

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение наук о Земле

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского
(ГЕОХИ РАН)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт экспериментальной минералогии им. Д.С.Коржинского
(ИЭМ РАН)

Российское минералогическое общество

ТРУДЫ
ВСЕРОССИЙСКОГО
ЕЖЕГОДНОГО СЕМИНАРА
ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ
И ГЕОХИМИИ
(ВЕСЭМПГ-2020)



Москва

УДК 550.43

СИНТЕЗ ЭВДИАЛИТА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ**Ковальская Т.Н.¹, Ермолаева В.Н.¹, Варламов Д.А.¹, Калинин Г.М.¹,
Ковальский Г.А.^{1,2}, Чайчук К.Д.¹**¹Институт экспериментальной минералогии им. Д.С.Коржинского РАН, Черноголовка, Московская область; ²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический ф-т, Москва (tatiana76@iem.ac.ru)**SYNTHESIS OF EUDIALYTE FROM ALKALINE PEGMATITES. PRELIMINARY DATA****Kovalskaya T.N.¹, Ermolaeva V.N.¹, Varlamov D.A.¹, Kalinin G.M.¹,
Kovalskiy G.A.^{1,2}, Chaichuk K.D.¹**¹D.S. Korzhinsky Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka Moscow district; ²M.V. Lomonosov Moscow State University, Department of Geology, Moscow (tatiana76@iem.ac.ru)

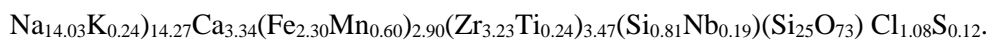
Abstract: The paper describes the results of the first experiments on the synthesis of zirconosilicate - eudialyte, which is a typical rock-forming mineral of ultra-alkaline complexes (Lovozerky, Khibinsky) and related pegmatites. The experiment was carried at temperature 600°C and pressure 2 kbar. As a seed, natural eudialyte from pegmatite from the Northern quarry of the Umbozero mine (Lovozero massif) was used (1% from start materials mass). As the results of experiments.

Keywords: eudialite, synthesis, hydrothermal conditions, alkaline pegmatites

Эвдиалит, идеальная формула которого $\text{Na}_{15}\text{Ca}_6\text{Fe}_2 + 3\text{Zr}_3(\text{Si}_{26}\text{O}_{73})(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_3(\text{Cl}, \text{OH})_2$, является одним из важнейших цирконосиликатов (Rastsvetaeva et al., 2020), широко встречающийся в ультращелочных массивах (Ловозерский, Хибинский и др.) (Яковенчук и др., 1999). Однако синтез его до сих пор является одной из актуальных проблем экспериментальной минералогии, в то время как процесс разложения эвдиалита в различных условиях и выделения катионов металлов из него изучен досконально (Смирнова и др., 2015, Smirnova et al., 2015).

С целью определения физико-химических условий образования эвдиалита были проведены опыты по его синтезу. Опыты по синтезу эвдиалита проводились в платиновых ампулах диаметром 4-5 мм на газовых установках высокого давления при температуре 600°C и давлении 2 кбар, что соответствует физико-химическим условиям формирования высокотемпературных пегматитов Ловозерского и Хибинского массивов (Агеева и др.; 2002, Пеков, 2004). В качестве стартовых материалов использовались стехиометричные гели упрощенного эвдиалитового состава. Для создания геля по гелевой методике использовались следующие реактивы: Na_2CO_3 , CaO , Fe_2O_3 , ZrOCl_2 и аморфный SiO_2 . В качестве затравки использовался природный эвдиалит Ловозерского массива (пегматит Северного карьера рудника Умбозеро) в количестве 1-3% от массы навески.

1М растворы NaCl и NaF были использованы в качестве флюида, соотношение навеска/флюид составляло 10/1 по массе. Длительность опытов составляла 10 суток. Состав эвдиалита, используемого в качестве затравки следующий:



Продукты опытов представляли собой тонокристаллические агрегаты бежево-зеленого цвета. При более детальном микроскопическом изучении при помощи сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega II XMU (Tescan, Чехия), оснащенного системой рентгеноспектрального микроанализа INCA Energy 450 с энергодисперсионным (INCA Xsight) и кристалл-дифракционным (INCA wave 700) рентгеновскими спектрометрами (Oxford Instruments, Англия) и программной платформой INCA Energy+, в опытах, где в качестве флюида был использован 1М раствор NaCl , была обнаружена типичная ассоциация щелочных пегматитов - эгирин + эвдиалит (Рис. 1). Составы полученных минералов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы (мас. %) синтетических эвдиалитов

компонент	Опыт 23		Опыт 24		Опыт 25	
	затравка	новый эвдиалит	затравка	новый эвдиалит	затравка	новый эвдиалит
SiO ₂	53,56	49,91	55,13	50,12	53,81	51,02
ZrO ₂	18,59	15,12	19,1	16,03	18,43	17,89
TiO ₂	0,07	0	0,1	0	0,1	0
Al ₂ O ₃	0,24	0,09	0,17	0,1	0,19	0,15
Fe ₂ O ₃	0,28	1,61	0,21	1,32	0,25	1,16
MnO	0	0	0	0	0	0
MgO	0	0	0	0	0,1	0
CaO	15,41	17,41	15,29	16,95	15,01	16,23
Na ₂ O	7,84	11,50	7,55	10,36	7,73	10,67
K ₂ O	0	0	0,07	0	0	0
SrO	0,79	0,99	0,81	0,13	0,75	0,45
Nb ₂ O ₅	0,82	0,17	0,78	0,15	0,80	0,11
La ₂ O ₃	0,25	0,15	0,20	0	0,23	0
Ce ₂ O ₃	0,25	0	0,15	0	0,20	0
Cl	1,8	2,45	2,1	1,96	2,16	0
F	0	0	0	0	0	2,15
Total	99,2	98,70	99,6	97,12	97,6	99,83

