

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  $1 \text{ см}^{-1}$  (лазер Nd: YAG,  $\lambda = 1064 \text{ нм}$ ,  $516 \text{ мВт}$ ). В области от  $100$  до  $300 \text{ см}^{-1}$  в КР спектрах имеются пики, относящиеся к валентным колебаниям кольцевых и цепочечных структур при  $250 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_7$ ) и  $234 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_{10}$ ) соответственно, а также деформационные колебания кольцевых структур при  $108 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_2$ ).

Температуры плавления и энтальпии плавления изотопов селена были измерены на дифференциальном сканирующем калориметре DSC Q2000 с навеской  $5 \text{ мг}$  и скоростью  $4 \text{ град/мин}$ . 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  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 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  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  [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  $16,313 \text{ г}$  и растворением её в  $100 \text{ мл}$  дистиллированной воды. Теоретическое значение растворимости сульфата натрия при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  равно  $16,3 \text{ г}$  на  $100 \text{ г H}_2\text{O}$ . Однако, полное растворение было достигнуто при добавлении дополнительно  $30 \text{ мл}$  воды. Практическое значение раствори-

мости равно 12,55 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  на 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

65 мл раствора сульфата натрия в тефлоновом стакане помещены в холодильник для охлаждения до температуры  $-7^\circ\text{C}$  на 19 часов. Получены бесцветные крупные кристаллы призматической формы (рисунок 1). Согласно [3] выделены кристаллы метастабильного гептагидрата  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  моноклинной сингонии. Кристаллы помещены в фарфоровую чашу и отправлены на сушку в муфельную печь при  $100^\circ\text{C}$  на 1 час. После сушки получен продукт – бесцветные кристаллы, выход составил 54% от теоретического. В связи с низким выходом было увеличено время кристаллизации – до 120 часов. Второй образец приготовлен аналогично первому, выход составил 56,97%. Таким образом, увеличение времени кристаллизации незначительно повлияло на выход продукта. Возможно уменьшение температуры кристаллизации с целью повышения практического выхода.

Другой образец (65 мл водного раствора сульфата натрия) выпаривался в течение ~4



Рис. 1. Кристаллы семиводного сульфата натрия

часов. Полученные выпариванием (удалением части растворителя) белые кристаллы (ромбической сингонии) взвешены на аналитических весах, выход составил 90,4%. В данном способе существенны траты электроэнергии при высоком выходе.

Таким образом, показана возможность удаления сульфата натрия из растворов.

### Список литературы

1. *Обзор рынка сульфата натрия в СНГ // «Инфолайн».* – М., 2015.
2. *Шихеева Л.В. Сульфат натрия. Свойство и производство / Л.В. Шихеева, В.В. Зырянов.* – Л.: «Химия», 1978. – 240с.
3. *Ахметов Т.Г. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 1 Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин.* – М.: Высш. шк., 2002. – 688с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

А.Н. Иваненко, А.А. Лысанова

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, aal53@tpu.ru

Нанокристаллический диоксид церия (НДЦ) является перспективным материалом, имеющим широкий спектр применений. Большой интерес к НДЦ вызван возможностью его применения в биомедицинских целях. Главная ценность НДЦ для медицины – способность участвовать в окислительно-восстановительных процессах, обусловленная кислородной нестехиометрией. НДЦ, попадая в организм человека, может регулировать циклические окислительно-восстановительные процессы внутри организма, выполняя функции фермента [1].

К настоящему времени разработано много различных методов получения НДЦ. На сегодняшний день наиболее распространен метод химического осаждения вследствие простоты реализации [2]. Получение НДЦ методом химического осаждения чаще всего осуществляют посредством осаждения данного соединения в гидратированной форме из растворов церия при добавлении сильных оснований с последующим термическим разложением. Свойства НДЦ зависят от следующих факторов: из какого соединения был получен диоксид, каким способом и в