

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УРАНОВОГО ТОЛЕРАНТНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Д. М. Беляков¹, А. А. Каренгин², Н. И. Головков¹
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент ИЯТШ А. Г. Каренгин

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Томск, пр. Ленина, 30

²АО «СХК», 636039, Северск Томской области, ул. Курчатова, 1, karengin@tpu.ru

Основу ядерной энергетики России в XXI в. будут составлять АЭС с реакторами на «тепловых» нейтронах, использующих ядерное топливо в виде керамики из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, которое имеет низкую теплопроводность [1]. В аварийных ситуациях без охлаждения это приводит к повышению температуры топлива, развитию паро-циркониевой реакции и разрушению циркониевых оболочек твэлов. Решением этой проблемы является создание устойчивого к аварийным ситуациям толерантного топлива (Accident tolerant fuel), содержащего включения из делящегося материала (диоксида урана), равномерно распределенного в матрице из оксидов металлов, имеющих высокую теплопроводность и малое поперечное сечение поглощения тепловых нейтронов.

Традиционные методы изготовления оксидных композиций (золь-гель, раздельное получение и механическое смешение) многостадийны, продолжительны, не обеспечивают требуемый состав и равномерное распределение фаз, имеют высокие энергозатраты. Предлагается плазмохимический синтез оксидных композиций в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны) и имеющих адиабатическую температуру горения около 1200 °С, что обеспечивает одностадийность, высокую скорость, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, равномерное распределение и требуемый состав фаз без дополнительного водородного восстановления, низкие энергозатраты [2].

Экспериментальные исследования процесса плазмохимического синтеза оксидных композиций, имитирующих урановое ATF-топливо, проводили на растворах ВОНР, включающих органический компонент (ацетон), водные нитратные растворы неодима (вместо урана) и магния (металл матрицы). Подготовленные растворы ВОНР поступали с расходом 300 л/ч в дисперга-

тор и далее в реактор, где в воздушно-плазменном потоке осуществлялся плазмохимический синтез простых оксидов и оксидных композиций «оксид неодима–оксид магния» при температуре $T_p = (1100 \pm 50)$ °С. Контроль температуры осуществлялся высокоточным цифровым инфракрасным пирометром (IPE 140/45) по линии поглощения диоксида углерода. После реактора пыле-парогазовая смесь поступала для «заковки» в узел «мокрой» очистки отходящих газов с получением водных суспензий, которые отстаивали, полученные осадки отделяли, фильтровали, прокаливали в течение 30 минут при температуре 150 °С и передавали на исследование их физико-химических свойств.

Показано, что плазменная переработка диспергированных растворов ВОНР-1,2,3 с содержанием нитрата неодима 300, 500 и 1500 г/л приводит (при частоте вращения ротора диспергатора $f_o = 50$ Гц и расходе охлаждающей воды на «закалку» $Q_{ог} = 2,3$ кг/с) к увеличению размера образующихся частиц оксида неодима (Nd_2O_3) в водной суспензии с 8,7 до 10,2 мкм. При этом удельная поверхность порошков уменьшается с 6,9 до 5,9 м²/г, а размер кристаллитов в их составе увеличивается со 106 до 117 нм. Повышение $Q_{ог}$ с 2,3 до 2,8 кг/с и $f_o = 50$ Гц приводит при плазменной переработке растворов ВОНР-4,5,6 с содержанием нитрата неодима 300, 500 и 1500 г/л к увеличению размера частиц Nd_2O_3 в водной суспензии с 7,8 до 8,7 мкм, снижению удельной поверхности порошков с 8,9 до 7,8 м²/г и увеличению размера кристаллитов в их составе с 92 до 103 нм.

