

# ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ДИСПЕРСИОННОЕ УРАН-ТОРИЕВОЕ ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО

Тихонов А.Е., Расторгуев В.И., Каренгин А.А.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: aet13@tpu.ru

В отличие от применяемого ядерного топлива из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, имеющего низкую теплопроводность, короткий цикл использования (3-5 лет) и ограниченный ресурс изотопа уран-235, перспективным является уран-ториевое дисперсионное ядерное топливо (ДЯТ), включающее оксиды делящихся металлов (уран, торий), равномерно распределенных в оксидной матрице, имеющей высокую теплопроводность и низкое сечение резонансного поглощения нейтронов [1].

При использовании изотопа торий-232 отпадает необходимость в дорогостоящем изотопном обогащении, а цикл использования такого ЯТ может быть доведен до 10-15 лет. При этом прогнозных запасов тория в земной коре в 3-5 раз больше, чем урана, а использование топлива из сложных оксидных композиций (СОК) на основе урана и тория даст возможность создания сверхмалых (до 10 МВт) и малых (до 100 МВт) энергетических установок для использования в удаленных и труднодоступных регионах, на рудниках и карьерах [2]. Однако у такого ЯТ остается существенный недостаток – низкая теплопроводность.

Плазмохимический синтез сложных оксидных композиций (СОК) из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны), в отличие от применяемых методов получения СОК путем раздельного получения и механического смешения оксидов металлов, имеет следующие достоинства: одностадийность, 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 СОК из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и смешанные водные нитратные растворы неодима (вместо урана), церия (вместо тория) и магния. Подготовленные растворы ВОНР подавались (300 л/ч) через диспергатор в реактор плазменного модуля на базе ВЧФ-плазмотрона, где в воздушно-плазменном потоке при температурах  $\geq 1000$  °С осуществлялся синтез СОК, далее в узле «мокрой» очистки происходило их резкое охлаждение («закалка») с образованием водных суспензий СОК, которые отстаивали, фильтровали и прокаливали в течение 20 минут при температуре 150 °С.

В ходе исследований проводились лазерная дифракция водных суспензий СОК, сканирующая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ полученных порошков.

Установлено, что при расходе воды на «закалку» (2,8 кг/с), частоте диспергатора (50 Гц) и различных значениях  $\alpha = \text{Nd}/(\text{Nd} + \text{Ce})$  увеличение доли MgO (10...30 %) в составе СОК «Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO» приводит: к снижению размера частиц водных суспензий СОК с 9,8 до 9,3 мкм (при  $\alpha = 0,5$ ); с 8,9 мкм до 6,8 мкм (при  $\alpha = 0,6$ ) и с 6,6 мкм до 4,7 мкм (при  $\alpha = 0,7$ ). При этом, размер «зерен» в частицах СОК не превышает 70 нм, что подтверждает плазмохимический синтез наноразмерных СОК из растворов ВОНР.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-19-00136).

## 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.