**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**

# X ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ»

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**28-30 октября 2019 г.**

**Черноголовка**

УДК 550.4.02

**X ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ»:** Сборник материалов. Черноголовка. 2019 г. 150 с.

В сборнике представлены материалы X Всероссийской школы молодых ученых «Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия» (г.Черноголовка, 28-30 октября 2019 г.). Школа организована на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук. 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 978-5-6041841-7-2**

©ИЭМ РАН

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ ШКОЛЫ:

*Председатель организационного комитета:*
**Шаповалов Ю.Б.**, член-корреспондент РАН, д.г.-м.н., ИЭМ РАН

*Заместитель председателя:*
**Сафонов О.Г.**, профессор РАН, д.г.-м.н., ИЭМ РАН

*Сопредседатели организационного комитета:*
**Ковальская Т.Н.**, к.г.-м.н., с.н.с. ИЭМ РАН
**Осадчий Е.Г.**, д.х.н., зам. директора ИЭМ РАН

*Ученый секретарь:*
Варламов Д.А. - с.н.с. ИЭМ РАН

*Программный комитет:*
председатель - Сафонов О.Г., д.г.м.н., ИЭМ РАН
зам председателя- Ковальская Т.Н., к.г.-м.н., ИЭМ РАН
Члены: Бутвина В.Г., к.г.-м.н., ИЭМ РАН
Воронин М.В., к.х.н., ИЭМ РАН
Костюк А.В., к.г.-м.н., ИЭМ РАН
Сеткова Т.В., к.х.н., ИЭМ РАН
Ханин Д.А., к.г.-м.н., ИЭМ РАН

*Члены технического оргкомитета:*
Ханин Д.А., к.г.-м.н., н.с. ИЭМ РАН
Костюк А.В., к.г.-м.н., с.н.с. ИЭМ РАН
Сеткова Т.В., к.х.н., с.н.с. ИЭМ РАН
Воронин М.В., к.х.н., с.н.с. ИЭМ РАН
Калинин Г.М., м.н.с. ИЭМ РАН

**Адрес оргкомитета:** Институт экспериментальной минералогии РАН
142432, г.Черноголовка, Московская обл., ул. акад.Осипьяна, д.4
Тел. (49652) 25857, факс (49652) 49687
e-mail: school2019@iem.ac.ru, tatiana76@iem.ac.ru,

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Российский фонд фундаментальных исследований,
Грант **№ 19-05-20127 (научные мероприятия)**

# ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ИМЭНГИТА И ДРУГИХ РЕДКИХ ТИТАНАТОВ (ПРАЙДЕРИТА И МАТИАСИТА): ПРИРОДНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

***Воробей С.С.[1], Бутвина В.Г. [2], Сафонов О.Г. [1,2], Варламов Д.А. [2], Бондаренко Г.В. [2]***
***[1]МГУ им. М.В.Ломоносова ( г. Москва), e-mail: patesonchic77@mail.ru***
***[2]ИЭМ РАН им. Д.С.Коржинского, (г. Черноголовка)***

Модальный мантийный метасоматоз выражается в образовании нехарактерных для перидотитов и эклогитов фаз [1]. Помимо широко распространенных амфиболов, флогопита, апатита, карбонатов, сульфидов, титанита, ильменита, рутила, в ходе этого процесса появляются уникальные минеральные фазы. Среди них особое место занимают минералы групп кричтонита, магнетоплюмбита и голландита [2] - редкие титанаты, обогащенные крупноионными литофильными (LILE), прежде всего, K и Ba, высокозарядными (HFSE), легкими редкоземельными (LREE) элементами, а также U и Th.

В данной работе изучены закономерности изоморфизма и колебательные спектры МГМ, в том числе ряда потенциально новых минеральных видов, из минеральной ассоциации – глубинного ксенолита метасоматически измененного гранатового лерцолита из кимберлитовой трубки Обнаженная (имэнгит и его Al-доминантный аналог).