Плазменная переработка диспергированных растворов ВОНР-7,8,9 приводит (при $f_o = 50$ Гц и $Q_{ог} = 2,8$ кг/с) к образованию оксидных композиций « Nd_2O_3 –MgO», в которых увеличение массовой доли матрицы (MgO) с 5 до 50 % ведет к снижению размера частиц оксидных композиций в водных суспензиях с 13,2 до 4,7 мкм, увеличению удельной поверхности порошков с 7,9

до 16,2 м²/г и снижению размера кристаллитов в их составе с 94 до 52 нм.

Результаты исследований могут быть использованы при создании технологии плазмохи-

мического синтеза наноструктурных оксидных композиций для уранового ATF-топлива.

Список литературы

1. Алексеев С. В., Зайцев В. А., Толстоухов С. С. *Дисперсионное ядерное топливо*. М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
2. Karengin A. G., Karengin A. A., Novoselov I. Y., Tikhonov A. E. // *Investigation of plasmachemi-*

cal synthesis of oxide compositions for plutonium-thorium dispersion nuclear fuel // Journal of Physics: Conference Series, 2021. – V. 1989, Article number 012005. – P. 1–5.

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИОНА КАЛЬЦИЯ (II) С ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Д. В. Беспалов

Научный руководитель – д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой НХ О. А. Голованова

*Кафедра неорганической химии, Химический факультет
Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского
644077, Россия, г. Омск, пр-т Мира, 55а, Dankovskiu@yandex.ru*

Аннотация

Синтезирован комплекс кальция (II) с глутаминовой кислотой из водных растворов соли хлорид кальция и Glu. Получены данные спектроскопических характеристик синтезированных соединений с помощью ИК спектроскопии, диапазон регистрации спектров от 500 до 4000 см⁻¹. Доказано образование комплексного соединения по типу «Ca²⁺–Glu» в мольном соотношении аминокислота–ион-металла – 1 : 1.

Экспериментальная часть

Синтез комплексов осуществлялся при соотношении катион металла АК 1:1. В основе получение данных соединений использовались методы рассмотренные в работах [1, 2].

В качестве комплексообразователя выступал ион кальция, входящий в состав безводного хлорида кальция. Лигандам выступала глутаминовая кислота (Glu).

В химическом стакане с дистиллированной водой, проводился электролиз на графитовых электродах, для доведения pH до ~ 10 единиц в присутствии малого количества CaCl₂ для увеличение электропроводности раствора. После этого растворяли навеску Glu (0,441 г) в 2 мл водного раствора (pH ~ 10). Затем вносили навеску CaCl₂·2H₂O (0,441 г). Использовали медленное выпаривание раствора при комнатной температуре, в процессе которого происходит химическая реакция АК с Ca²⁺ и кристаллизация полу-

ченного соединения. Через определённое время образовался кристаллический осадок комплекса, который уже отфильтровали обычным способом, промыли дистиллированной водой и высушили при температуре около 60 градусов для удаление лишней воды.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных ИК спектры комплекса состава Glu : Ca²⁺ показывает:

1. Две выраженные полосы $\nu_{as}(\text{NH}_2)=3392$ см⁻¹ и $\nu_s(\text{NH}_2)=3137$, которые отсутствуют в спектре аминокислоты из-за биполярного строения, но присутствует в спектре синтезированного комплекса, что подтверждает высказанное ранее нами предположение о донорно-акцепторном механизме образования связи между комплексообразователем и лигандом.

2. Интенсивная полосы $\nu_{as}(\text{COO}^-)=1643$ спектра АК Glu и $\nu_{as}(\text{COO}^-)=1627$ для полученного комплекса Glu : Ca²⁺. Смещение $\Delta\nu \approx 16$ см⁻¹ как раз свидетельствует о взаимодействии данной группы с комплексообразователем.

3. Выдвинуто предположение о том, что в комплексном соединении в области ~ 2006 см⁻¹ происходит сильное взаимодействие N–H⁺ ... O.

4. Рассмотрение полос в области «отпечатков пальцев» 500–1500 см⁻¹ – нет необходимости, но по положению пиков в этой области возможно идентифицировать соединения. Исходя из рис. 1, видно, что большинство полос спек-