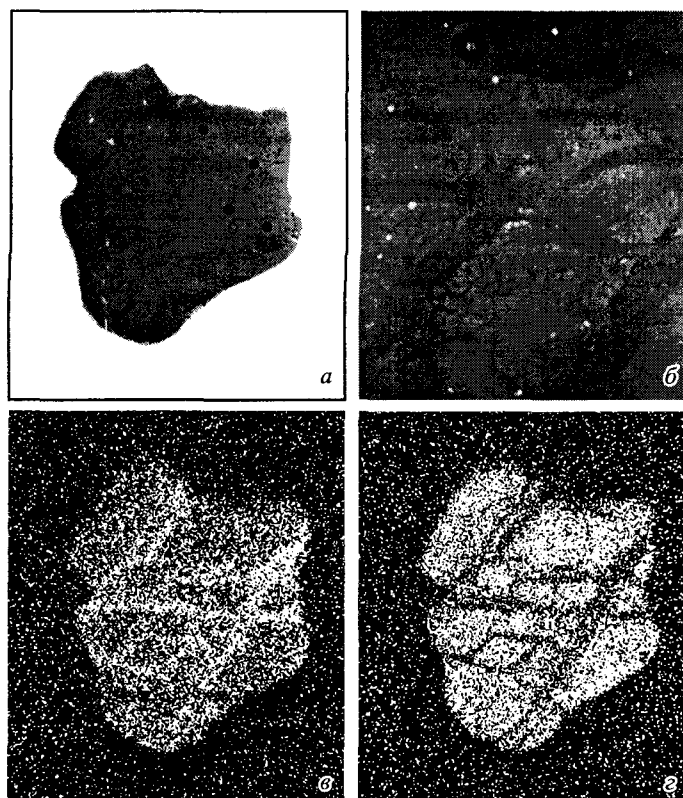


Рис. 1. Зерно космохлора из прибрежно-морских осадков Терского побережья Белого моря.
a — РЭМ-фото зерна, увел. 180; *б* — РЭМ-фото фрагмента зерна, иллюстрирующее распределение прожилков хромдиоксида (темно-серое) в космохлоре, увел. 880; *в*, *г* — изображение зерна в характеристическом рентгеновском излучении Са, Cr соответственно (видны прожилки хром-диоксида), увел. 180. Полированный шлиф.

Fig. 1. The grain of kosmochlor from the coastal sediments of Tersky Coast of the White Sea.

полные анализы космохлора из метеоритов, из жадов Бирмы и образцов пироксена с высоким содержанием космохлорового компонента из кимберлитов (табл. 3).

Минерал из рыхлых отложений Терского побережья соответствует по составу твердому раствору в основном трех главных компонентов: космохлора (75 %), диоксида (15 %), жадеита (10 %). По сравнению с ранее изученными космохлорами минерал содержит повышенное количество диоксидового компонента. От космохлора из жадов его надежно отличают повышенное количество магния и пониженные количества железа и алюминия. На диаграммах зависимости Na_2O от Al_2O_3 , Cr_2O_3 , FeO и CaO от MgO (рис. 2) исследуемый минерал попадает в поле метеоритных космохлоров, но в отличие от последних имеет повышенное содержание магния, кальция, алюминия и резко пониженное — титана. Интересным является его промежуточное по содержанию диоксидового компонента положение между метеоритным космохлором и «высокоюриитовым» диоксидом из кимберлитов. Это, наряду с несколько повышенным высокобарическим жадеитовым компонентом, не исключает его первичной кимберлитовой природы.

Тщательное микрозондовое и электронно-микроскопическое (РЭМ НІТАСНІ S-430 с энергодисперсионным спектрометром LINK серии 860) изучение зерна космохлора позволило обнаружить в нем многочисленные включения хром-диоксида в виде сложной сети прожилков (рис. 1). Видимая ширина прожилков колеблется от 0.8 до 7.6 мкм. Хром-диоксид (мол.%) содержит в своем составе (табл. 2) диоксид (60), жадеит (20), акмит (10), космохлор (10). Он соответствует «юриитовым» (вы-

Таблица 1

**Идентификация рентгенограммы зерна космохлора (обр. 50/3) из прибрежно-морских осадков
Терского побережья Белого моря**
**Identification of roentgenogram of the kosmochlor grain from coastal sediments of the White Sea Tersky
coast (sample 50/3)**

