

Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Отделение наук о Земле РАН
РОССИЙСКОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО



ГОДИЧНОЕ СОБРАНИЕ РМО

**«Минералого-геохимические исследования для решения
проблем петро- и рудогенеза, выявления новых видов
минерального сырья и их рационального
использования»**

И

ФЕДОРОВСКАЯ СЕССИЯ 2023

Санкт-Петербург. 10-12 октября 2023 г.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Деалтек 14
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ ЛЕТ



Санкт-Петербург
2023

УДК 553.04

ББК 26.34

М 34

Материалы Годичного собрания РМО «Минералого-геохимические исследования для решения проблем петро- и рудогенеза, выявления новых видов минерального сырья и их рационального использования» и Федоровской сессии 2023. СПб. 2023. 367 с.: ил.

В сборник включены материалы Годичного собрания Российского минералогического общества и Федоровской сессии-2023, посвященные обсуждению последних достижений, основных проблем и перспектив фундаментальной и прикладной минералогии, кристаллографии, геохимии.

Тематические направления Годичного собрания: (1) Общие вопросы минералогии. Минеральные ассоциации и процессы минералообразования. Минералы – индикаторы петро- и рудогенеза; (2) Минералогические критерии прогнозирования и оценки месторождений стратегического минерального сырья; (3) Технологическая и экологическая минералогия; (4) Органическая минералогия и биоминералогия; (5) Природный камень в искусстве и архитектуре. Археоминералогия. Минералогия камнесамоцветного сырья и геммология.

Тематические направления Федоровской сессии: (6) Минералогическая кристаллография и кристаллохимия. Новые минералы; (7) История науки. Минералогические музеи и коллекции. Опыт преподавания минералогии.

Тезисы публикуются в авторской редакции при минимальной редакторской правке.

Ответственные редакторы: Ю.Л. Гульбин
С.А. Акбарпуран Хайяти

Компьютерный макет: Д.А. Петров

Рецензенты: чл.-корр. РАН Ю.Б. Марин
д.г.-м.н. М.А. Иванов
д.г.-м.н. А.В. Козлов

Настоящее издание осуществлено при финансовой поддержке:

Компании «ООО Деалтек»;
Компании «ООО ПВП «СНК»»:

© Авторы и Российское минералогическое общество, 2023
© Authors and the Russian Mineralogical Society, 2023

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ УРАНИЛ СИЛИКАТОВ: УИКСИТА И КАЗОЛИТА

Тагирова Я.Г. (yanki.tagirova@yandex.ru), **Назарчук Е.В.**
Санкт-Петербургский государственный университет

HIGH-TEMPERATURE CRYSTAL CHEMISTRY OF URANYL SILICATES: WEEKSITE AND KASOLITE

Tagirova Y.G.¹, Nazarchuk E.V.
Saint Petersburg State University

DOI: <https://doi.org/10.30695/zrmo/2023.160>

Типичными минералами зон окисления урановых месторождений являются силикаты шестивалентного урана. Благодаря способности силикатного аниона к полимеризации с образованием сложных комплексов разной размерности, в структурах уранил силикатов реализуется широкий спектр микропористых каркасных построек. Топологии кристаллических структур уранил силикатов и эксперименты по ионному обмену демонстрируют значимость этих соединений, как прототипов новых функциональных материалов. Изучение процессов образования и преобразования уранил силикатов в зонах окисления урановых месторождений во многом только начинается. Одним из ключевых параметров, влияющих как на устойчивость уранил силикатов, так и на их способность к ионному обмену является температура.

Настоящее исследование направлено на изучение термического поведения двух уранил силикатов: уиксита $K_2(UO_2)_2(Si_5O_{13}) \cdot 4H_2O$ (Anderson Mine, США) и казолита $Pb(UO_2)(SiO_4) \cdot H_2O$ (Shinkolobwe Mine, ДР Конго) методами монокристаллической и порошковой терморентгенографии. В рамках исследования получен и структурно охарактеризован рубидиевый аналог уиксита.

