

гаем новый подход, основанный на сочетании описанных выше методов, позволяющий получать тонкие, термически устойчивые и однородные металлические мишени (рисунок 1).

На первом этапе материал диффузионного слоя (например, Pd) наносится на фольгу материала подложки (например, титановая фольга) методом термического напыления на установке Evaporation Station Korvus HEX. На втором этапе на полученную таким образом подложку наносится слой актинидного материала (например,  $^{243}\text{Am}$ ) методом молекулярного электроосаждения с последующим совместным восстановлением в токе водорода при температуре  $900^\circ\text{C}$  (этап третий). Для оценки возможных комбинаций материалов мишеней, элементов для диффузионного слоя и материала подложки мишеней проведен теоретический анализ с использованием модели «Eichler-Miedema» (рисунок 2).

### Список литературы

1. Dmitriev S., Itkis M., Oganessian Y. // *EPJ Web of Conferences.* – EDP Sciences, 2016. – Vol.131. – P.08001.
2. Zhurin V.V. et al. // *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 2000. – Vol.18. – №1. – P.37–41.
3. Usoltsev I. et al. // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 2012. – Vol.691. – P.5–9.

## ФОТОЛИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ТИОСУЛЬФАТА МЕДИ

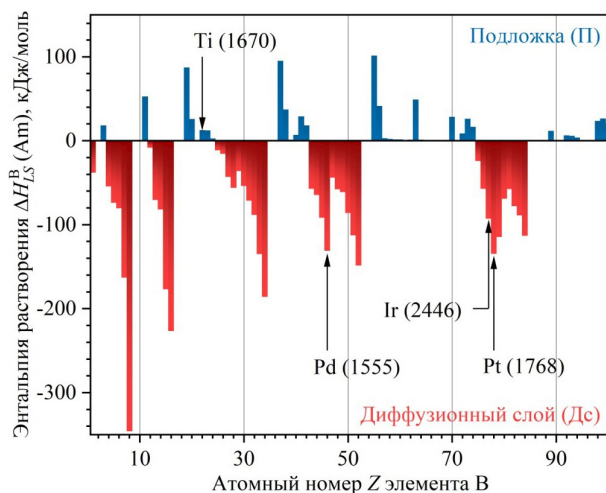
Ю.С. Минина

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

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

На протяжении длительного времени тиосульфатные соединения цветных металлов (Pb, Cd, Bi, Cu, Ag, Au и др.) привлекают внимание многочисленных ученых из-за их способности образовывать при разложении трудно растворимые сульфиды различного состава. В гидрометаллургии это свойство может быть использовано для эффективного осаждения цветных металлов из растворов. Кроме этого тиосульфат-ионы обладают высокой способностью к комплексообразованию, что используется в процессах выщелачивания золота и серебра.

Тиосульфатные соединения цветных металлов являются прекурсорами для получения сульфидов, которые могут быть использованы в полупроводниковой технике. Так, тиосульфатные соединения меди могут быть использованы

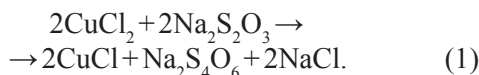


**Рис. 2.** Частичная молярная (первая) энтальпия растворения  $\text{Am}$  в элементах  $B$  при бесконечном разбавлении ( $\Delta H_{LS}^B$ ) по модели «Eichler-Miedema» (в скобках указаны температуры плавления элементов в  $^\circ\text{C}$ )

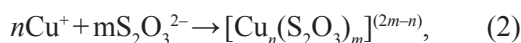
для получения сульфида меди (I) ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), который применяется в качестве полупроводника (купроксные выпрямители, сложные эмиттеры для фотоумножителей). Для получения  $\text{Cu}_2\text{S}$  из комплексных тиосульфатов можно использовать термический, гидротермально-микроволновой, электрохимический или сонохимический методы.

В нашей работе для получения сульфидов меди был использован фотохимический метод разложения тиосульфатных соединений меди в водных растворах при их УФ-облучении.