Обр. 50/3				Космохлор из жада (Yang, 1984)			Космохлор из метеорита (Couper e. a., 1981)		
<i>hkl</i>	I_0	$D_{изм}$	$D_{расч}$	<i>hkl</i>	I_0	$D_{изм}$	<i>hkl</i>	I_0	$D_{изм}$
110			6.314	110	6	6.28	110	5	6.36
020			4.373	020	7	4.35	020	4	4.39
				021	1	3.257			
220			3.157	220	1	3.121	220	1	3.20
22 $\bar{1}$	10	2.974	2.964	22 $\bar{1}$	10	2.942	22 $\bar{1}$	10	2.97
310, 31 $\bar{1}$	6	2.868	2.873	311	9	2.857	310, 31 $\bar{1}$	8	2.89
			2.867						
002	8	2.499	2.515	002	8	2.508	11 $\bar{2}$, 002	9	2.492
221	3	2.459	2.455	221	5	2.441	221	7	2.463
				311	1	2.227			
040, 122	4ш	2.179	2.187	112	3	2.181	040, 122	7	2.192
330, 33 $\bar{1}$	5ш	2.098	2.105	33 $\bar{1}$	2	2.085	330, 33 $\bar{1}$	7	2.109
			2.102						
420	3ш	2.017	2.022				420	5	2.023
				041	1	1.988			
				13 $\bar{2}$	1	1.943			
24 $\bar{1}$			1.922	24 $\bar{1}$	1	1.941	24 $\bar{1}$	2	1.931
42 $\bar{2}$			1.830						
421, 150			1.725	150	1	1.704	421, 150	4	1.720
			1.718						
042	2	1.658	1.650				042	3	1.650
22 $\bar{3}$	5	1.625	1.626	22 $\bar{3}$	4	1.621	22 $\bar{3}$	6	1.627
44 $\bar{1}$, 151			1.604				44 $\bar{1}$, 151	6	1.601
			1.598	53 $\bar{1}$	1	1.590			
440			1.578				440	2	1.577
600, 350			1.521						
35 $\bar{1}$, 60 $\bar{2}$	4	1.513	1.516				600, 350, 35 $\bar{1}$, 60 $\bar{2}$	4	1.521
42 $\bar{3}$	6	1.501	1.501				42 $\bar{3}$	5	1.501
				13 $\bar{3}$	1	1.492			
242, 060			1.463	060	1	1.445			
15 $\bar{2}$, 51 $\bar{3}$	1	1.456	1.457				242, 060, 15 $\bar{2}$, 51 $\bar{3}$	3	1.457
620	1	1.434	1.436				620	1	1.438
351			1.393				351, 35 $\bar{2}$, 260	6	1.391
35 $\bar{2}$, 260	5ш	1.389	1.389	35 $\bar{2}$	1	1.386			
26 $\bar{1}$, 223	1	1.375	1.371	24 $\bar{3}$	1	1.361	26 $\bar{1}$, 24 $\bar{3}$, 223	3	1.371
24 $\bar{3}$			1.367						
20 $\bar{4}$	4	1.314	1.317				20 $\bar{4}$, 53 $\bar{3}$, 71 $\bar{2}$	5	1.320

Примечание. Дебаграмма получена с монокристалла в камере РКД-57.3 мм, Fe-излучение, $I = 16\text{мА}$, $V = 45\text{кВ}$. Аналитик Богданова А. Н. (Геологический институт КНЦ РАН).

Таблица 2

Химический состав (мас. %) космохлора из прибрежно-морских осадков
Терского побережья Белого моря

Chemical composition (wt %) of kosmochlor from coastal sediments, Tersky Coast of the White Sea