Уиксит кристаллизуется в пространственной группе $C2/m$, $a = 14.1957(4) \text{ \AA}$, $b = 14.2291(5) \text{ \AA}$, $c = 9.6305(3) \text{ \AA}$, $\beta = 111.578(3)^\circ$, $V = 1808.96(10) \text{ \AA}^3$ (Fejragova, 2012). Структура минерала представляет собой каркас, построенный объединением уранил силикатных слоев через свободные вершины SiO_4 тетраэдров. В каналах каркаса располагаются атомы калия и молекулы воды. Рубидиевый аналог уиксита $Rb_2(UO_2)_2(Si_5O_{13}) \cdot 2H_2O$ получен методом синтеза из расплава в вакууме. Кристаллическая структура соединения решена в группе $C2/m$, $a = 14.004(2) \text{ \AA}$, $b = 14.2318(3) \text{ \AA}$, $c = 9.6105(2) \text{ \AA}$, $\beta = 108.234(2)^\circ$, $V = 1819.21(6) \text{ \AA}^3$, $R_I = 0.032$.

Казолит кристаллизуется в пространственной группе $P2_1/c$, $a = 6.7050(3) \text{ \AA}$, $b = 6.9257(2) \text{ \AA}$, $c = 13.2857(5) \text{ \AA}$, $\beta = 105.064(4)^\circ$, $V = 595.74(3) \text{ \AA}^3$ (Fejragova, 2013). Кристаллическая структура минерала построена на основе слоев с уранофановой топологией, между которыми располагаются атомы свинца и молекулы воды.

Монокристаллические рентгеноструктурные эксперименты при комнатной температуре и в градиенте температур проводились на дифрактометре Rigaku XtaLAB Synergy-S с высокотемпературной приставкой «Hot Air Gas Blowers». Терморентгенографические порошковые исследования проводились на дифрактометре Rigaku Ultima IV с высокотемпературной приставкой «SHT-1500». Исследования методами монокристаллической и порошковой терморентгенографии позволяют не только изучить фазовые преобразования и изменения параметров элементарной ячейки минералов в градиенте температур, но и описать тепловое расширение их структур, опираясь на изменения координат атомов.

Уиксит устойчив до температуры 875 ± 25 К, выше которой отмечается полное исчезновение дифракционных максимумов, свидетельствующее о плавлении минерала. На графиках зависимости параметров элементарной ячейки от температуры наблюдаются два температурных интервала 300–450 К и 450–875 К. В интервале 300–450 К отмечается резкое уменьшение параметров b и β , свидетельствующее о дегидратации минерала. В интервале 450–875 К параметры a , b , c , β , V увеличиваются. Тепловое расширение уиксита анизотропно $\alpha_{11} = -2.4$, $\alpha_{22} = 0.3$, $\alpha_{33} = 5 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Значения главных коэффициентов теплового расширения, полученные для синтетического аналога минерала близки $\alpha_{11} = -1.7$, $\alpha_{22} = 4.5$, $\alpha_{33} = 7.2 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹.

Казолит устойчив до температуры 950 ± 10 К, после чего разлагается с образованием смеси оксидов урана, свинца и кремния. Процесс дегидратации минерала проходит в интервале 300–450 К и отмечается резким уменьшением параметра a и увеличением угла β . В интервале 450–950 К параметры a , c , V увеличиваются, в то время как b и β уменьшаются. Термическое расширение казолита резко анизотропно $\alpha_{11} = -33 \rightarrow 42$, $\alpha_{22} = -30 \rightarrow 24$, $\alpha_{33} = 10 \rightarrow 6.9 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Максимальное тепловое расширение отмечается перпендикулярно плоскости уранил силикатных слоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 23-27-00153, <https://rscf.ru/en/project/23-27-00153/>. Рентгеновские исследования проведены с использованием оборудования РЦ СПбГУ «Рентгенодифракционные методы исследования».

Список литературы

Fejfarova K., Plasil J., Yang H., Cejka J., Dusek M., Downs R., Barkley M., Skoda R. Revision of the crystal structure and chemical formula of weeksite, $K_2(UO_2)_2(Si_5O_{13}) \cdot 4H_2O$ // Am. Mineral. 2012. Vol. 97. P. 750–754.

Fejfarova K., Dusek M., Plasil J., Cejka J., Sejkora J., Skoda R. Reinvestigation of the crystal structure of kasolite, $Pb[(UO_2)(SiO_4)](H_2O)$, an important alteration product of uraninite, UO_{2+x} // J. Nucl. Mater. 2013. Vol. 434. P. 461–467.