

## ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОТОПОВ СЕЛЕНА ИЗ ИХ ГЕКСАФТОРИДОВ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Егоров Н.Б., Акимов Д.В..

Научный руководитель: Жерин И.И., д.х.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [egorov@tpu.ru](mailto:egorov@tpu.ru)

Природный селен состоит из смеси стабильных изотопов с массовыми числами 82, 80, 78, 77, 76 и 74 относительное содержание которых составляет соответственно 9,19 %, 49,82 %, 23,52 %, 7,58 %, 9,02 % и 0,87%. Изотопы селена применяются в биологии и медицине. Для разделения стабильных изотопов селена используется центрифужный способ, с помощью которого можно получать изотопы с предельной степенью обогащения. В качестве рабочих веществ для разделения используется гексафторид селена ( $\text{SeF}_6$ ). После наработки на разделительных каскадах изотопно-обогащенный  $\text{SeF}_6$  необходимо перевести в форму пригодную для хранения и реализации, которой является элементный Se. Перевод  $\text{SeF}_6$  в Se должен отвечать требованиям по минимизации потерь, исключением изотопного разбавления и достижением необходимой химической чистоты.

В данной работе рассмотрены способы получения аморфного и гексагонального селена из  $\text{SeF}_6$ , а также приведены результаты исследований структурных и колебательных свойств стабильных изотопов селена. В экспериментальной работе использовали отвалный гексафторид селена и изотопы селена производства АО «Сибирский Химический Комбинат» с изотопной чистотой:  $^{76}\text{Se}$  – 99,8 %,  $^{78}\text{Se}$  – 99,3 %,  $^{80}\text{Se}$  – 99,9 %,  $^{82}\text{Se}$  – 99,0 %. Для конверсии  $\text{SeF}_6$  в Se возможно, использовать реакции восстановления  $\text{SeF}_6$  различными металлами. В данной работе для восстановления использовали гидразин гидрат. Схема получения селена из  $\text{SeF}_6$  включает стадии перекомденсации  $\text{SeF}_6$  в химический реактор, химической реакции при нагревании и перемешивании компонентов смеси  $\text{SeF}_6$ -гидразин, фильтрации и сушки аморфного селена. Полученный предложенным способом селен имеет химическую чистоту не менее 99,9%. Выход элементного селена составляет не менее 98 %. Получаемые изотопы селена имеют достаточно высокую химическую чистоту (98 – 99,9 %), но все же содержат еще значительное количество примесей, которые могут повлиять на точность проводимых исследований их физико – химических свойств. Поэтому, предварительно, стабильные изотопы очищали с использованием их дистилляции в вакууме. Для получения химически чистой тригональной модификации селена изотопы подвергали трехкратной дистилляции с последующим их отжигом в вакууме при температуре 210 °C в течение 48 часов. Полученные таким образом изотопы селена имели химическую чистоту не менее 99,9 %.

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 колебаний 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 мВт).

В области от 100 до  $300 \text{ см}^{-1}$  в Раман 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  $108 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_2$ ). Вследствие взаимодействия между соседними цепями и кольцами при нагревании аморфного селена выше 130 °C образуются спиралевидные цепочки и формируется селен гексагональной модификации при этом частота колебаний в гексагональном селене понижается с  $250 \text{ см}^{-1}$  до  $237 \text{ см}^{-1}$  для  $\nu_7$ ; с  $234 \text{ см}^{-1}$  до  $232 \text{ см}^{-1}$  для  $\nu_{10}$  и повышается для  $\nu_2$  с  $108 \text{ см}^{-1}$  до  $142 \text{ см}^{-1}$ .

Из полученных КР-спектров стабильных изотопов селена следует, что положение фоновых линий для изотопов, имеющих большие атомные массы, сдвинутые в низкоэнергетическую сторону, а линии, соответствующие изотопам с меньшими массами имеют высокоэнергетический сдвиг по отношению к спектру селена, с природным изотопным составом. Полученные зависимости экспериментальных частот колебаний в спектрах Рамана от атомной массы изотопа Se являются линейной функцией атомной массы изотопов.

Полученные зависимости позволили рассчитать частоты колебаний в КР-спектре стабильных изотопов  $^{74}\text{Se}$  и  $^{77}\text{Se}$ , для которых затруднительно получить экспериментальные данные в связи с тем, что эти изотопы не имеют товарных продуктов с высоким изотопным обогащением и очень дороги.