№ обр.	Космохлор, обр. 50/3						Включения диопсида в космохлоре, обр. 50/3			
	1	2	3	4	5	среднее	6	7	8	среднее
SiO ₂	53.51	50.40	53.01	52.14	52.48	52.31	56.63	54.18	55.14	55.32
TiO ₂	0.04	0.07	0.07	0.04	0.02	0.05	0.04	0.03	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	2.11	1.31	2.13	1.64	2.12	1.86	5.10	4.14	4.50	4.58
Cr ₂ O ₃	22.48	28.80	23.91	29.41	23.24	25.57	2.76	3.16	3.38	3.10
FeO	1.46	1.00	1.47	0.83	1.70	1.29	3.44	4.24	3.30	3.66
MnO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.10	0.09	0.09
MgO	3.09	1.93	3.33	1.53	4.07	2.79	10.47	11.10	11.40	10.99
CaO	5.47	4.18	4.96	1.89	5.16	4.33	17.26	18.54	17.94	17.91
Na ₂ O	10.64	12.82	11.19	12.93	11.09	11.73	4.69	3.66	4.77	4.37
V ₂ O ₅	0.12	0.13	0.09	0.09	0.09	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Сумма	98.95	100.64	100.16	100.50	100.04	100.04	100.46	99.15	100.52	100.04

Количества катионов в пересчете на 6 (O)

Si	2.010	1.912	1.979	1.958	1.966	1.965	2.032	1.994	1.994	2.007
Ti	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Al	0.094	0.059	0.094	0.073	0.093	0.082	0.216	0.180	0.192	0.196
Cr	0.668	0.864	0.706	0.873	0.688	0.759	0.078	0.092	0.097	0.089
Fe	0.047	0.032	0.045	0.026	0.053	0.041	0.103	0.131	0.100	0.111
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.003	0.003
Mg	0.173	0.109	0.185	0.085	0.227	0.156	0.560	0.609	0.615	0.594
Ca	0.220	0.170	0.198	0.076	0.207	0.174	0.664	0.731	0.695	0.696
Na	0.775	0.943	0.810	0.942	0.805	0.854	0.326	0.261	0.335	0.307
V	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000

Примечание. Приведены точечные определения по площади зерна космохлора (1—5) и разных прожилков диопсида (6—8) и рассчитаны их средние значения. Точки измерений показаны на рис. 1, а.

сокохромистым) диопсидам из кимберлитов с повышенным содержанием жадеитового компонента (Stephens, Dawson, 1977). Следует отметить, что диопсиды с таким высоким содержанием космохлорового и жадеитового компонентов в метеоритах не обнаружены. Хром-диопсиды из метеоритов высокомагнезиальны (95 % и более диопсидового компонента) и содержат не более 1 % Cr₂O₃ (Wasson, 1974). Имеющийся в наличии материал не позволяет нам сделать окончательный вывод о том, является ли сонахождение исследованных двух минералов в одном зерне результатом распада твердого раствора или процесса замещения. В любом случае данный минеральный парагенезис не наблюдался ранее ни в метеоритах, ни в земных породах. Судя по экспериментальным данным (Ikeda, Yagi, 1972; Vredevoogt, Forbes, 1975), между космохлором и диопсидом не существует гомогенного твердого раствора, а минеральный парагенезис космохлор+диопсид с содержанием Cr₂O₃ в диопсиде 2.8—3.4 % образуется в присутствии воды при давлении около 25 кбар и температуре, не превышающей 800—850 С. В пользу глубинного происхождения космохлора дополнительно свидетельствует повышенное количество алюминия в исследуемом минерале, а согласно экспериментальным данным, при давлении более 18 кбар включение жадеита в космохлор не ограничено (Abs-Wurmbach, Neuhaus, 1976).

Таблица 3

Химические составы (мас. %) космохлора и высокохромистого диопсида из метеоритов и земных пород
Chemical composition (wt %) of kosmochlor and high-chromium diopside from meteorites and terrestrial rocks

