

аппарате кипящего слоя. Чертеж аппарата для реализации процесса представлен на рисунке 1.

По итогам работы предлагается проведение процесса гидрофторирования титансодержаще-

го сырья в аппарате кипящего слоя с использованием в качестве фторирующего агента газообразного гидрофторида аммония.

Список литературы

1. Пат. 2432410 RU, МПК С 22 В 34/12. Способ получения рутила из ильменита [Электронный ресурс] / А.С. Кантаев [и др.] – Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – № 2010149926/02; заявл. 03.12.10; опубл. 27.10.11. – Свободный доступ из сети Интернет.
2. Гельперин Н.И., Айништейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдооживления / Н.И. Гельперин, В.Г. Айништейн, В.Б. Кваша. – М.: Химия, 1967. – 664с.

ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ СЕЛЕНА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

А.С. Зайцева, Е.А. Исаева

Научный руководитель – к.х.н., доцент Н.Б. Егоров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, asz36@tpu.ru

Разделение изотопов всегда сопряжено с значительными энергетическими затратами и трудностями, так как изотопы являются мало отличающимися по массе вариациями одного элемента и химически ведут себя практически одинаково. Но все же для их разделения можно использовать различие в их физических свойствах.

Основной промышленный способ разделения изотопов в России – газовое центрифугирование, в качестве рабочего вещества для разделения стабильных изотопов селена используется легколетучее соединение – гексафторид селена (SeF_6). Изотопы селена используются в элементном виде поэтому необходим экономичный и простой в аппаратурном оформлении способ перевода SeF_6 в элементный селен (Se). При этом способ получения изотопов Se должен отвечать требованиям по химической и изотопной частоте, а также должен обладать минимальными потерями.

Целью настоящей работы являлась разработка способа получения изотопов Se из изотопно-обогащенного SeF_6 с предельной степенью обогащения, а также исследование свойств стабильных изотопов селена.

В работе для получения Se использовали реакцию взаимодействия гидразин гидрата ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) с SeF_6 , восстановление которого протекает по общему уравнению 1.

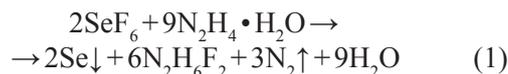


Схема получения Se из SeF_6 включает стадии переконденсации SeF_6 в химический реактор, процесс восстановления, фильтрацию Se, его промывку и стадию его очистки.

Процесс восстановления SeF_6 протекает 6 часов. Для коагуляции Se реактор в процессе восстановления нагревают до 85 до 90 °С. Образующийся Se отмывают от продуктов реакции водой и сушат при комнатной температуре. Для очистки Se использовали процесс дистилляции. Полученные по разработанному способу стабильные изотопы Se имеют химическую чистоту не менее 99,9%, выход Se составляет не менее 93%.

Содержание примесей в элементном Se анализировали на масс-спектрометре «iCAP-Q», Thermo Scientific. Результаты анализа приведены в таблице 1. Содержание основного вещества Se составляет не менее 99,9%.

Для полученных по разработанному способу изотопов Se были исследованы некоторые физико-химические свойства. Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре D8 Discover ($\text{CuK}\alpha$ -излучение). Из полученных дифрактограмм рассчитаны параметры решеток селена и определено, что с увеличением атомной массы изотопа их значения уменьшаются. Такое наблюдение связано с тем, что амплитуда коле-

баний легких атомов около своего равновесного положения больше, чем для тяжелых атомов.

КР спектры поликристаллических образцов халькогенов регистрировали при комнатной температуре, с использованием ИК-Фурье спектрометра Nicolet 5700 с Raman модулем с разрешением 1 см^{-1} (лазер Nd: YAG, $\lambda = 1064 \text{ нм}$, 516 мВт). В области от 100 до 300 см^{-1} в КР спектрах имеются пики, относящиеся к валентным колебаниям кольцевых и цепочечных структур при 250 см^{-1} (ν_7) и 234 см^{-1} (ν_{10}) соответственно, а также деформационные колебания кольцевых структур при 108 см^{-1} (ν_2).

Температуры плавления и энтальпии плавления изотопов селена были измерены на дифференциальном сканирующем калориметре DSC Q2000 с навеской 5 мг и скоростью 4 град/мин. Полученные данные указывают, что с увеличением массы изотопа температура и эн-

Таблица 1. Содержание примесей в элементном Se

Определяемый элемент	Содержание, ppm	Определяемый элемент	Содержание, ppm
Ca	<20	Ni	<2
Co	<0,2	Pb	<0,1
Cu	<0,3	Si	<20
Fe	<6	Sn	<0,2
Mn	<0,2	Zn	<2

тальпия плавления стабильных изотопов селена понижаются.

Наблюдаемые изотопные эффекты по всей видимости определяются суммой нескольких различных по природе эффектов, а именно, взаимодействием между атомами соседних цепочек и зависимостью амплитуды колебаний атомов селена от массы изотопа.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВОД ОТ СУЛЬФАТА НАТРИЯ

Ю.А. Захарова

Научный руководитель – ассистент И.О. Усольцева

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

Сульфат натрия представляет собой по химическому составу соль Na_2SO_4 , образует десятиводный кристаллогидрат мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Сульфат натрия используется в целлюлозно-бумажной, химической, стекольной, текстильной промышленности [1] В химической промышленности существует актуальная проблема очистки вод производств от сульфата натрия.

Сульфат натрия в России производят по следующей технологической схеме: на первом этапе выделяются мирабилит или двойные соли, включающие сульфат натрия (что аналогично процессу обогащения сырья), а на второй стадии обогащенное сырьё перерабатывается в готовый продукт. В промышленных методах используется как природное сырьё (озерные месторождения, соляные источники и залежи минералов в твёрдом виде), так и побочные продукты некоторых производств (хромпика, различных неорганических соединений, свинцовых аккумуляторов). В промышленных условиях используют явление кристаллизации и методы создания пересыщенного раствора – удаление части раствори-

теля путём выпаривания, охлаждение горячих растворов.

Соль в зависимости от условий кристаллизации осаждается в виде $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и Na_2SO_4 [2]. Кристаллы всех указанных соединений бесцветны, но безводный сульфат натрия образует кристаллы, относящиеся к ромбической сингонии, семиводный – к тетрагональной или ромбической и десятиводный – к моноклинной. При повышении температуры от 0 до $32 \text{ }^\circ\text{C}$ растворимость растёт. Дальнейшее повышение температуры приводит к уменьшению растворимости.

Проведены эксперименты по кристаллизации раствора сульфата натрия с помощью охлаждения и выпаривания.

Раствор приготовлен путём взятия навески безводного сернокислого натрия (ГОСТ 4166 76) массой 16,313 г и растворением её в 100 мл дистиллированной воды. Теоретическое значение растворимости сульфата натрия при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ равно 16,3 г на 100 г H_2O . Однако, полное растворение было достигнуто при добавлении дополнительно 30 мл воды. Практическое значение раствори-