

математического моделирования составлена зависимость расхода хладагента в трубчатке аппарата от толщины слоя десублимата и концентрации целевого продукта в технологическом газе.

На основании результатов проведенных исследований был разработан алгоритм дозирования теплоносителя для системы управления

аппаратом десублимации производства гексафторида урана. Алгоритм является адаптивным к изменению состава технологического газа и изменению длительности накопления десублимата. Он позволит сократить расход теплоносителя при плановой производительности десублиматора.

### Список литературы

1. Николаев А.В., Креницын Н.С., Дядик В.Ф. Математическая модель десублиматора производства гексафторида урана // *Изве-*

*стия высших учебных заведений. Физика, 2015.– Т.58.– №12–3.– С.97–103.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ ДИУРАНАТА НАТРИЯ ХЛОРИДОМ АММОНИЯ

И.А. Пивоваров

Научный руководитель – к.х.н., доцент Г.Н. Амелина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, all1@tpu.ru

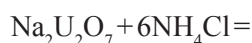
При переработке монацитовых концентратов, представляющих собой комплексные фосфаты редкоземельных элементов, тория и урана, одной из наиболее сложных является задача разделения РЗЭ и радиоактивных элементов.

Щелочной метод позволяет уже в начале схемы отделить фосфор и смесь РЗЭ [1]. При этом радиоактивные элементы осаждаются в виде смеси гидроксида тория и ураната натрия. Для определения возможности отделения урана от тория в этой смеси с помощью хлорида аммония необходимо было изучить поведение отдельных компонентов в процессе вскрытия.

В данной работе приведены результаты экспериментов по вскрытию диураната натрия хлоридом аммония.

Для экспериментов использовали  $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ , полученный из раствора нитрата уранила добавлением гидроксида натрия. Для получения хорошо фильтрующегося осадка осаждение проводили 0,5н. раствором NaOH в интервале pH=7–8 [2]. Далее осадок ураната натрия отфильтровывали и сушили при температуре 115–125 °С в течение двух часов.

Охлажденный продукт измельчали, смешивали с кристаллическим хлоридом аммония, растирали в ступке для гомогенизации и спекали в фарфоровых тиглях при температуре 250–300 °С:



Поскольку хлорид аммония разлагается при температуре 337,6 °С и частично теряется в процессе вскрытия, то для определения оптимального соотношения реагентов добавляли трех-, пяти-, семи- и десятикратный избыток  $\text{NH}_4\text{Cl}$  от стехиометрии. Нагревание проводили до полного исчезновения паров аммиака.

Хлорид уранила выщелачивали из плава водой, фильтровали с целью отделения не вскрывшегося диураната натрия.

Определение количества урана в растворе проводили объемным методом с использованием в качестве титранта бихромата калия [3]. Для этого хлорид уранила переводили в сульфат, восстанавливали U(VI) до U(IV) в среде серной кислоты в течение 25 мин. и проводили титрование в присутствии ферроина.

Для каждого мольного соотношения реагентов анализ повторяли от 5 до 7 раз.

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица 1. Результаты исследования

Мольное соотношение $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7 : \text{NH}_4\text{Cl}$	Степень вскрытия, %
1 : 3	89,43 ± 3,10
1 : 5	90,54 ± 2,78
1 : 7	96,70 ± 1,66
1 : 10	97,57 ± 1,40

Эксперименты показали, что с увеличением количества  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в смеси степень вскрытия увеличивается и достигает 97,57% при мольном отношении компонентов 1 : 10.

### Список литературы

1. Зеликман А.Н., Коришунов Б.Г. *Металлургия редких металлов: Учебник.* – М.: *Металлургия*, 1991. – 432с.
2. Марков В.К., Виноградов А.В. *Уран, методы его определения.* – М.: *Изд-во Госкомитета по использованию атомной энергии*, 1960. – 265с.
3. Спицын В.И., Субботина Н.А. *Руководство к лекционным демонстрациям по неорганической химии. Учебное пособие.* – М.: *Изд-во Московского университета*, 1977. – 194с.
4. Раков Э.Г. *Химия и технология неорганических фторидов.* – М.: *изд. МХТИ им. Менделеева*, 1990. – 162с.

## РАЗДЕЛЕНИЕ ТОРИЯ И УРАНА ПРИ ИХ СОРБЦИИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

И.Р. Подойников, М.Э. Кондрашин  
Научный руководитель – к.х.н., доцент Н.Б. Егоров

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

В XXI веке для всех комплексов атомной промышленности важную роль продолжает играть уран и его соединения. Изотопы урана используются как в производстве тепловыделяющих элементов для АЭС так и в производстве оружейного плутония.

Одной из проблем добычи урана является обработка руд, в которых уран ввиду своего изоморфизма и высокой степени комплексобразования содержит сопутствующие элементы  $\text{Th}^{4+}$ ,  $\text{Zr}^{4+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Y}^{3+}$  (минерал урано-торит  $(\text{Th,U,Fe})\text{SiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , титанаты, титанотанталониабаты урана, тория, редкоземельных элементов (РЗЭ), урансодержащие минералы ванадиевой, фосфатной и органической групп). От большей части сопутствующих элементов избавляются на стадии выщелачивания, однако полученный в ходе выщелачивания урановый раствор продолжает содержать  $\text{Th}^{4+}$  и РЗЭ. Примеси  $\text{Th}^{4+}$  и РЗЭ удаляются в результате ионообменных процессов и процесса экстракции.

Ионообменные процессы заключаются в стехиометрическом обмене ионов одного знака между ионитом и раствором. Ионообменное извлечение проходит в две стадии: сорбция («поглощение» целевого вещества ионитом, примеси остаются в растворе «А»), десорбция (получение целевого вещества в растворе «Б», регенерация ионита) [1].

Целью данной работы является исследова-

ние разделения урана и тория при их сорбции из водных растворов.

Избыток вскрывающего реагента можно уловить из отходящих газов, регенерировать и повторно использовать для вскрытия ураната натрия [4].

Для исследования были использованы ионообменные смолы марки АВ 17-8 и «Amberjet».

Концентрирование тория проводилось на ионообменной смоле АВ 17-8 (анионит высокоосновный).

Для исследования были приготовлены растворы, содержащие 0,5 г нитрата тория ( $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ ) в солянокислых ( $\text{HCl}$ ) или азотнокислых ( $\text{HNO}_3$ ) растворах с различными концентрациями кислот, объемом 100 мл. Ионообменную колонку заполняли набухшей ионообменной смолой объемом 2 см<sup>3</sup>. Предварительно ионит промывали 2 раза по 20 мл концентрированной  $\text{HCl}$  или  $\text{HNO}_3$ .

Сорбция проводилась: 10М, 9М, 8М, 7М, 6М, 5М, 4М, 3М  $\text{HCl}$ ; 10М, 9М, 8М  $\text{HNO}_3$ ; растворами 1М  $\text{HNO}_3$  с 1М, 2М, 5М, 7М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 2М  $\text{HNO}_3$  с 0,1М, 1М, 3М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Десорбция проводилась: 3М, 5М, 7М, 9М  $\text{HCl}$ ; 1М  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; 1М  $\text{HNO}_3$  с 1М, 2М, 7М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 2М  $\text{HNO}_3$  с 1М, 2М, 7М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; дистиллированной водой.

Концентрацию тория и урана определяли с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра Thermo Electron Quant'X. Фильтр для определения тория был выбран «High Za», соответствующий рассеянным и радиоактивным элементам. Регистрация импульсов соот-