№ обр.	Космохлор																	Высокохромистый диопсид из кимберлитов (Архангельская..., 2000; Sobolev e. a., 1975)					
	из метеоритов (Frondel, Klein, 1965; Couper e. a., 1981)					из жадов, Бирма (Yang, 1984; Mevel, Kienast, 1986)												18	19	20	21	22	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
SiO ₂	54.10	56.0	55.5	53.62	Н. о.	54.79	52.58	55.89	55.50	55.56	55.03	54.33	53.33	55.73	53.31	54.58	54.63	54.60	55.50	55.70	55.90	54.70	54.70
TiO ₂	2.77	Н. о.	Н. о.	2.88	» »	0.02	0.01	0.03	0.06	0.06	0.04	0.02	0.03	0.00	0.05	0.01	0.07	0.05	0.19	0.07	0.06	0.15	0.17
Al ₂ O ₃	0.87	0.0	0.0	0.00	» »	4.49	2.32	4.55	8.18	4.10	2.31	2.20	3.45	7.30	2.98	8.42	8.02	4.44	3.14	5.50	5.72	5.02	4.56
Cr ₂ O ₃	26.00	22.6	30.6	27.02	26.4	23.50	29.37	20.16	16.30	22.05	28.00	26.30	29.58	20.66	28.67	16.92	18.05	7.92	11.80	8.07	8.17	10.20	15.60
FeO	0.56	0.4	0.2	0.00	Н. о.	3.21	2.98	3.09	5.72	3.30	2.41	2.01	0.57	3.00	1.04	3.67	2.01	1.84	1.68	2.67	2.75	1.90	1.73
MnO	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.	» »	0.01	0.00	0.06	0.05	0.03	0.00	0.02	0.06	0.10	0.13	0.00	0.00	0.10	0.05	0.08	0.10	0.07	0.09
MgO	1.46	5.4	0.8	1.63	1.2	0.35	0.54	0.84	0.58	0.62	0.26	0.27	0.32	0.14	0.16	1.08	1.41	12.30	9.27	9.97	10.2	8.92	6.25
CaO	1.59	3.7	1.7	2.28	2.1	0.45	0.31	0.55	0.99	0.66	0.42	0.37	0.49	0.15	0.17	1.13	2.02	11.80	10.60	9.00	8.96	8.72	6.21
Na ₂ O	12.80	11.6	11.6	12.57	11.0	12.92	11.49	14.64	12.51	13.20	11.52	14.30	13.96	14.59	13.87	13.41	13.34	5.93	7.07	7.44	7.78	7.85	10.10
Сумма	100.15	99.7	100.4	100.00		99.74	99.60	99.84	99.89	99.58	99.99	99.82	101.79	101.67	100.38	99.22	99.57	98.98	99.30	98.50	99.64	97.57	99.41

Количества катионов в пересчете на 6 (O)																							
Si	2.02	2.07	2.06	2.06		2.034	1.986	2.064	2.033	2.060	2.045	2.036	1.961	1.999	1.984	1.990	1.990	1.987	2.023	2.028	2.015	2.016	2.007
Ti	0.09	Н. о.	Н. о.	0.09		0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.007	0.002	0.002	0.007	0.004
Al	0.04	0.00	0.00	0.00		0.196	0.103	0.198	0.353	0.179	0.101	0.097	0.149	0.309	0.130	0.362	0.365	0.190	0.136	0.236	0.243	0.217	0.199
Cr	0.77	0.66	0.90	0.82		0.690	0.877	0.589	0.472	0.646	0.823	0.779	0.860	0.586	0.844	0.477	0.520	0.228	0.342	0.232	0.233	0.297	0.435
Fe	0.02	0.01	0.01	0.00		0.100	0.094	0.095	0.175	0.102	0.075	0.063	0.018	0.090	0.032	0.112	0.061	0.056	0.053	0.081	0.085	0.058	0.053
Mn	Н. о.	Н. о.	Н. о.	Н. о.		0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.000	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Mg	0.08	0.30	0.03	0.09		0.019	0.030	0.046	0.032	0.034	0.014	0.015	0.018	0.007	0.009	0.059	0.077	0.667	0.504	0.543	0.548	0.490	0.342
Ca	0.06	0.15	0.07	0.09		0.018	0.013	0.022	0.039	0.026	0.017	0.015	0.019	0.006	0.007	0.044	0.079	0.460	0.414	0.350	0.348	0.343	0.245
Na	0.93	0.83	0.84	0.91		0.930	0.841	1.048	0.889	0.949	0.830	1.039	0.995	1.015	1.001	0.948	0.942	0.418	0.504	0.521	0.542	0.563	0.718

Примечание. 18 — из кимберлитовой трубки им. М. В. Ломоносова, Архангельская провинция; 19—23 — из кимберлитовых трубок Мир и Удачная, Якутская провинция. Н. о. — не определялось.

