ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Кенес Кайрат Маратулы „Гидротермальный синтез и свойства оксидных кристаллических матриц для иммобилизации радиоактивных отходов“, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072000 –Химическая технология неорганических веществ

1. **Актуальность темы исследования**

Иммобилизация радиоактивных отходов (РАО), образующихся в результате ядерного топливного цикла, является одной из наиболее острых и потенциально дорогостоящих экологических проблем в настоящее время. Благодаря высокой температуре плавления, химической стойкости, теплофизическим и термомеханическим свойствам материалы на основе $LaPO_4$ перспективны для использования в качестве иммобилизаторов РАО. Особенно перспективно использование наночастиц с квазиодномерной морфологией (наностержней).

Диссертантом разработан способ иммобилизации РАО в жестких кристаллических матрицах ортофосфата лантана $LaPO_4$, которые могут длительно удерживать радионуклиды.

2. **Степень обоснованности и достоверности результатов, их новизны**

Методом гидротермальной обработки получены ортофосфаты лантана с разными морфологическими характеристиками, размерами кристаллитов и структурой фосфата лантана в зависимости от pH, температуры, времени и метода нагрева. Трансформация фазы со структурой рабдофана в структуру монацита инициируется выделением воды из структуры, однако некоторое время безводный h-LaPO4 сохраняет свою структуру, оставаясь в метастабильном состоянии, что связано, по-видимому, с тем, что трансформация h→m-LaPO4 сопряжена со значительными структурными изменениями. Для обеспечения трансформации гексагонального фосфата лантана $LaPO_4$ моноклинную в гидротермальных условиях необходимо обработку проводить при температуре не ниже 190°C.

Гидротермальная обработка при микроволновом нагреве обеспечивает получение нанокристаллического *m*-$LaPO_4$ с наибольшей скоростью, наименьшими размерами кристаллитов и частиц по сравнению с гидротермальной обработкой при внешнем способе нагрева автоклава.

Показано, что до 500°C нанокристаллический ортофосфат лантана со структурой рабдофана теряет кристаллогидратную воду и при 520-540°C трансформируется в нанокристаллическую фазу со структурой монацита. При 600°C процесс формирования нанокристаллов $LaPO_4$ как со структурой рабдофана, так и моноцита протекает по механизму зародышеобразования и только после 700°C активируется процесс роста кристаллов.

Термообработка смеси $LaPO_4$ с LaP_3O_9 при 1100°C приводит к резкому снижению пористости до ~5 % при незначительном росте зерен (200-400 нм) и наблюдаются экстремальные значения теплопроводности

(λ(25°C)=3.2Вт/м·К), микротвердости (H_v(25°C)=4.6±0.4ГПа), модуля Юнга (E(25°C)=132±9ГПа), трещинностойкости (K_{1c}(25°C)=1.6±0.1МПа·м$^{1/2}$). Определено, что коэффициент термического расширения материала слабо зависит от режима термообработки и составляет (8.2±0.2)·10^{-6} К$^{-1}$. Сравнение теплофизических, механических и термомеханических характеристик материалов на основе композиции $LaPO_4$ с включением ~7.5 об.% фазы LaP_3O_9 показывает возможность использования его в качестве конструкционного или теплоизоляционного и иммобилизационного материала на основе $LaPO_4$.

3. **Теоретическое и практическое значение результатов**

Полученные результаты по синтезу фосфата лантана гидротермальным методом и спекание кристаллических керамических материалов имеют как теоретическое, так и практическое инженерное значение. Сделан существенный вклад автором в теорию трансформации рабдофана в монацит. Благодаря высокому эффективному сечению лантана в совокупности с отличными механическими и физико-химическими свойствами полученные материалы имеют высокую перспективу в использовании их в ядерной энергетике и урановой промышленности для иммобилизации радиоактивных отходов и защиты от ионизирующего излучения

4. **Недостатки по содержанию и оформлению диссертации**

Работа выполнена на высоком научно-теоретическом уровне и содержит новые материалы, требующие дальнейшего совершенствования как методов синтеза, так и способ их использования для иммобилизации РАО.

5. **Соответствие диссертации требованиям, предъявляемым к научной квалификационной работе**

Диссертационная работа Кенес К.М. „Гидротермальный синтез и свойства оксидных кристаллических матриц для иммобилизации радиоактивных отходов представленной на соискание академической степени доктора философии (PhD) по специальности «Химическая инженерия» соответствует всем требованиям, предъявляемым к научно-квалификационной работе.

6. Рекомендация (или отклонение) диссертации к публичной защите

Диссертационная работа Кенес К.М. „Гидротермальный синтез и свойства оксидных кристаллических матриц для иммобилизации радиоактивных отходов“ рекомендуется к публичной защите.

15 октября 2019 г.

Научный руководитель,
доктор химических наук,
профессор, генеральный директор
ТОО «Modern Chemistry» М.К.Алдабергенов

Казакстан Республикасы Алматы қаласы ЖАУАПКЕРШІЛІГІ ШЕКТЕУЛІ СЕРІКТЕСТІГІ MODERN CHEMISTRY ТОВАРИЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ Город Алматы Республика Казахстан