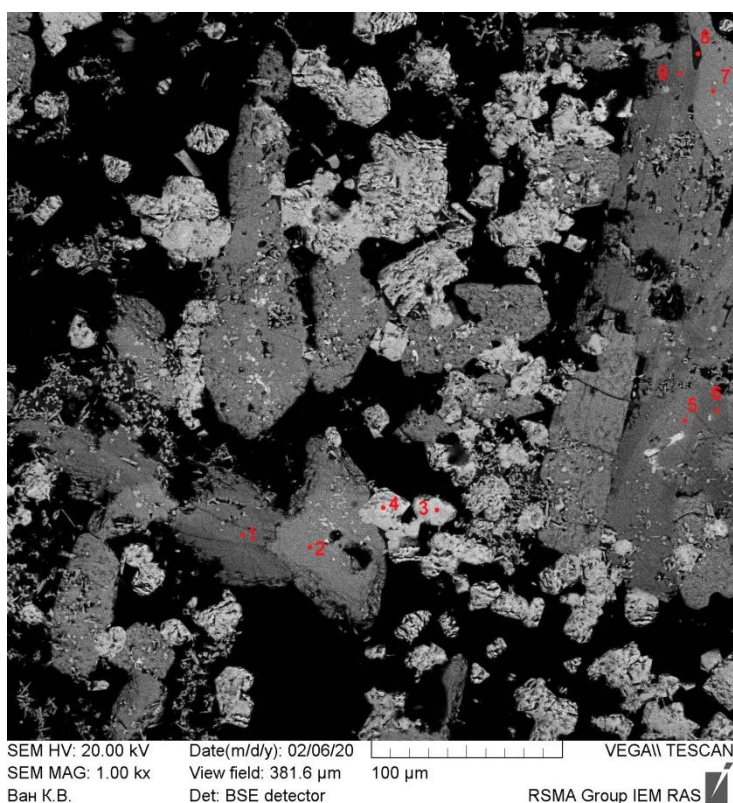


Рис. 1. Продукты опыта по синтезу эвдиалита с 1М раствором NaCl. Точки 1, 2 – зерна затравки эвдиалита, 3, 4 – новообразованный эвдиалит, точки 5, 6 - эгирин.

Из приведенных данных видно, что новообразованный эвдиалит по составу несколько отличается от затравки, однако, в ходе кристаллизации происходит его обогащение ниобием из затравки. Видимо, в щелочной среде ниобий переходит в подвижную форму, поскольку стехиометричный гель до опыта в своем составе не содержал ниобия. Анионная группа

синтезированного эвдиалита целиком отвечает составу флюида в опыте – в опытах с раствором NaCl в состав эвдиалита входит хлор, в опыте с раствором NaF - фтор.

В дальнейшем планируется проведение экспериментальных исследований с более сложными по составу эвдиалитовыми системами - постепенное введение в стартовые смеси ниобия, стронция и других примесных компонентов.

Литература

- Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V., Pekov I.V., Schäfer Christof, Van K.V. New Data on the Isomorphism in Eudialyte-Group Minerals. 1. Crystal Chemistry of Eudialyte-Group Members with Na Incorporated into the Framework as a Marker of Hyperagpaitic Conditions. // *Minerals* 2020, 10, 587, P. 2-16.
- Агеева О.А., Боруцкий Б.Е., Хангулов В.В. Эвдиалит как минералого-геохимический индикатор метасоматических процессов при формировании пород комплекса пойкилитовых нефелиновых сиенитов Хибинского массива. // *Геохимия*. 2002. № 10. С. 1098-1105.
- Пеков И.В., Подлесный А.С. Минералогия Кукисвумчоррского месторождения (щелочные пегматиты и гидротермалиты). - Москва. Ассоциация ЭкоСт, Минералогический Альманах, выпуск 7, 2004. - 176 с.
- Смирнова Т.Н., Пеков И.В., Варламов Д.А., Ковальская Т.Н., Бычков А.Ю., Бычкова Я.В. О химизме и стадийности процессов фазообразования при кислотном разложении эвдиалита (по экспериментальным данным). // *Онтогенез, филогения, система минералогии. Материалы Всероссийской конференции, Миасс, 2015, С. 167–170. Институт минералогии УрО РАН Миасс, 2015.*
- Smirnova T.N., Pekov I.V., Varlamov D.A., Kovalskaya T.N., Bychkov A.Y. and Bychkova Y.V. Specific features of eudialyte decomposition in oxalic acid. In: *Alkaline Magmatism of the Earth and Related Strategic Metal Deposits Proceedings of XXXII International Conference, 2015, pp. 119–121.*
- Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. Минералы Хибинского массива. – М.: Изд. “Земля”, 1999. 326 с.