

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ МОДУЛЯРНОЙ КРИСТАЛЛОХИМИИ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ЧЕВКИНИТА

Зарубина Е.С.<sup>1</sup>, Аксенов С.М.<sup>1</sup>, Расцветаева Р.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФИЦ Кольский научный центр РАН, Апатиты, Россия, aks.crys@gmail.com

<sup>2</sup> НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

Группа чевкинита объединяет природные и синтетические моноклинные диортосиликаты или, точнее, оксосиликаты с  $\text{Si}_2\text{O}_7$ -диортогруппами, имеющие общую кристаллохимическую формулу  $A_4BC_2D_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_8$  [Macdonald et al., 2019; Аксенов и др. 2024], где  $A$  –  $\text{REE}^{3+}$ , Sr, Ca, с координационными числами от 8 до 10;  $B$ ,  $C$  и  $D$  – катионы Ti,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , Zr,  $\text{Cr}^{3+}$ , Mg, Nb,  $\text{Mn}^{2+}$ , Al, которые располагаются в октаэдрических позициях структуры. Основой их кристаллических структур является микропористый гетерополиэдрический квазикаркас, образованный двумя типами слоев – октаэдрическим слоем рутилового типа [ $C_2D_2O_8$ ], из октаэдров, центрированных  $C$ - и  $D$ -катионами, и гетерополиэдрическим слоем [ $B(\text{Si}_2\text{O}_7)$ ], из октаэдров и  $\text{Si}_2\text{O}_7$  диортогрупп. Крупные каналы, располагающиеся в плоскости гетерополиэдрического слоя, заполнены  $A$ -катионами, которые компенсируют общий отрицательный заряд гетерополиэдрического квазикаркаса. В зависимости от особенностей объединения октаэдрического и гетерополиэдрического слоев в группе чевкинита выделяются структурные типы чевкинита и перрьерита, отличающиеся, в первую очередь, углом моноклинности ячеек.

В настоящее время группа чевкинита объединяет 12 самостоятельных минеральных видов. Кроме того, известны и синтетические аналоги этих минералов, которые характеризуются широкими вариациями химического состава и обладают рядом физическими свойствами, включая транспортные, диэлектрические и магнитные, что делает их перспективными материалами. Поскольку минералы группы чевкинита характеризуются модулярным строением [Ferraris et al., 2008; Аксенов и др. 2024], а также принадлежат к полисоматической серии с общей формулой  $\{A_4B(T_2O_7)_2\}\{C_2D_2O_8\}_m$  ( $m=1, 2$ ), в основе которой лежат модули рутилового типа [Wang, Hwu, 1992].

Выполненный нами кристаллохимический анализ структур представителей группы чевкинита в рамках формализма OD-теории [Ferraris et al., 2008; Аксенов и др. 2023] позволил объединить их в единое OD-семейство, выделить два структурных подсемейства, а также проанализировать симметрию гипотетических политипов [Аксенов и др. 2024].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ №20-77-10065-П.*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов С.М., Зарубина Е.С., Расцветаева Р.К., Чуканов Н.В., Филина М.И. Уточнение кристаллической структуры кристобалита-(Ce) и особенности модулярного строения полисоматической серии чевкинита  $\{A_4B(T_2O_7)_2\}\{C_2D_2O_8\}_m$  ( $m=1, 2$ ) // Литосфера. 2024. Т. 24. № 2. С. 264–283.
2. Аксенов С.М., Чаркин Д.О., Банару А.М., Банару Д.А., Волков С.Н., Дейнеко Д.В., Кузнецов А.Н., Расцветаева Р.К., Чуканов Н.В., Шкурский Б.Б., Ямнова Н.А. Модулярность, политипия, топология и сложности кристаллических структур неорганических соединений: обзор // ЖСХ. 2023. Т. 64. № 10. Статья 117102 (С. 1–238).
3. Ferraris G., Makovicky E., Merlino S. Crystallography of Modular Materials. OUP. 2008.
4. Macdonald R., Bagiński B., Belkin H.E., Stachowicz M. Composition, Paragenesis, and Alteration of the Chevkinite Group of Minerals // Amer. Miner. 2019. V. 104. № 3. P. 348–369.
5. Wang S., Hwu S.J. Mixed-Valence Lanthanum Titanium (III/IV) Oxosilicate  $\text{La}_4\text{Ti}_9\text{Si}_4\text{O}_{30}$ . A Novel Perrierite-Related Compound,  $\text{La}_4\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{TiO}_2)_{4m}$  ( $m=2$ ), with a Quasi-Two-Dimensional Rutile-Based Structure // J. Amer. Chem. Soc. 1992. V. 114. № 17. P. 6920–6922.