

## ФЛОКУЛЯНТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ОСВЕТЛЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

И.В. Распутин, Н.А. Журавлев, В.А. Карелин  
Научный руководитель – д.т.н., профессор ОЯТЦ ТПУ Карелин В.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, rasputin.ilia@yandex.ru

Перед экстракционной переработкой облученного оксидного ядерного топлива (ОЯТ) реакторов на тепловых нейтронах при его растворении в азотной кислоте образуется раствор, содержащий коллоидные взвеси. Обычно их удаляют методом центрифугирования, недостаток которого – наличие движущихся деталей в центрифугах, приводящее к их частым остановкам и необходимости проведения технического обслуживания.

Для обеспечения надежности и безаварийности осветления коллоидных растворов необходима разработка принципиально нового метода. Одним из перспективных процессов является применение флокулянтов, которые увеличивают размеры коллоидных частиц осадка в результате их слипания.

Для определения принципиальной возможности применения флокулянтов для осветления азотнокислых растворов ОЯТ с концентрацией урана 1000 г/л, использованы неионогенные (высокомолекулярные флокулянты К4000 и К4020), анионный (К4032 низкомолекулярный с низкой плотностью заряда) и катионный (К6651 среднемолекулярный с высокой плотностью заряда).

Для создания нерастворимого осадка в качестве имитатора использовали мелкодисперсный

порошок графита. Исследования с полученным раствором (раствор имитатора), представленные на рис. 1, проводили при 90 °С и соотношении объемов раствора флокулянта к урансодержащему раствору, равном 1 : 10.

При использовании BESFLOC K4032 и BESFLOC K6651 флокулянтов эффекта осветления коллоидных растворов ОЯТ практически не наблюдается.

Для определения возможности использования неионогенных флокулянтов BESFLOC K4000 и K4020 выполнены исследования по разрушению коллоидных растворов, содержащих в качестве имитатора платиновый порошок. Его выбор обоснован нерастворимостью частиц платины в растворах с высокой концентрацией азотной кислоты. Однако при этом не происходит осветления коллоидного раствора.

При взаимодействии флокулянта BESFLOC K6651 с раствором, содержащим коллоидные частицы платины, в течение 1 часа происходило образование устойчивых комплексов. При перемешивании они не разрушались (рис. 2).

Таким образом для осветления растворов ОЯТ целесообразно использовать неионогенный BESFLOC K4000 и катионный BESFLOC K6651.

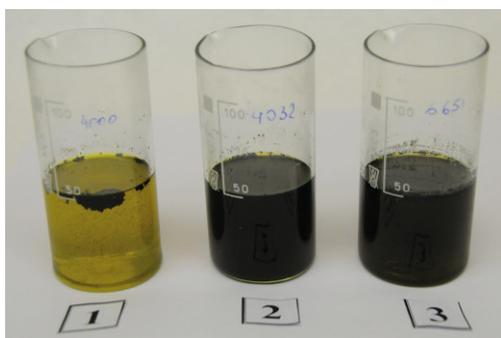


Рис. 1. Уранилнитратные растворы с концентрацией 1000 г/л по U и графитовым порошком после взаимодействия с флокулянтами: 1 – BESFLOC K4000; 2 – BESFLOC K4032; 3 – BESFLOC K6651

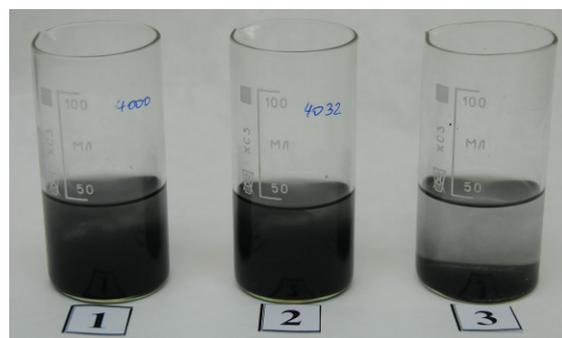


Рис. 2. Имитаторы коллоидных растворов платинового порошка после взаимодействия с флокулянтами: 1 – BESFLOC K4000; 2 – BESFLOC K4032; 3 – BESFLOC K6651

## Список литературы

1. Распутин И.В., Журавлев Н.А., Карелин В.А. *Переработка облученного ядерного топлива с применением флокулянтов // Химия и химическая технология в XXI веке. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – С. 448–449.*

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СМЕСИ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ С МАРШАЛИТОМ НА ВЫХОД $\beta$ -SiAlON ПРИ АЗОТИРОВАНИИ В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ

А.А. Регер<sup>1,2</sup>, К.А. Болгару<sup>2</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.И. Верещагин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национально исследовательский Томский политехнический университет  
634034, Россия, г. Томск, проспект Ленина 30, regerwork1@gmail.com

<sup>2</sup>Томский научный центр СО РАН  
634055, Россия, г. Томск, проспект Академический 10/4 kbolgaru2008@yandex.ru

Нитрид кремния и соединения на его основе (оксинитрид кремния, сиалон) являются востребованными материалами ввиду их уникальных физико-химических свойств. Наиболее интересным материалом на основе нитрида кремния является  $\beta$ -SiAlON, который представляет собой твердый раствор переменного состава на основе  $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, где атомы кремния замещены атомами алюминия, а атомы азота атомами кислорода [1].

Одним из способов получения сиалона является метод фильтрационного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Данный метод основан на проведение высоко экзотермичных реакций в форме волны горения. СВС является экспрессным, экологичным и энергоэффективным методом [2].

В качестве исходного материала для получения композитов на основе сиалона был взят ферросиликоалюминий (ФСА) марки ФС65А15, маршалит и продукт азотирования смеси ФСА с добавкой маршалита (10%). По результатам рентгеннофазового анализа ФСА является многофазным материалом и содержит фазы: Si, Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>, Al<sub>0,5</sub>Fe<sub>0,5</sub> и Al<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>. Маршалит представлен кварцем (SiO<sub>2</sub>) с примесями Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Перед синтезом исходные материалы измельчали до размера частиц менее 80 мкм и высушивали в сушильном вакуумном шкафу для удаления влаги и летучих примесных соединений.

В нашей публикации [3] было показано, что в продуктах азотирования смеси ФСА и марша-

лита содержится повышенное содержание фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>, наличие которой свидетельствует о незавершенности процесса азотирования. Также в работе [3] было показано, что максимальный выход сиалоновой фазы наблюдается при добавке маршалита от 10 до 20 масс. %.

С целью увеличения выхода сиалоновой фазы и уменьшения интенсивности фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub> в смесь порошков ФСА с 10 масс. % маршалита был добавлен порошок предварительно азотированной смеси ФСА с 10%-ной добавкой маршалита в количестве до 30 масс. %. Добавка предварительно азотированного порошка более 30 масс. % приводит к невозможности протекания реакции азотирования. На рисунке 1 показано изменение фазового состава в зависимости от количества добавки азотированного компонента. Из рентгенограмм следует, что увеличение добавки предварительно азотированного порошка приводит к постепенному уменьшению фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>. При добавке 30 масс. % (рис. 1с) на рентгенограмме наблюдается наименьшая интенсивность промежуточной фазы и наблюдается максимальный выход  $\beta$ -SiAlON.

Таким образом введение добавок предварительно азотированной смеси приводит к значительному уменьшению фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub> и увеличению выхода  $\beta$ -сиалона в полученных материалах. Основными фазами полученных композитов являются  $\beta$ -SiAlON и  $\alpha$ -Fe.