

**Отзыв на автореферат диссертации ЦАО Цюсян**  
**«Радиационные повреждения в природных минералах как аналогах матриц для**  
**захоронения радиоактивных отходов»**  
**на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук**

от главного научного сотрудника Геологического института  
Кольского научного центра Российской Академии Наук (ГИ КНЦ РАН),  
д.г.-м.н., профессора Горяинова Павла Михайловича<sup>1</sup>

и

младшего научного сотрудника Центра наноматериаловедения  
Кольского научного центра Российской Академии Наук (ЦНМ КНЦ РАН)  
Калашниковой Галины Олеговны<sup>2</sup>

*1 – Геологический институт Кольского НЦ РАН (ЦНМ КНЦ РАН), РФ, 184209,  
Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д.14.*

*E-mail: pgor@geoksc.apatity.ru*

*2 - Центр наноматериаловедения Кольского НЦ РАН (ЦНМ КНЦ РАН), РФ, 184209,  
Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д.14.*

*E-mail: galka27\_89@mail.ru*

Работа ЦАО Цюсян посвящена анализу изменений физико-химических особенностей природных метамиктных минералов: циркона, «ловчоррита» и «самарскита», содержащих изоморфные примеси U и Th, под воздействием нагрева и в процессе восстановления кристаллической структуры.

Содержание детальных исследований представляет собой изучение химического состава и структуры крупных образцов метамиктных минералов (Y-Fe-ниобата типа «самарскита», «ловчоррита» (аморфного ринкита) и циркона); изучение свойств растворов U и Th в результате термического воздействия на метамиктные минералы и их раскристаллизации; оценка радиационных воздействий на кристаллическую структуру циркона. Это позволило значительно восполнить имеющиеся представления о поведении радиоактивных актиноидов в геологической среде.

Материал работы позволяет оценить влияние актиноидов на процессы, которые могут возникать при длительном захоронении высокорadioактивных отходов (ВАО) в виде керамических матриц со структурами циркона, монацита, граната, пирохлора, перовскита и др.

Данное направление особенно актуально в настоящее время, поскольку материалы такого рода в силу ряда значительных недостатков уже широко применяемых на практике методов кальцинации и последующего остекловывания ВАО привлекают к себе внимание исследователей. Химическая и радиационная неустойчивость стекломатрицы при удержании актиноидов в течение длительного времени является основной технологической проблемой подобной консервации радиоактивного материала.

Поскольку проблема очистки и захоронения радиоактивных отходов представляет собой серьезную проблему современной технологической цивилизации, исследования, проведенные в данной работе, могут способствовать пониманию механизмов протекания процессов, вызванных самооблучением кристаллических структур керамических материалов. Изученные в работе превращения минералов, содержащих изоморфные примеси U и Th, позволят находить не только новые пути решения проблем, возникающих в сфере локализации радиоактивных отходов, но и, тем самым, оценить возможность применения искусственных аналогов природных соединений (минералов) в качестве керамических форм для захоронения актиноидных отходов.

Особого внимания в работе заслуживает то, что исследование минералов проводилось посредством разнообразных методов анализа. Это позволило автору собрать представительный материал для характеристики рассматриваемых соединений.

Очень интересные и важные для продолжения работ в данном направлении результаты получены при проведении рентгеноспектрального микроанализа, а также рентгенофазового и монокристалльного рентгеновского анализов зерен «ловчоррита», полностью метамиктного радиоактивного Y-Fe-ниобата и циркона, отожженных в различных средах и температурных режимах.

Полученные данные позволили автору достаточно подробно проследить схему фазообразования различных новых фаз на основе изучаемых минералов в результате их отжига, а также установить характер перераспределения примесей и радиоактивных элементов в образующихся новых фазах.

В ходе проведенных исследований установлено, что отжиг рассматриваемых в работе минералов, может привести к интересным структурным превращениям. Таким образом, предоставленная автором оценка влияния атмосферы и температуры отжига на превращения, происходящие в структуре минералов, действительно имеет большое значение для понимания оптимального уровня изоморфного внедрения радионуклидов в керамические матрицы радиоактивных отходов и моделирования их долговременного поведения. Что в свою очередь представляет собой особую значимость для ядерной энергетики.

Работа имеет очевидные прикладные перспективы, поскольку она является заметным вкладом в развитие фундаментальных знаний о процессах радиационных повреждений в твердых материалах. Работа открывает новые пути решения проблем при создании устойчивых к радиоактивному излучению перспективных керамических материалов, предназначенных для длительного хранения радиоизотопов с большим периодом полураспада. Адекватность модельных процессов, протекающих в материалах с радиоизотопами, способствует правильному подбору оптимальных кристаллических минералоподобных матриц, разработке безопасных технологий обращения с соединениями такого рода, методам безопасного использования, хранения и изоляции актиноидов.

Работа написана хорошим научным языком и прекрасно иллюстрирована. По ее результатам опубликовано достаточное количество статей как в трудах международных и российских научных конференций, так и в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК.

Полагаем, что работа ЦАО Цюсян может получить развитие в сфере атомной энергетики и радиохимии.

Главный научный сотрудник ГИ КНЦ РАН,

д.г.-м.н., профессор

26.11.14.

П.М. Горяинов

Младший научный сотрудник

Центра наноматериаловедения КНЦ РАН

26.11.14.

Г.О. Калашникова



*В.В. Коструба*

РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ  
НАМЕСТНИК  
ОБЩЕГО ОТДЕЛА

**Л.В. КОСТРУБ**

\*26\* 14 2014 ГОДА



ПОДПИСЬ  
ПО МЕСТУ РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ  
ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ОБЩЕГО ОТДЕЛА  
ГИ КНЦ РАН  
Ю.Т. КУЗЬМИНСКАЯ  
ПОДПИСЬ  
\*01\* 12 2014 Г.