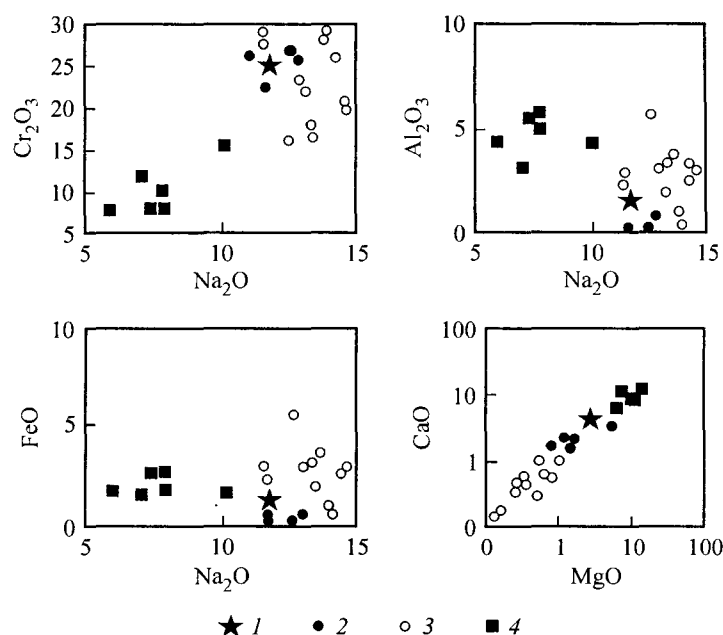


Рис. 2. Составы космохлора из прибрежно-морских осадков Терского побережья Белого моря (1), метеоритов (2), жадов (3) и высокохромистых диопсидов из кимберлитов (4) на диаграммах $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O}-\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O}-\text{FeO}$ и $\text{CaO}-\text{MgO}$.

Fig. 2. Compositions of kosmochlor from the coastal sediments of the White Sea (1), meteorites (2) and jades (3), and the high-chromium diopsides from the kimberlites (4) on diagrams $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O}-\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O}-\text{FeO}$ and $\text{CaO}-\text{MgO}$.

Таким образом, обнаруженный в прибрежно-морских осадках Терского побережья Белого моря космохлор по своему химическому составу близок к космохлору из метеоритов, но по ряду косвенных признаков (форма выделения, набор и количество основных и примесных элементов, высокobarическая минеральная ассоциация) не исключается его глубинная верхнемантийная природа. Наиболее вероятно, что материнской породой для космохлора были ксенолиты из кимберлитовых или щелочно-ультраосновных трубок взрыва Архангельской провинции (Зимний берег) или восточной части Кольского полуострова.

Список литературы

- Архангельская алмазоносная провинция / Под ред. О. А. Богатикова. М.: Изд-во МГУ, 2000. 524 с.
- Гавриленко Б. Ф., Митрофанов Ф. П., Зозуля Д. Р. и др. Перспективы россыпной алмазоносности Кольского региона // Вестник МГТУ. 2000. Т. 3. № 2. С. 235—244.
- Гавриленко Б. Ф., Корсакова О. П., Зозуля Д. Р. О возможности формирования россыпей алмазов на юго-востоке Кольского полуострова. Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова. Т. 2. Апатиты, 2002. С. 13—22.
- Соболев В. С., Соболев Н. В. О хроме и хромсодержащих минералах в глубинных ксенолитах кимберлитовых трубок // Геол. рудн. местор. 1967. Т. IX. № 2. С. 10—16.
- Abs-Wurmbach I., Neuhaus A. Das System $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (Jadeit)— $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ (Kosmochlor) in Druckbereich von 1 bar bis 25 Kbar bei 800 C // Neues Jb. Miner. Abh. 1976. Vol. 127. P. 213—241.
- Couper A. G., Hey M. H., Hutchison R. Cosmochlore — a new examination // Miner. Mag. 1981. Vol. 44. P. 265—267.
- Ikeda K., Yagi K. Synthesis of kosmochlor and phase equilibria in the join $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6-\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ // Contrib. Miner. Petrol. 1972. Vol. 36. P. 63—72.
- Frondel C., Klein C. Ureyite, $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$: A new meteoritic pyroxene // Sci. 1965. Vol. 149. P. 742—744.
- Harlow G. E., Olds E. P. Terrestrial ureyite: occurrence and significance // EOS. 1983. Vol. 64. P. 353.
- Laspeyres H. Die steinigen Gemengteile im Meteoriten von Toluca in Mexico // Z. Krist. 1897. Vol. 27. P. 586—600.

