

Увеличение массовой доли матрицы (Y_2O_3) с 10 до 30 % в составе МОК (при $f_d = 50$ Гц, $Q_{ов} = 2,8$ кг/с, $\alpha = 0,3$) также приводит к снижению размера частиц в водных суспензиях с 13,6 до 10,2 мкм. При этом $S_{уд}$ порошков увеличивается с 6,9 до 8,6 м²/г, а размер «кристаллитов» в них снижается с 118 нм до 93 нм.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании энергоэффективной технологии плазмохимического синтеза наноструктурных топливных оксидных композиций из растворов ВОНР для толерантного REMIX-топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
2. Novoselov I. Yu., Karengin A.G., Babaev R.G. Simulation of Uranium and Plutonium Oxides Compounds Obtained in Plasma // AIP Conference Proceedings. – 2018. – V. 1938. – P. 1-5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ПЛУТОНИЙ-ТОРИЕВОГО ТОЛЕРАНТНОГО ТОПЛИВА

К.С. Иванов, Д.С. Щербина, А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ksi5@tpu.ru

При использовании топливных оксидных композиций (ТОК), включающих изотопы плутоний-239 и торий-232, отпадает необходимость в дорогостоящем изотопном обогащении и появляется возможность создания ядерных энергетических установок для «сжигания» накопленных запасов оружейного плутония. Однако у этого топлива есть серьезный недостаток – низкая теплопроводность [1]. В аварийных ситуациях без охлаждения топлива это приведет к повышению температуры, развитию пароциркониевой реакции и разрушению оболочек ТВЭЛов. Решением этой проблемы является создание устойчивого к аварийным ситуациям плутоний-ториевого толерантного ядерного топлива (Accident Tolerant Fuel), включающего диоксиды плутония и тория, равномерно распределенные в оксидной матрице с высокой теплопроводностью и малым поперечным сечением поглощения нейтронов.

В отличие от применяемых методов получения топливных оксидных композиций (раздельное получение и механическое смешение, золь-гель и др.), плазмохимический синтез ТОК в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны), имеет следующие преимущества: одностадийность, высокая скорость, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, низкие энергозатраты [2].

В работе представлены результаты исследований процесса плазмохимического синтеза модельных оксидных композиций (МОК) из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и смешанные водные нитратные растворы самария (вместо плутония), церия (вместо тория) и магния. В ходе исследований проводились лазерная дифракция водных суспензий МОК, сканирующая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ полученных порошков.

Установлено, что при расходе воды на «закалку» (2,8 кг/с) и частоте диспергатора (50 Гц), увеличение массовой доли матрицы (MgO) с 10 до 30 % в составе МОК « $Sm_2O_3-Ce_2O_3-MgO$ » приводит при значениях $\alpha = Sm_2O_3/(Sm_2O_3+Ce_2O_3)$ к снижению размера частиц МОК в водных суспензиях после узла «мокрой» очистки с 9,4 до 7,4 мкм ($\alpha = 0,1$), с 12,9 до 5,3 мкм ($\alpha = 0,2$) и с 6,6 до 4,7 мкм ($\alpha = 0,3$). При этом размер «кристаллитов» в частицах не превышает 90 нм, что подтверждает возможность плазмохимического синтеза наноструктурных топливных оксидных композиций из диспергированных растворов ВОНР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
2. Шаманин И.В., Каренгин А.Г., Каренгин А.А., Новоселов И.Ю. Плазмохимический синтез и исследование наноразмерных оксидных композиций, имитирующих уран-ториевое дисперсионное ядерное топливо // Атомная энергия. – 2021. – Т. 131. – №. 1. – С. 46-49.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УРАН-ТОРИЕВОГО ТОЛЕРАНТНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Е.Д. Помесечная, Л.А. Шестакова, А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: edp8@tpu.ru

В ходе многолетней работы предприятий ядерного топливного цикла в бассейнах-хранилищах накоплены миллионы тонн жидких радиоактивных отходов в виде иловых отложений (ИЛО), имеющими следующий состав: Fe (3-17 %), Si (2,8-8,5 %), Ca (0,2-3,2 %), Mg (1,0-2,8 %), Na (0,7-1,9 %), P (0,1-0,9 %), остальное вода [1]. Общими недостатками применяемых методов утилизации (химические, электрохимические, сорбционные и др.) и стабилизации ИЛО с переводом в устойчивые формы, препятствующие миграции радионуклидов, являются многостадийность, продолжительность и высокая стоимость [2,3]. Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при переработке ИЛО в виде оптимальных по составу диспергированных ило-органических композиций (ИЛОК), включающих органический компонент (спирты, кетоны и др.) и имеющих адиабатическую температуру горения не менее 1500 К, что обеспечивает их энергоэффективную плазменную переработку [4].

В результате расчетов определен состав ИЛОК (40,0 % ИЛО : 15,5 % ДТ : 44,5 % Вода), имеющий $T_{ад} \approx 1500$ К. Проведено термодинамическое моделирование процесса при атмосферном давлении (0,1 МПа), широком диапазоне температур (300-4000) К и массовых долях воздушного плазменного теплоносителя (10...90) %. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA». Показано, что при температурах до 1800 К и массовой доле воздуха 70 % и выше основными продуктами в конденсированной фазе являются простые и сложные оксиды металлов, включая магнитный оксид железа $Fe_3O_4(c)$, что позволит применить магнитное осаждение для извлечения этих продуктов.

По результатам проведенных исследований могут быть рекомендованы для практической реализации следующие условия: состав ИЛОК (40,0 % ИЛО : 15,5 % ДТ : 44,5 % Вода); массовое отношение фаз (70 % воздух : 18 % ИЛОК); температура (1500±200) К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орешкин Е.А., Каренгин А.Г., Шаманин И.В. // IV Международная школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 18.
2. Шингарев Н.Э. и др. Способы обращения с илами водоемов-хранилищ радиоактивных отходов. // Экология и промышленность России. – 2000. – № 3. – С. 43-45.
3. Соболев И.А., Хомчик Л.М. Обезвреживание радиоактивных отходов на централизованных пунктах. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С. 75-78.
4. Shekhovtsova A.P., Karengin A.G. Efficiency Assessment of Using Flammable Compounds from Water Treatment and Methanol Production Waste for Plasma Synthesis of Iron-Containing Pigments // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 142. Article number 012045. – P. 1.