

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Абуелсоад Асмаа Мансур Ахмед

«Новые адсорбенты на основе хитозана и галлуазитных нанотрубчатых материалов для сорбции ионов Cu (II) и Zn (II)» (Novel adsorbents based on chitosan and halloysite nanotubes for sorption of Cu (II) and Zn (II) metal ions), представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Ионы цветных металлов, таких как Cu(II), Ni(II), Zn(II), Pb(II), Fe(III), Cr(VI) и Cd(II) являются типичными неорганическими загрязнителями, присутствующими в сточных водах. Адсорбция обычно считается экономически эффективным методом очистки от широкого спектра загрязнителей, обладающим простотой в использовании и незначительным количеством токсичных побочных продуктов. Кроме того, следует отметить, что все большее значение приобретает регенерация адсорбентов для их повторного использования, что еще больше снижает затраты на сорбционный процесс. Большое количество исследований было посвящено изучению адсорбционных материалов, таких как минералы железа, биосорбенты, глинистые минералы, хитозан, нанотрубчатый галлуазит (HNT) и т. д.

Нанотрубчатый галлуазит (HNT) является природным неорганическим адсорбентом, обладающим особой структурой, реакционной способностью, а также рядом таких уникальных особенностей, как морфология, химический состав, расположение функциональных групп, благодаря чему достигается лучшая адсорбция загрязняющих веществ. Его сорбционная способность в основном определяется минеральной структурой и свойствами, которые можно легко изменять в HNT путем модификации внутренней или внешней поверхности. Таким образом, модифицированные адсорбенты на основе HNT могут иметь широкую область применений, включая различные технологические решения. Среди органических материалов полисахарид хитозан также считается эффективным сорбентом природного происхождения с ожидаемо высоким сродством к ионам металлов благодаря большому количеству амино- и гидроксильных функциональных групп. Модификация хитозана с помощью различных физических и химических методов привлекла внимание как перспективный способ извлечения органических (красителей и

фармацевтических препаратов) и неорганических (ионов металлов) загрязнителей из водной среды. Наличие в его молекулярной структуре групп  $-NH_2$  и  $-OH$  вносит основной вклад в возможное адсорбционное взаимодействие между молекулами хитозана и адсорбата. Хитозан находит широкое применение в качестве адсорбента, в том числе и для очистки объектов окружающей среды, благодаря его стоимости, более простому процессу полимеризации и функционализации, а также хорошей устойчивости.

Автор диссертации впервые предложила функционализацию хлоридного производного нанотрубок галлуазита полиэтиленмином и аминокарбоксиметилирование хитозана и применение полученных материалов для сорбции  $Cu(II)$  и  $Zn(II)$  из сточных и отходных вод различных производств. Прививание полиамино или аминокарбоксильных групп на поверхности сорбентов должно приводить к получению новых материалов с перспективными сорбционными свойствами. В этом случае адсорбция ионов металлов на их поверхность будет осуществляться на основе электростатических взаимодействий между положительно заряженными ионами металлов и депротонированными группами сорбентов.

В рамках диссертационного исследования, автор впервые изучила сорбционные способности синтезированных материалов по отношению к ионам  $Cu(II)$  и  $Zn(II)$ ; влияние полярности растворителя, мольного отношения HNT:силан, времени, температуры и присутствия катализатора на степени функционализации поверхности HNT; исследовала их термическую устойчивость, кристаллографическую структуру и поверхностный заряд; установила оптимальные условия (pH, концентрацию ионов металлов, время контакта фаз и температуру) адсорбции ионов металлов  $Cu(II)$  и  $Zn(II)$  с использованием модифицированных аминокарбоксиметилированного хитозана и HNT с привитым полиэтиленмином; предложила кинетические и термодинамические модели, которые согласуются с данными по адсорбции ионов  $Cu(II)$  и  $Zn(II)$  на модифицированных аминокарбоксиметилхитозане (CTS-CAA) и галлуазитных нанотрубках с привитым полиэтиленмином (HN-PEI).

Особо следует отметить теоретическую и практическую значимость исследования, представляют способы функционализации («прививки») силанов на поверхности галлуазитных нанотрубок с последующей модификацией «привитого» материала для создания нового сорбента с наибольшим количеством реакционноспособных центров связывания, что позволяет контролировать и, тем самым, «настраивать» адсорбционные свойства получаемого материала для



конкретного загрязнителя окружающей среды (полярного/неполярного или положительно/отрицательно заряженного). В данной работе демонстрируется возможность использования модифицированных галлуазитовых нанотрубок для сорбции Cu(II) и Zn(II) из водных растворов. Полученные соискателем Абуелсоад Асмой Мансур Ахмед результаты исследования были успешно проверены на достоверность и воспроизводимость.

#### Вопросы и замечания.

1. В автореферате отсутствует информация о том, где были выполнены исследования по установлению элементного анализа, ИК-Фурье спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрии, рентгеновской дифрактометрии, низкотемпературной адсорбции азота и т.д. Представлена ли эта информация в диссертации?
2. Какова была в работе степень десорбции меди (II) и цинка (II) для модифицированных сорбентах и отражалась ли она на последующих циклах сорбции/десорбции?

По актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, а также научно-практической ценности полученных результатов, диссертационная работа Абуелсоад Асмы Мансур Ахмед полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ), а ее автор, Абуелсоад Асмаа Мансур Ахмед, заслуживает присуждения, ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Ф.И.О.: Воронова Гульнара Альфридовна

Должность: Отделение материаловедения, Доцент

Место работы: Инженерная школа новых производственных технологий, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

телефон: +79039522505

e-mail: [voronova@tpu.ru](mailto:voronova@tpu.ru)

адрес: Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

степень: кандидат химических наук

Ученое звание: доцент

Подпись

Ученый секретарь

заверяю:

29.03.2023