- Mevel C., Kienast J.-R. Jadeite-kosmochlor solid solution and chromian sodic amphiboles in jadeitites and associated rocks from Tawmaw (Burma) / Bull. Miner. 1986. Vol. 109. P. 617—633.
- Sobolev V. S., Sobolev N. V., Lavrent'ev Yu. G. Chrome-rich clinopyroxenes from the kimberlites of Yakutia / Neues Jb. Miner. Abh. 1975. Vol. 123. P. 213—218.
- Stephens W. S., Dawson J. B. Statistical comparison between pyroxenes from kimberlites and their associated xenoliths / J. Geol. 1977. Vol. 85. P. 433—449.
- Vredevoogt J. J., Forbes W. C. The system diopside—ureyite at 20 kbar / Contrib. Miner. Petrol. 1975. Vol. 52. P. 147—156.
- Wasson J. T. Meteorites. New York, Springer-Verlag, 1974. 316 p.
- Yang C. M. O. Terrestrial source of ureyite / Amer. Miner. 1984. Vol. 69. P. 1180—1183.

Поступила в редакцию
14 декабря 2002 г.

УДК 549.612 : 553.411.071 (470)

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

© О. Е. КУДРЯВЦЕВА, И. А. БАКСШЕЕВ

ВАРИАЦИИ СОСТАВА ТУРМАЛИНА БЕРЕЗОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СРЕДНИЙ УРАЛ

O. E. KUDRYAVTSEVA, I. A. BAKSHEEV. VARIATIONS IN COMPOSITION OF TOURMALINE
FROM BEREZOVSKOYE GOLD ORE DEPOSIT, THE MIDDLE URALS

Московский университет, геологический факультет, 119992, Москва, Воробьевы горы;
e-mail: mineral@geol.msu.ru

Tourmalines in Berezovskoye ore field occur in the prior to gold oreforming metasomatites of propylite and beresite-listwaenite formations, and associated carbonate-quartz veins. They are represented by two mineral species: magnesiofoitite and dravite. Tourmalines from the quartz veins located within the apo-hyperbasite talc-carbonate propylites are enriched in Cr (up to 1.56 apfu) and Ni (up to 0.53 apfu). It is probable that the Cr-rich ones were formed in replacing the chromium spinelides, and enrichment in Ni relates to replacement of the Ni-bearing serpentine. In the whole, composition of tourmalines is resulted from two main factors: the primary substratum (serpentinized ultramafites, gabbroides, and volcano-sedimentary rocks) and peculiarities of mineralizing fluids. Two species of tourmalines were possibly formed during two stages of mineralization under action of the middle temperature solutions with high f_{CO_2} . At the first stage, with low a_{Na^+} , magnesiofoitite took place; at the second stage, the $a_{Ni^{2+}}$ elevation lead to crystallization of dravite. However, the propylite forming fluids had the high oxidation potential and low a_S , while the hydrothermal solutions responsible for the beresite-listwaenite formation were the low oxidizing ones with high a_S .

Диапазон PT условий формирования турмалина — от низкотемпературных гидротермальных до магматических, а также высокоградных и высокобарных метаморфических. Известны его находки в поровом пространстве газовых резервуаров, в соляных куполах. Турмалин развивается в околорудных метасоматитах и рудных залежах колчеданных месторождений (Карабашское в России, Кидд-Крикк в Канаде), в медно-порфириновых (Эль-Тениенте, Чили; Коксхет, Канада; Саликван, Турция) и метаморфизованных стратиформных свинцово-цинковых месторождениях (Брокен-Хилл, Австралия), в стратиформных месторождениях шеелита, гидротермальных месторождениях золота (Дарасун, Россия, Сигма, Канада) и олова (Солнечное, Россия), редкометалльных грейзеновых месторождениях (Корнуолл, Великобритания), месторождениях изумрудов (Изумрудные копи, Россия; Паншир, Афганистан), в гранитах и гранитных пегматитах и т. д.

В пределах Березовского золоторудного месторождения на Среднем Урале турмалин впервые установлен И. Германом в 1797 г. (Клейменов, 1995). Однако до настоящего времени сведения о его химическом составе в открытых публикациях единичны, например в работе В. Н. Сазонова (1975). Поэтому целью настоящего исследования является подробная характеристика химического состава турмалинов и сопровождающих его минералов этого месторождения.