Природные данные изученного образца с имэнгитом и его Al-доминантным (с Al > Cr) аналогом происходит из кимберлитовой трубки Обнаженная и представляет собой ксенолит гранатового лерцолита с размерами 2.6×1.4 см. Главные минералы породы – гранат (30–35 %), ортопироксен (15–35%), клинопироксен (10–30%) и оливин (10–20%); в качестве главного акцессорного компонента присутствует высокохромистая шпинель (до 5%). Структура породы гипидиоморфнозернистая, текстура массивная. Высокохромистая *шпинель* образует изотропные в скрещенных николях зёрна неправильной формы, размеры которых варьируют от 0.5 до 10 мм. Пределы содержаний различных компонентов в шпинели описываются формулой $(Mg_{0.70}Fe_{0.29\text{-}0.30}Mn_{0\text{-}0.01})(Al_{0.97\text{-}1.12}Cr_{0.82\text{-}0.97}Fe_{0.05}Ti_{0.01})O_4$. В виде включений в зёрнах шпинели отмечены карбонаты, серпентин, флогопит, матиасит, имэнгит и Al-доминантный аналог имэнгита (рис.1). Образование матиасита и K доминантных МГМ с высокими содержаниями алюминия и хрома предположительно связано с метасоматическим изменением породы в мантийных условиях.

Также, были получены результаты первых экспериментов по совместному синтезу матиасита и хромистого прайдерита в системе хромит – рутил - $K_2CO_3$ – $H_2O$-$CO_2$ при 5 ГПа и $1200^0$C, где показана возможность кристаллизации матиасита без участия ильменита. Матиасит относится к группе кричтонита с формулой $AM_{21}O_{38}$, где в позиции A характерен изоморфизм Ba ↔ K (линдслеит-матиасит).

Прайдерит - титанат группы голландита, который образует твердый раствор в системе $A^{2+}B^{2+}Ti_7O_{16}$–$A^{+}{}_2B^{2+}Ti_7O_{16}$–$A^{2+}B^{3+}{}_2Ti_6O_{16}$–$A^{+}{}_2B^{3+}{}_2Ti_6O_{16}$, где позиция A занята Ba и K, а также Na, Pb, Sr, Ca и REE; позиция B вмещает Mg, $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$, Al, Cr, замещающие Ti. Имэнгит - минерал группы магнетоплюмбита [2] с общей формулой $AM_{12}O_{19}$ (набор катионов в позициях A и B близок к таковому в прайдерите, но Cr > Ti) описан как акцессорный минерал ксенолитов гранатовых верлитов в ассоциации с хромитом и ильменитом [3].

В проведенных экспериментах была впервые показана совместная кристаллизация матиасита и K-Cr прайдерита в результате реакции высокохромистой шпинели и рутила с калиевым водно-карбонатным флюидом (расплавом) в условиях верхней мантии.

Также, в нашей работе поставлены первые эксперименты по кристаллизации хромистого прайдерита и имэнгита при реакции ассоциации хромит + ильменит/рутил с флюидом $H_2O$-$CO_2$-$K_2CO_3$ при 5 ГПа и $1200^0$C, где в ходе экспериментов впервые был синтезирован хромистый прайдерит, не содержащий Ba.

Экспериментально продемонстрирована совместная кристаллизация имэнгита и прайдерита в результате реакции хромита и ильменита с калиевым водно-карбонатным флюидом, что подтверждает возможность совместного образования титанатов в результате метасоматоза верхнемантийных перидотитов с участием карбонатных флюидов или расплавов [4, 5] в условиях высокой активности калия [6].

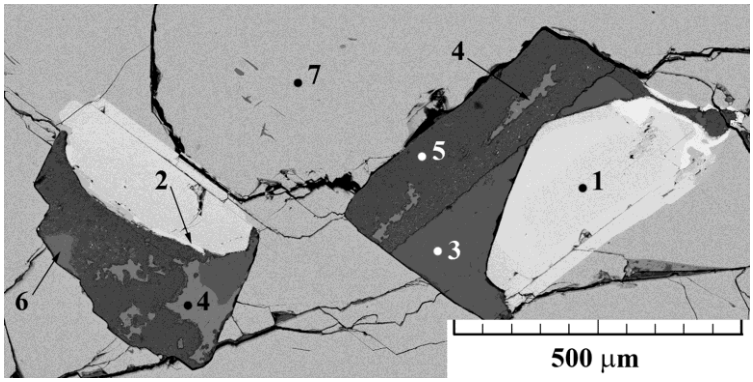


Рис. 1. Полиминеральные включения, содержащие Al-аналог имэнгита (1), матиасит (2), доломит (3), кальцит (4), серпентин (5) и флогопит (6) в высокохромистой шпинели (7).Изображение в отраженных электронах. Ксенолит из гранатового лерцолита, кимберлитовая трубка Обнаженная (обр. ТО-125).

