

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Д.С. КОРЖИНСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РОССИЙСКОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

**XI ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ
МИНЕРАЛОГИЯ,
ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ»,**

**посвященная 95-летию со дня рождения академика
А.А. Маракушева**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

12-13 октября 2020 г.

Черноголовка

УДК 550.4.02

XI ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ»: Сборник материалов. Черноголовка. 2020 г. 114с.

В сборнике представлены материалы XI Всероссийской школы молодых ученых «Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия», посвященной 95-летию со дня рождения академика А.А. Маракушева. Школа организована на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук (г.Черноголовка, 12-13 октября 2020 г.). В сборнике обсуждаются общие и частные проблемы экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии. Уделяется внимание условиям зарождения и эволюции магм, минеральным равновесиям в силикатных и рудных системах, исследованиям гидротермальных и флюидных систем, синтезу макро- и нанокристаллов, технической петрологии и материаловедению.

Все материалы представлены в авторском варианте

ISBN 978-5-6041841-6-5

ISBN 978-5-6041841-6-5



9 785604 184165

©ИЭМ РАН

СИНТЕЗ ЭВДИАЛИТА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ.

**Чайчук К.Д.¹, Ковальский Г.А.^{1,2}, Ковальская Т.Н.¹, Ермолаева В.Н.¹, Варламов Д.А.¹,
Калинин Г.М.¹, Верченко П.А.²**

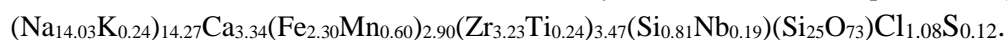
¹*ИЭМ РАН (г. Черноголовка), ²геол. ф-т МГУ (г. Москва), korney.chaychuk@gmail.com*

В настоящее время процесс разложения эвдиалита и выделение из него катионов металлов тщательно изучен и описан [1]. В то же время, синтез его всё ещё представляет из себя проблему и актуален для изучения в экспериментальной минералогии. Данная работа заключается в определении физико-химических условий образования эвдиалита.

Эвдиалит является кольцевым цирконосиликатом натрия, кальция. Идеальная формула – $Na_{15}Ca_6Fe_{2+3}Zr_3(Si_{26}O_{73})(O,OH,H_2O)_3(Cl,OH)_2$, также в составе содержатся примеси Nb, Ta, REE, S, Y и др. Кристаллическая структура эвдиалита крайне сложна, поскольку имеется два типа колец из кремнекислородных тетраэдров: тройное и девятичное.

Обнаруживается эвдиалит только среди магматических щелочных пород (нефелиновых сиенитов) и в пегматитовых обособлениях в парагенезисе с нефелином, полевыми шпатами и т.д. Известны породы с настолько значительным его распространением, что он становится породообразующим, например, эвдиалитовый луаврит. Крупные месторождения находятся в Хибинском и Ловозерском щелочных массивах (Кольский полуостров) [2]. Также месторождения имеются на территории Канады, США, Гренландии и Норвегии.

Материалы и методы. Опыты по синтезу проводились в ИЭМ РАН (лаборатория синтеза и модифицирования минералов) в платиновых ампулах диаметром 4-5 мм на газовых установках высокого давления при температуре 600°C и давлении 2 кбар в соответствии с предполагаемыми физико-химическими условиями образования пегматитов Ловозерского и Хибинского массивов [3, 4]. Длительность опытов – 10 суток. Стартовыми материалами служили стехиометричные гели упрощенного эвдиалитового состава; гели создавались с использованием следующих реактивов: Na_2CO_3 , CaO, Fe_2O_3 , $ZrOCl_2$, аморфный SiO_2 . Затравкой служил природный эвдиалит Ловозерского массива (пегматит Северного карьера рудника Умбозеро) в количестве 1-3% от массы навески. В качестве флюида были использованы одномолярные растворы NaCl и NaF, соотношение навеска/флюид – 10/1 по массе. Состав эвдиалита, используемого в качестве затравки следующий:



В результате экспериментов были получены продукты, представляющие из себя тонкокристаллические агрегаты бежево-зелёного цвета.

Таблица 1. Химический состав (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

В ходе детального микроскопического изучения 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.

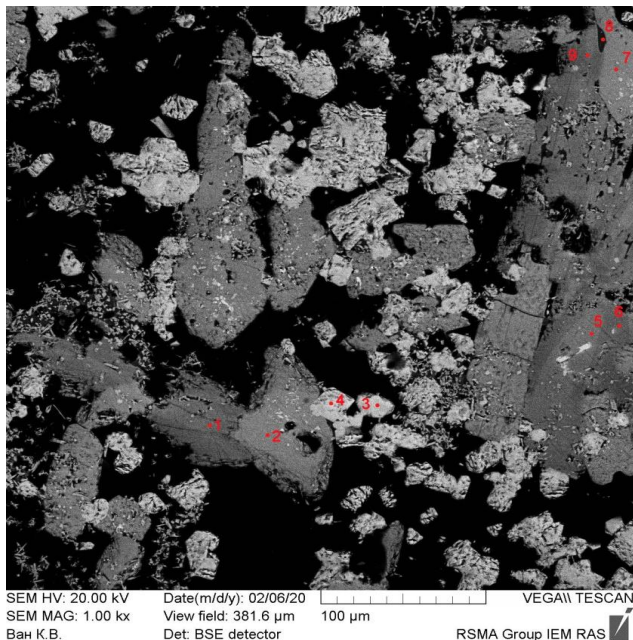


Рис. 1. Продукты опыта по синтезу эвдиалита с 1М раствором NaCl. Точки 1, 2 – зерна затравки эвдиалита, 3, 4 – новообразованный эвдиалит, точки 5, 6 – эгирин.

Данные, полученные в ходе работы, показали, что образованный эвдиалит отличен по составу от затравки, и что при кристаллизации происходит обогащение ниобием из неё. Судя по всему, это обусловлено переходом ниобия в щелочной среде в подвижную форму, так как стехиометричный гель изначально ниобия не содержал. Анионы продуктов опытов полностью отвечает составу флюида: в экспериментах с NaCl в состав входил хлор, в опытах с NaF – фтор.

Последующие исследования будут включать в себя опыты с постепенным введением в стартовые смеси ниобия, стронция и других элементов.

Литература:

1. 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*, pages 167–170. Институт минералогии УрО РАН Миасс, 2015.
2. 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;
3. Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие // М.: КДУ, 2007, стр. 549-550;
4. 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;
4. Пеков И.В., Подлесный А.С. Минералогия Кукисвумчоррского месторождения (щелочные пегматиты и гидротермалиты) // Москва. Ассоциация ЭкоСт, Минералогический Альманах, выпуск 7, 2004. - 176 с.