

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ЛАМПРОФИЛЛИТА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГЕРМАНИИ И РОССИИ

Аксенов Сергей Михайлович, Акименко Мария Игоревна

Лаборатория рудоносности щелочного магматизма, геохимический отдел  
*makimm@mail.ru*

Группа лампрофиллита принадлежит семейству гетерофиллосиликатов [1,2]. Основной кристаллических структур всех этих минералов является трёхслойный *НОН*-пакет, где *О*-слой состоит из реберносвязанных  $MO_6$ -октаэдров, а гетерополиэдрический *Н*-слой состоит из диортогрупп  $Si_2O_7$  и *L*-пятивершинников. Общая формула минералов группы лампрофиллита может быть записана в виде  $A_2[M1M2_2M3X_2][L_2(Si_2O_7)_2O_2]$ , где  $A = Ba, Sr, K, Na$ ;  $M1 = Na, Mn^{2+}$ ;  $M2 = Na, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Ca$ ;  $M3 = Ti, Mn^{2+}, Mg, Fe^{3+}, Fe^{2+}$ ;  $L = Ti, Fe^{3+}$ ;  $X = OH, O, F$ . До настоящего времени группа насчитывала шесть самостоятельных минеральных видов: лампрофиллит  $Sr_2[(Na, Mn, Fe)_3Ti][Ti_2(Si_2O_7)_2O_2](OH, F, O)_2$ , фторлампрофиллит  $Sr_2[(Na, Mn, Fe)_3Ti][Ti_2(Si_2O_7)_2O_2](F, OH, O)_2$ , баритолампрофиллит  $Ba_2[(Na, Mn, Fe)_3Ti][Ti_2(Si_2O_7)_2O_2](OH, F, O)_2$ , набалампрофиллит  $BaNa[(Na, Mn, Fe)_3Ti][Ti_2(Si_2O_7)_2O_2](OH)_2$ , эрикссонит  $Ba_2[Mn_4^{2+}][Fe_4^{3+}(Si_2O_7)_2O_2](OH)_2$  и ферроэрикссонит  $Ba_2[Fe_4^{2+}][Fe_2^{3+}(Si_2O_7)_2O_2](OH)_2$ .

Члены лампрофиллит-баритолампрофиллитовой изоморфной серии – типичные аксессуарные минералы ультращелочных (агпаитовых) пород и пегматитов. Содержание  $MgO$  в этих минералах не превышает 1.5 масс. % [3]. Лилейит  $Ba_2[(Na, Fe, Ca)_3MgF_2][Ti_2(Si_2O_7)_2O_2]$  – новый высокомагниевого и высокофтористый минерал группы лампрофиллита, установлен в щелочных базальтах месторождения Лёлей (Айфель, Германия) [4]. Щелочные базальты вулканического региона Айфеля содержат магнезиальный клинопироксен и, как правило, оливин в качестве основного породообразующего минерала [5]. Эти породы более обогащены  $Mg$ , чем большинство агпаитовых пород, обычно содержащих титановые минералы группы лампрофиллита. Вероятно это главная причина обогащения магнием лилейита.

Эммерихит  $Ba_2[Na_3Fe^{3+}F_2][Ti_2(Si_2O_7)_2O_2]$  найден в двух действующих базальтовых карьерах, расположенных в палеовулканическом районе Западного Айфеля (земля Рейнланд-Пфальц, Германия), где он образует уплощённые кристаллы, часто в сростании с изменённым гётценитом и гюнтербласситом. К минералам поздней магматической стадии здесь относятся нефелин, лейцит, авгит, флогопит, акерманит, гётценит, лилейит, фторапатит, магнетит и перовскит [6]. Главным отличием эммерихита от других минералов группы лампрофиллита является доминирование  $Fe^{3+}$  в малом октаэдре *M3*.

Филло- и гетерофиллосиликаты из поздних магматических ассоциаций, связанных с щелочными базальтами Айфеля характеризуются практически полным отсутствием в их составе водорода, что отличает эти минералы от большинства их аналогов из агпаитовых интрузивных пород и пегматитов. Очевидно, возникновению  $Fe^{3+}$ -доминантного гетерофиллосиликата способствовала окислительная обстановка, характерная для поздних стадий эволюции излившихся пород – результат взаимодействия еще очень горячей застывающей лавы с атмосферным кислородом. Кроме того, высокая температура при низком давлении препятствует фиксации *H*-содержащих групп в кристаллах.

Низкое содержание *ОН*-групп характерно и для других первичных минералов из

базальтов Айфеля (амфиболов, фторapatита и др.). По-видимому, это обстоятельство связано с совместным проявлением ряда генетических факторов, включая дегазацию магмы, высокие температуры кристаллизации и высокую фугитивность кислорода и фтора [7].