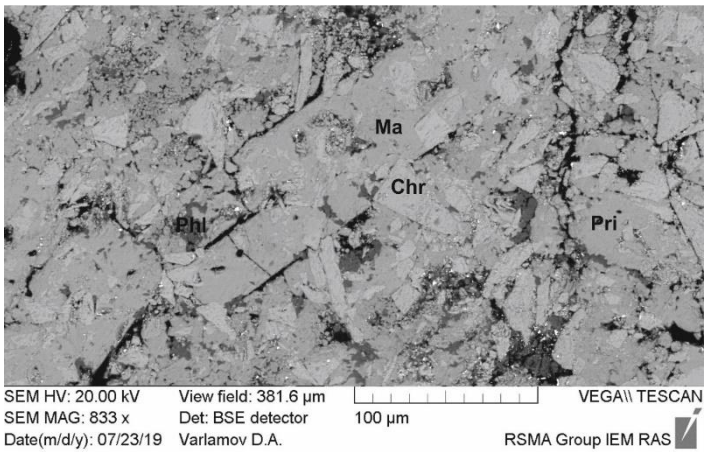


Рисунок 2. Продукты эксперимента в системе хромит-рутил-K-водно-карбонатный флюид при 5 ГПа и 1200$^0$C: хромит, матиасит, прайдерит, флогопит.

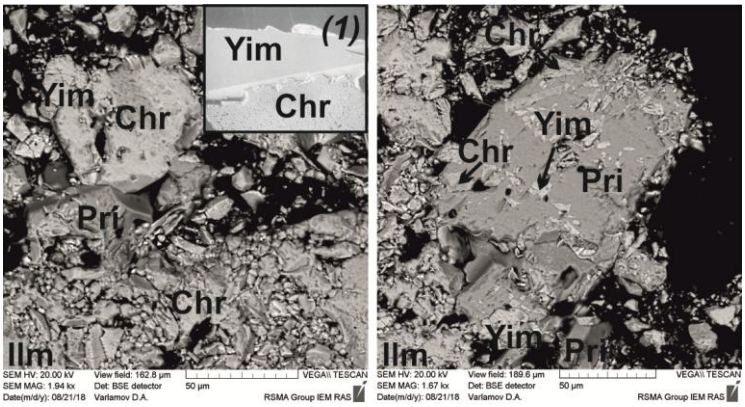


Рисунок 3. Продукты эксперимента в системе хромит-ильменит-$H_2O$-$CO_2$-$K_2CO_3$ при 5 ГПа и 1200$^0$C: хромит, ильменит, прайдерит, йименгит; (1) срастание йименгита и хромита из кимберлитового силла Проспект 039, р-н Гуаньямо, провинция Боливар, Венесуэла [7].

**Литература:**

1. O'Reilly S.Y., Griffin W.L. Mantle metasomatism. In: Harlov D.E. and Austerheim H. (Eds.) Metasomatism and the chemical transformation of rock, Berlin Heidelberg: Springer. 2013. P. 471-533.
2. Haggerty S.E. Oxide mineralogy of the upper mantle. In: Lindsley, D.H. (Ed.), Oxide Minerals: Petrologic and Magnetic Significance. Reviews in Mineralogy. 1991. V. 25. P. 355– 416.
3. Dong Z., Zhou J., Lu Q., Peng Z. // KexueTongbao, Bull. Sci. 1983. №15. P. 932– 936 (in Chinese).

4. Konzett J., Yang H., Frost D.J. // Journal of Petrology. 2005. V. 46. № 4. P. 749-781.
5. Giuliani A., Kamenetsky V.S., Phillips D., Kendrick M.A., Wyatt B.A., Goemann K. // Geology. 2012. V. 40. № 11. P. 967-970.
6. Сафонов О.Г., Бутвина В.Г. // Геохимия. 2016. № 10. С. 893-908
7. Nixon P.H., Condliffe E. // Mineral. Mag. 1989. V. 53. P. 305-309.