В работе использовали тиосульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и хлорид меди ( $\text{CuCl}_2$ ). Известно, что при их взаимодействии в водном растворе протекает окислительно-восстановительная реакция:



Образовавшийся по реакции 1 ион  $\text{Cu}^+$  реагирует с избытком тиосульфата. Однако, в зависимости от соотношения реагирующих веществ ( $\text{Cu}^+ : \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) в растворе могут образовываться различные соединения меди с тиосульфатом. В общем виде уравнение взаимодействия  $\text{Cu}^+$  с  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  можно записать так:



где  $n = 1, 2$ ;  $m = 1, 2, 3$ .

Из раствора можно выделить комплексные соединения –  $\text{NaCuS}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_3[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ ,  $\text{CuNa}_2[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ ,  $\text{CuNa}[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$  и  $\text{Na}_4[\text{Cu}_2(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$ . Предварительно нами были получены тиосульфатные соединения меди и проверена их фотохимическая устойчивость при УФ-облучении их водных растворов. Было определено, что при мольных соотношениях  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} : \text{Cu}^+$  от 0,5 до 2 максимальная оптическая плотность в электронных спектрах наблюдается для соотношения 1:1 (табл. 1). Это указывает, что наибольшей фотохимической активностью обладает соединение  $\text{NaCuS}_2\text{O}_3$ .

В процессе фотолиза водных растворов  $\text{NaCuS}_2\text{O}_3$  происходит образование твердофазных продуктов фотолиза, которые отделяли от

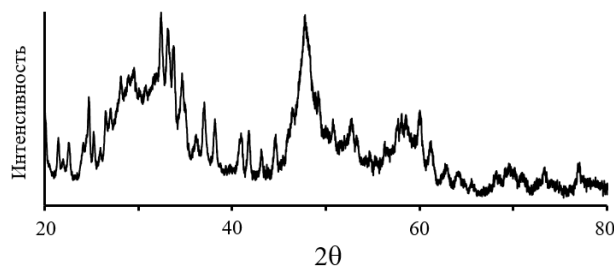


Рис. 1. Дифрактограмма продукта фотолиза водного раствора  $\text{NaCuS}_2\text{O}_3$

раствора центрифугированием. Осадок промывали два раза водой, один раз этиловым спиртом и сушили в вакуумном эксикаторе. Дифрактограмма продукта фотолиза водного раствора  $\text{NaCuS}_2\text{O}_3$  представлена на рисунке 1. Рентгенофазовый анализ показал, что в процессе фотолиза образуется  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

Исследование продуктов фотолиза с использованием ИК-спектроскопии показало, что твердофазный продукт фотолиза содержит ионы  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ , имеющие поглощение при  $1218 \text{ см}^{-1}$  и  $1016 \text{ см}^{-1}$ , и ионы  $\text{SO}_3^{2-}$ , имеющие поглощение при  $920 \text{ см}^{-1}$  и  $623 \text{ см}^{-1}$ .

Таким образом в настоящей работе показано, что при УФ-облучении водных растворов  $\text{NaCuS}_2\text{O}_3$  происходит образование частиц  $\text{Cu}_2\text{S}$ , на поверхности которых адсорбируются ионы  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  и  $\text{SO}_3^{2-}$ .

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРНОГО СОРБЕНТА НА СИНТЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

О.И. Мишукова, Д.В. Мартемьянов, Е.А. Денисенко

Научный руководитель – к.х.н., старший преподаватель С.П. Журавков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, oksana\_mishukova@mail.ru

Химические загрязнения, находящиеся в воде являются самыми опасными видами примесей [1]. Среди присутствующих в гидросфере химических загрязнителей тяжёлые металлы особенно токсичны. В связи с этим очень важно эффективно очищать воду, используемую для пищевых целей, от ионов тяжёлых металлов. При извлечении из водных сред ионов тяжёлых металлов широкое применение имеет сорбционный способ очистки [2].

Цель данной работы – изучение свойств синтезированного на основе вермикулитобетона сорбента, поверхность которого была модифицирована с помощью оксигидроксида железа [3].

Таблица 1. Значения дзета-потенциала, удельной поверхности и удельного объёма пор синтезированного сорбента и его компонентов

Образец	Дзета-потенциал, мВ	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Удельный объём пор, см <sup>3</sup> /г
Сорбент	-15,8	136,64	0,0589
Вермикулитобетон	-3,65	9,85	0,004
Оксигидроксид железа	-4,18	227,6	0,089