

**КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ
УРАНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ
СИСТЕМ**

Гуржий В.В. @

*Каф. Кристаллографии, Санкт-Петербургский государственный
университет*

@vladgeo17@mail.ru, vladislav.gurzhiy@spbu.ru

Весьма трудно переоценить значение урана для современной цивилизации, и если рассматривать весь ядерный топливный цикл, то его начальные и конечные стадии (т.е. разведка урановых месторождений, добыча и переработка урановых руд, хранение и переработка радиоактивных отходов) неразрывно связаны с минералогическими исследованиями: какие горные породы и слагающие их минералы лучше использовать для добычи урана, что происходит с соединениями урана при контакте с окружающей средой, чем отличаются вторичные минералы урана по своим физическим и химическим свойствам? В этой связи, крайне важным представляется проведение кристаллохимических исследований, вовлекая в них как природные, так и синтетические объекты. Ведь устойчивые и малорастворимые соединения урана могут препятствовать миграции радионуклидов из зон окисления урановых руд или могильника радиоактивных отходов, а исследование особенностей водорастворимых соединений урана необходимо для понимания процессов переноса радионуклидов в условиях геологических объектов.

Так, установлено, что матрицы чернобыльской «лавы» взаимодействуют с окружающей средой. Этот процесс сопровождается образованием таких фаз уранила, как $UO_4 \cdot 4H_2O$; $UO_3 \cdot 2H_2O$; $UO_2 \cdot CO_3$; $Na_4(UO_2)(CO_3)_3$ и др. Кроме того, на поверхности образца чернобыльского кориума, подвергнутого гидротермальной обработке идентифицированы кристаллы двух фаз, являющиеся аналогами распространенных вторичных минералов урана: беккерелит, $Ca[(UO_2)_6O_4(OH)_6] \cdot 8H_2O$, и фуркалит $Ca_2[(UO_2)_3O_2(PO_4)_2] \cdot 7H_2O$ [1]. Экспериментальное изучение химических изменений чернобыльского кориума и «лавы» очень важно для моделирования поведения этих высокоактивных материалов в течение длительного времени. Полученная информация может быть использована для

прогнозирования свойств расплавленных топливных материалов, контактирующих с водой с 2011 г. на энергоблоках №1, 2 и 3 АЭС АЭС Фукусима-дайти (Фукусима-1).

Изучение кристаллических структур синтетических соединений, родственных минералам, показало, что большинство природных сульфатов, селенитов, карбонатов и молибдатов уранила кристаллизуется из нагретых растворов, а диапазон температур можно предположить по способу объединения координационных полиэдров [2-7].

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 23-17-00080). Рентгеновские исследования проведены в РЦ «Рентгенодифракционные методы исследования» СПбГУ.

[1] Gurzhiy, V.V.; Burakov, B.E.; Zubekhina, B.Y.; Kasatkin, A.V. Evolution of Chernobyl Corium in Water: Formation of Secondary Uranyl Phases // Materials. 2023/ V. 16. P. 4533.

[2] Gurzhiy V.V., Plášil J. Structural complexity of natural uranyl sulfates // Acta Crystallographica Section B. 2019. V. B75. №1. P. 39-48.

[3] Gurzhiy V.V., Kuporev I.V., Kovrugin V.M., Murashko M.N., Kasatkin A.V., Plášil J. Crystal Chemistry and Structural Complexity of Natural and Synthetic Uranyl Selenites // Crystals. 2019. V. 9. №12. P. 639.

[4] Gurzhiy V.V., Kalashnikova S.A., Kuporev I.V., Plášil J. Crystal Chemistry and Structural Complexity of the Uranyl Carbonate Minerals and Synthetic Compounds // Crystals. 2021. V. 11. P. 704.

[5] Kuporev I.V., Kalashnikova S.A., Gurzhiy V.V. Crystal Chemistry and Structural Complexity of the Uranyl Molybdate Minerals and Synthetic Compounds // Crystals. 2024. V. 14. P. 15.

[6] Tyumentseva O.S., Korniyakov I.V., Britvin S.N., Zolotarev A.A., Gurzhiy V.V. Crystallographic insights into uranyl sulfate minerals formation: synthesis and crystal structures of three novel cesium uranyl sulfates // Crystals. 2019. V. 9. №12. P. 660.

[7] Korniyakov I.V., Tyumentseva O.S., Krivovichev S.V., Gurzhiy V.V. Dimensional Evolution in Hydrated K^+ -bearing Uranyl Sulfates: From 2D-sheet to 3D-framework // CrystEngComm. 2020. V. 22. P. 4621-4629.