

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ «ОКСИД САМАРИЯ–ОКСИД ЦЕРИЯ–ОКСИД МАГНИЯ»

Басс В.И., Иванов К.С., Зубов В.В.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vadim2@tpu.ru

Общими недостатками применяемых методов получения сложных оксидных композиций (золь-гель процесс, раздельное получение и механическое смешение) являются: многостадийность, неравномерное распределение фаз, необходимость использования большого количества химических реагентов, высокие энерго- и трудозатраты.

К несомненным преимуществам применения плазмы для плазмохимического синтеза сложных оксидных композиций (СОК) из диспергированных смешанных водных нитратных растворов (ВНР) следует отнести: одностадийность; высокую скорость; возможность активно влиять на размер и морфологию частиц; компактность технологического оборудования [2]. Однако плазменная переработка только ВНР требует значительных энергозатрат (до 4 МВт·час/т) и не позволяет получать в одну стадию СОК требуемого стехиометрического состава без дополнительного водородного восстановления [1].

Применение плазмохимического синтеза СОК в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих ВНР и органический компонент (спирты, кетоны и др.), и имеющих низшую теплотворную способность не менее 8,4 МДж/кг, приведет к существенному снижению энергозатрат на их переработку (до 0,1 МВт·час/т), позволит значительно увеличить производительность плазменных установок и обеспечит условия в плазмохимическом реакторе для прямого синтеза в воздушной плазме наноразмерных СОК, имеющих гомогенное распределение фаз, высокую теплопроводность и требуемый стехиометрический состав без дополнительного водородного восстановления [2].

В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса плазмохимического синтеза СОК «оксид самария–оксид церия–оксид магния» из растворов ВОНР, включающих водные нитратные растворы самария, церия, магния и органический компонент (этанол, ацетон), а также закономерности влияния состава растворов ВОНР и режимов их переработки, обеспечивающих в воздушной плазме прямой синтез наноразмерных композиций «оксид самария–оксид церия–оксид магния».

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  $\alpha = \text{Sm}/(\text{Sm}+\text{Nd})$  увеличение доли MgO (10...30 %) в составе СОК « $\text{Sm}_2\text{O}_3\text{-Ce}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ » приводит: к снижению размера частиц водных суспензий СОК с 9,4 до 7,4 мкм (при  $\alpha = 0,1$ ); с 12,9 до 5,3 мкм (при  $\alpha = 0,2$ ) и с 6,6 до 4,7 мкм (при  $\alpha = 0,3$ ). При этом размер «зерен» в частицах СОК не превышает 90 нм, что подтверждает плазмохимический синтез наноразмерных СОК из растворов ВОНР.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для создания энергоэффективной технологии плазмохимического синтеза наноразмерных СОК из диспергированных растворов ВОНР редкоземельных, редких, рассеянных и делящихся металлов.

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее.– М.: Физматлит, 2003. – 759 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.

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНОВ-ХРАНИЛИЩ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Шестакова Л.А.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: shestakova\_lyu@mail.ru

В бассейнах-хранилищах предприятий ЯТЦ накоплены жидкие радиоактивные отходы с иловыми отложениями (ИЛО), основными компонентами которых являются: (3-17) % Fe, (2,8-8,5) % Si, (0,2-3,2) % Ca, (1,0-2,8) % Mg, (0,7-1,9) % Na, (0,1-0,9) % P, остальное вода [1].

Для переработки ИЛО используются химические, сорбционные, электрохимические способы и механическая классификация с отделением фракций с наибольшим содержанием радионуклидов [2]. Для стабилизации ИЛО и их перевода в устойчивые формы, препятствующие миграции радионуклидов, используются различные способы высокотемпературной переработки с получением керамических и

стеклоподобных матриц [2,3]. Их недостатками являются низкая эффективность, многостадийность и высокая стоимость.

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазмохимической переработке ИЛО в виде оптимальных по составу илоорганических суспензий (ИЛОС), имеющих адиабатическую температуру горения не менее 1200°C [4].

На рис. 1 показано влияние содержания ИЛО и дизельного топлива (ДТ) на адиабатическую температуру горения ( $T_{ад}$ ) различных по составу илоорганических суспензий.

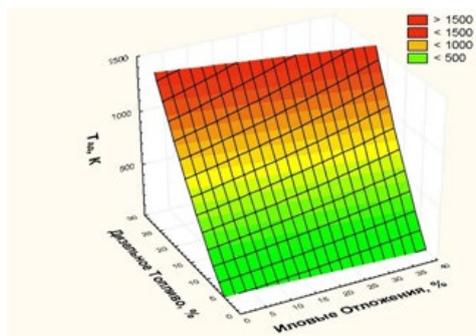


Рис. 1. Влияние содержания ИЛО и ДТ на адиабатическую температуру горения илоорганических суспензий

Из полученной зависимости определен состав илоорганической суспензии (ИЛОС-1) с максимальным содержанием ИЛО (40 %), имеющей  $T_{ад} \approx 1200^\circ\text{C}$ : (15,5 % ДТ : 44,5 % Вода : 40 % ИЛО). Для определения оптимальных условий процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазмохимической переработки композиции ИЛОС-1. Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), широком диапазоне температур (300-4000) К и для различных массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (10-90) %. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

В результате проведенных расчетов показано, что при температурах до 1500 К и массовой доле воздуха 70 % и выше основными продуктами в конденсированной фазе являются простые и сложные оксиды металлов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и др.) включая магнитный оксид железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{c})$ , что позволит применить магнитное осаждение для извлечения этих продуктов.

По результатам проведенных исследований могут быть рекомендованы для практической реализации следующие условия: состав композиции ИЛОС-1 (15,5 % ДТ : 44,5 % Вода : 40 % ИЛО); массовое отношение фаз (70 % воздух : 18 % ИЛОС-1); 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: 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.

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

Хоцеловский Н.С., Каренгин А.А., Побережников А.Д.

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

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

E-mail: nsh4@tpu.ru

Приоритетным направлением дальнейшего развития ядерной энергетики в России является создание АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, использующих уран-плутониевое дисперсионное ядерное топливо (ДЯТ) в виде сложных оксидных композиций (СОК), включающих оксиды делящихся металлов (уран, плутоний) распределенных в матрице с высокой теплопроводностью и низким сечением резонансного поглощения нейтронов [1].

В отличие от применяемых методов получения сложных оксидных композиций (СОК) путем раздельного получения и механического смешения оксидов металлов, плазмохимический синтез СОК из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны), имеет следующие преимущества [2]: одностадийность, гомогенное