В ходе изучения недавно открытого проявления щелочного магматизма, был описан потенциально новый минерал – *фторбаритолампрофиллит* ( $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.52}\text{K}_{0.44}\text{Ca}_{0.13}\Sigma_{1.79}[(\text{Na}_{1.00})(\text{Na}_{1.54}\text{Fe}_{0.33}\text{Mg}_{0.13})\Sigma_{1.96}(\text{Ti}_{0.78}\text{Fe}_{0.21}\text{Mn}_{0.09})\Sigma_{0.99}(\text{F}_{0.97}\text{O}_{0.68}\text{OH}_{0.35})\Sigma_{1.99}] [\text{Ti}_2(\text{Si}_{1.98}\text{Al}_{0.01})\Sigma_{1.99}\text{O}_7)_2\text{O}_2$ ). Минерал найден в агпаитовой дайке участка «Мохнатые рога» (Кольский п-ов) в ассоциации с фторлампрофиллитом. Дайка сложена эгирин-авгитом, энigmatитом, нефелином, ортоклазом, щелочным амфиболом, астрофиллитом. Минералы группы лампрофиллита составляют до 20-25 об. % породы, что является большой редкостью, обычно минералы этой группы встречаются в качестве акцессорных. Фторлампрофиллит образует крупные (до 1.5 мм) отдельные удлинённые кристаллы светло-желтого цвета и их радиально-лучистые сростки, фторбаритолампрофиллит образует более мелкие (0.3-0.7 мм) игольчатые или ксеноморфные выделения темно желтого цвета в интерстициях порообразующих фаз, что говорит о его кристаллизации на поздней магматической стадии. Для фторлампрофиллита характерна зональность выраженная в увеличении содержания бария и калия к краевым зонам кристаллов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета при Президенте по грантам и финансовой поддержке ведущих научных школ (грант НШ-1072.2014.5).

Список литературы:

- [1] *Расцветаева Р.К., Аксенов С.М.* Кристаллохимия силикатов с трехслойными TOT- и HOH-модулями слоистого, ленточного и смешанного типа. // Кристаллография. 2011. Т. 56. С. 975.
- [2] *Ferraris G., Gula A.* Polysomatic aspects of microporous minerals – heterophyllosilicates, palysepioles and rhodesite-related structures. // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2005. Vol. 57. P. 69.
- [3] *Азарова Ю.В.* Генезис и типохимизм минералов ряда лампрофиллит-баритолампрофиллит из комплекса луюврит-малиньитов Хибинского массива. // Новые данные о минералах. 2004. Т. 39. С. 66.
- [4] *Chukanov N.V., Pekov I.V., Rastsvetaeva R.K., Aksenov S.M., Zadov A.E., Van K.V., Blass G., Schüller W., Ternes B.* Lileyite,  $\text{Ba}_2(\text{Na},\text{Fe},\text{Ca})_3\text{MgTi}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2\text{F}_2$ , a new lamprophyllite-group mineral from the Eifel volcanic area, Germany. // Eur. J. Mineral. 2012. Vol. 24. P. 181.
- [5] *Wörner G., Wright T.L.* Evidence for magma mixing within the Laacher See magma chamber (East Eifel, Germany). // J. Volcanology and Geochem. Res. 1984. V. 22. P. 301.
- [6] *Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V.* The crystal structure of emmerichite  $\text{Ba}_2\text{Na}_3\text{Fe}^{3+}\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2\text{F}_2$ , a new lamprophyllite-group mineral. // Z. Kristallogr. 2014. Vol. 229(1). P. 1.
- [7] *Чуканов Н.В., Розенберг К.А., Расцветаева Р.К., Мёккель Ш.* Новые данные о высокотитановом биотите. Проблема «Воданита». // Новые данные о минералах. 2008. Вып. 43. С. 72.

## Список основных публикаций за последние 3 года:

Аксенов Сергей Михайлович

Монография:

1. Расцветаева Р.К., Чуканов Н.В., Аксенов С.М. Группа эвдиалита: кристаллохимия, свойства, генезис. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. 229 с. (ISBN 978-5-91326-207-3).

Обзоры:

2. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М. Кристаллохимия силикатов с трехслойными *TOT*- и *HOH*-модулями слоистого, ленточного и смешанного типа. // Кристаллография. 2011. Т. 56. С. 975.

Статьи:

3. Аксенов С.М., Расцветаева Р.К., Митчелл Р., Чакрабартти А. Кристаллическая структура высокомарганцевой разновидности эвдиалита из Сайшена-Хилл, Индия, и упорядочение марганца в минералах группы эвдиалита. // Кристаллография. 2014. Т. 59. № 2. С. 191.
4. Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V. The crystal structure of emmerichite  $\text{Ba}_2\text{Na}_3\text{Fe}^{3+}\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2\text{F}_2$ , a new lamprophyllite-group mineral. // Zeitschrift für Kristallographie. 2014. V. 229. № 1. P. 1.
5. Аксенов С.М., Расцветаева Р.К. Уточнение кристаллической структуры высокоциркониевого эвдиалита и его место среди низкокальциевых минералов группы эвдиалита. // Кристаллография. 2013. Т. 58. № 5. С. 660.
6. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Чуканов Н.В., Треммель Г. Кристаллическая структура нового минерала группы лабунцовита – Ca, Na-упорядоченного аналога коробицинита. // Доклады АН. 2013. Т. 452. № 5. С. 525.
7. Чуканов Н.В., Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Пеков И.В., Белаковский Д.И., Бласс Г., Мён Г. Ланштайнит  $\text{Zn}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  – новый минерал из рудника Фридрихсзеген, Германия. // ЗРМО. 2013. Т. 142. Вып. 1. С. 39.
8. N.V. Chukanov, R. Scholz, S.M. Aksenov, R.K. Rastsvetaeva, I.V. Pekov, D.I. Belakovskiy, K. Krambrock, R.M. Paniago, A. Righi, R.F. Martins, F.M. Belotti, V. Bermanec. Metavivianite,  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : new data and formula revision. // Mineral. Mag. V. 76(3). P. 725.
9. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Чуканов Н.В. Первое определение кристаллической структуры метавивианита  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . // Доклады АН. 2012. Т. 445. № 1. С. 42.
10. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Чуканов Н.В. Верин И.А. Кристаллическая структура нового минерала ланштайнита  $\text{Zn}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . // Кристаллография. 2012. Т. 57. № 5. С. 820.
11. Н.В. Чуканов, И.В. Пеков, Р.К. Расцветаева, С.М. Аксенов, Д.И. Белаковский, К.В. Ван, В. Шюллер, Б. Тернес. Осумилит-(Mg): определение в качестве минерального вида и новые данные. // ЗРМО. 2012. Т. 141. Вып. 4. С. 27.
12. Nikita V. Chukanov, Sergey M. Aksenov, Ramiza K. Rastsvetaeva, Dmitriy I. Belakovskiy, Jörg Göttlicher, Sergey N. Britvin, Steffen Möckel. Christofschäferite-(Ce),  $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Ca})_4\text{Mn}^{2+}(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})_3(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ti})(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_8$ , A New Chevkinite-Group Mineral From The Eifel Area, Germany. // Новые данные о минералах. 2012. Вып. 47. С. 33.

13. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М. Кристаллическая структура минерала  $(\text{Na,Ca,K})_2(\text{Ca,Na})_4(\text{Mg,Fe})_5(\text{Mg,Fe,Ti})_5[\text{Si}_{12}\text{Al}_4\text{O}_{44}](\text{F,O})_4$  – триклинного представителя группы амфиболов. // Кристаллография. 2012. Т. 57. № 3. С. 430.
14. Nikita V. Chukanov, Igor V. Pekov, Ramiza K. Rastsvetaeva, Sergey M. Aksenov, Aleksandr E. Zadov, Konstantin V. Van, Gunter Blass, Willi Schuller, Bernd Ternes. Lileyite,  $\text{Ba}_2(\text{Na,Fe,Ca})_3\text{MgTi}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2\text{F}_2$ , a new lamprophyllite-group mineral from the Eifel volcanic area, Germany. // Eur. J. Mineral. 2012. V. 24. № 1. P. 181.
15. Чуканов Н.В., Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Пеков И.В., Бритвин С.Н., Белаковский Д.И., Шюллер В., Тернес Б. Гюнтерблассит  $(\text{K,Ca})_{3-x}\text{Fe}[(\text{Si,Al})_{13}\text{O}_{25}(\text{OH,O})_4]\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – новый минерал, первый филлосиликат с тройным тетраэдрическим слоем. // ЗРМО. 2012. Т. 141. № 1. С. 71.
16. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Чуканов Н.В. Кристаллическая структура гюнтерблассита - первого минерала с трехслойным тетраэдрическим пакетом. // Доклады АН. 2012. Т. 442. № 6. С. 766.
17. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Верин И.А. Кристаллическая структура минерала  $\text{NaCa}(\text{Fe,Al,Mn})_5[\text{Si}_8\text{O}_{19}(\text{OH})](\text{OH})_7\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -нового представителя группы палыгорскита. // Кристаллография. 2012. Т. 57. № 1. С. 50.

#### **Акименко Мария Игоревна**

1. Акименко М.И., Когарко Л.Н., Сорохтина Н.В., Кононкова Н.Н., Мамонтов В.П. Новое проявление щелочного магматизма на Кольском полуострове, агпаитовая дайка в Кандалакшском районе. // Доклады АН. 2014. Т. 458. № 2. (в печати)

**ФИО:** Аксенов Сергей Михайлович.

**Дата рождения:** 12 октября 1988.

**Стаж работы в ГЕОХИ РАН:** 1 год.

**Должность:** научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук.

**Область научных интересов:** кристаллохимия минералов щелочных комплексов; рентгеноструктурный анализ; структурная минералогия; минералы – геохимические индикаторы.

**ФИО:** Акименко Мария Игоревна.

**Дата рождения:** 13.12.1987.

**Стаж работы в ГЕОХИ РАН:** 4 года.

**Должность:** младший научный сотрудник.

**Область научных интересов:** геохимия и минералогия щелочных комплексов.