

персный порошок Pt – платиновая «чернь». Исследовано воздействие излучения  $d$  18,5 Рентген/ч на U-растворы с флокулянт в течение 3-х суток. После опытов внешний вид раствора не изменяется, а образовавшиеся агрегаты частиц не разрушаются.

Зависимость изменения оптической плотности  $I/I_0$  от времени для растворов  $UO_2(NO_3)_2$  с концентрацией 1000 г/л по U с мелкодисперсным порошком графита, после взаимодействия с флокулянтами BESFLOC показана на рисунке 1 (1 – раствором BESFLOC K4000; 2 – раство-

ром BESFLOC K4032; 3 – раствором BESFLOC K6651).

Незначительное увеличение размеров коллоидных частиц заметно только при длительном контакте ( $>1$  часа) с раствором анионного флокулянта BESFLOC K4032 и катионного флокулянта BESFLOC K6651. Образовавшиеся частицы обладают рыхлой структурой и при перемешивании разрушаются.

Неионогенный BESFLOC K4000 за 10 мин уменьшили оптическую плотность раствора  $I/I_0$  до 8 ед., а через 20 мин произошло практически полное осветление исходного раствора.

### Список литературы

1. Choi E.Y. et al. *Progress in Natural Science: Materials International*, 2015.– 25(6).– 572–582.
2. Alekseev P.N. et al.: *Physics of Atomic Nuclei*, 2015.– 78(11, 1).– P.1264–1273.
3. Chen G.J. *International Conference on Nuclear Engineering, Proceedings, ICONE (Xi'an; China, 2010.– 1.– 4 p.*

## ПОЛУЧЕНИЕ БЕСКИСЛОРОДНЫХ ФТОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И.И. Рудых

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ф.А. Ворошилов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, iir4@tpu.ru

Изготовление оптических материалов, способных работать в инфракрасном диапазоне, а также пригодных для использования в волоконной оптике на сегодняшний день является актуальной проблемой. Перспективным сырьем для изготовления кристаллов, обладающих уникальными пропускными способностями, являются фториды редкоземельных элементов с минимальным содержанием кислорода [1].

Для получения фторидов квалификации «ОСЧ» могут быть использованы оксиды, полученные в результате термической обработки оксалатов, карбонатов и гидроксидов соответствующих редкоземельных элементов. В качестве фторирующих агентов могут быть использованы: элементный фтор, газообразный фтороводород, фторид и бифторид аммония. Также широко известен способ получения фторидов с помощью раствора плавиковой кислоты [2]. Независимо от способа получения, в конечном продукте всегда присутствуют оксиды и оксофториды, снижающие качество кристалла. В том случае,

когда содержание остаточного кислорода превышает 100 ppm, сырье является непригодным для использования в волоконной оптике. В связи с вышесказанным, актуальной проблемой является снижение количества кислорода во фтористых соединениях редкоземельных элементов.

### Выполнение работы

В предыдущей работе [3] было показана возможность получения фторида церия с содержанием кислорода порядка 90 ppm, что является пока лучшим достижением для нашей промышленности. В данной работе рассматриваются вопросы по дальнейшим шагам, ведущим к снижению содержания примесных компонентов.

Ранее для процесса фторирования использовался горизонтальный реактор. Сырье размещалось в тигли-лодочки из графита, реакция протекала в ламинарном режиме, в основном на границе раздела фаз газ-твердое. Во взаимодействии газообразного фтороводорода и оксида церия в нижних слоях навески лимитировалась

только диффузией. В связи с тем, что сырье не участвовало в реакции в полном объеме, возникла необходимость в дополнительном перемешивании и повторном фторировании, что в значительной степени увеличило время эксперимента. Чтобы исключить необходимость повторной обработки мы пересмотрели конструкцию реактора.

Для увеличения площади реакции и скорости обработки была разработана установка с вертикальным расположением тигля, в который помещается обрабатываемый продукт. Внутренний диаметр графитового тигля 20 мм, высота 180 мм. Объем засыпаемого порошка составляет до 55 см<sup>3</sup>. В нижней части тигля имеется отверстие, через которое реакционный газ может проходить сквозь слой оксида церия. Для предотвращения просыпания порошка отверстие в тигле прикрывается пористым фильтром из графитового полотна. Гидравлическое сопротивление насыпного слоя невелико и составляло

2–3 мм.рт.ст. По всей длине реакционной зоны установлен нагревательный элемент из нихрома, температура в печи регулируется при помощи ПИД-регулятора «Буанит». Как и в предыдущих опытах, исследовалось влияние температуры в диапазоне от 650 до 950 °С на содержание остаточного кислорода. Длительность процесса фторирования определялась продолжительностью рабочей смены и составляла от 6 до 8 часов. Содержание кислорода определяли на приборе LECO-836.

В ходе проведения данной работы приобретены практические навыки, позволяющие производить очистку фторидов РЗМ. При переработке фторида церия в установке с вертикальным реактором удалось получить продукт с содержанием кислорода менее 50 ppm. Полученные результаты опытов послужат основой для проектирования установки, позволяющей фторировать оксид церия в непрерывном режиме.

### Список литературы

1. *Максаков Б.И. Исследования в области выращивания оптических кристаллов фтористых соединений // Известия академии наук СССР, 1967. – Т. XXXI. – №5. – С. 864–865.*
2. *Раков Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов. – М.: МХТИ, 1990. – 162 с.*
3. *Рудых И.И., Ворошилов Ф.А. Получение особо чистых фторидов редкоземельных элементов // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 2019. – С. 63.*

## ПОЛУЧЕНИЕ МЕДНОЙ ФОЛЬГИ

С.А. Свиридов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ф.А. Ворошилов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, serega098565@gmail.com.*

Медь применяется людьми с древности. В природе медь встречается в виде самородков, что обеспечивает легкую добычу. Медь занимает ведущее место среди цветных металлов за счет своих свойств, таких как высокая электропроводность, теплопроводность, пластичность, высокая химическая стойкость и возможность получения ряда ценных сплавов с другими металлами [1].

Применение медной фольги можно заметить в разнообразных отраслях таких как приборостроение, пищевая промышленность, химическая промышленность. Из медной фольги изготавливают схемы, нагревательные пленки транспорта, кабели, антенны и многое другое.

В современной промышленности для производства медной фольги используют ванны специальной конструкции. Катодом в таких ваннах является вращающийся барабан из титана, аноды могут быть изготовлены из свинца или меди. Из-за ряда недостатков чаще применяют нерастворимые аноды, что позволяет повысить качество фольги улучшая структуру и снижая содержание примесей [2].

Исходя из этого, целью данной работы является изучение влияния различных параметров электролиза на структуру и качество получаемой медной фольги.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: