

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

**ПРИМЕНЕНИЕ БИОГЕННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ
ОКСИДА МЕДИ ДЛЯ СОРБЦИОННОГО УДАЛЕНИЯ ИОНОВ РТУТИ(II)****Жумабаев Алишер Мадиевич**zhumabaev.alisher2000@gmail.com

Магистрант 2 курса ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – А.А.Машенцева

Стремительный прогресс в области нанотехнологий и интенсивное использование наноразмерных материалов в биологических и медицинских приложениях являются движущим фактором в разработке новых и улучшении существующих методов и технологий синтеза наноматериалов. Особое внимание исследователей привлекают методы зеленой химии, основанные на использовании высокоэффективных, недорогих и нетоксичных биологических ресурсов для синтеза наночастиц металлов (или оксидов металлов) и биогенных композитов на их основе. В отличие от традиционных методов синтеза, протоколы зеленой химии не только экологически безопасны, но также позволяют получать наноматериалы без следов примесей прекурсоров и восстановителей, используемых при синтезе. В данной работе с использованием эндемичного растительного сырья были синтезированы биогенные композиты на основе наночастиц оксида меди и древесного гриба березы повислой – чаги (*Inonotus obliquus*). Было изучено влияние времени, pH и степени загрузки наночастиц (НЧ) CuO на количество адсорбированного вещества для водных растворов ртути (II) при использовании полученных композитов в качестве сорбентов.

Ртуть является одним из наиболее токсичных элементов, обнаруженным в сточных водах окружающей среды. Являясь доминирующим компонентом неорганической ртути, Hg(II) может сочетаться с цистеином человеческого белка. В результате метилирования сульфата Hg(II) превращается в CH₃Hg – основную органическую ртуть, вызывающую высокую степень биоаккумуляции в пищевых цепях. Сообщается о серьезных повреждениях головного мозга, сердца, печени и почек, а также нервной и метаболической систем. В отдельных случаях прослеживаются предпосылки к раковым заболеваниям. Собираемый эффект пищевых цепей увеличивает концентрацию ртути в воде в 1000 раз при прямой доставке в организм человека [1]. В настоящее время перед сбросом в окружающую среду обязательным является снижение концентрации Hg(II) в сточных водах до 0,001–0,002 мг/л. В Китае верхний предел содержания ртути в сточных водах установлен на уровне 0,001 мг/л (DB12 356-2018), а в США - 0,001 мг/л согласно национальным правилам первичной питьевой воды. В Казахстане минимальная предельно-допустимая концентрация ионов Hg(II) в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурного водопользования, в воде водоемов – 0,0005 мг/дм³ [2].

Учеными исследовано множество методов удаления Hg(II), включая химическое осаждение, ионный обмен, экстракцию растворителем, ультрафильтрацию и адсорбцию [3,4]. Метод химического осаждения требует использования опасных химических реагентов и много времени. Ионный обмен обладает специфической способностью обменивать свои катионы с металлами в сточных водах, но он неэффективен и может вызвать вторичное загрязнение. Метод экстракции растворителем требует больших количеств растворителя и ограничен плохой селективностью. Ультрафильтрация — это мембранный метод, работающий при низком трансмембранном давлении, ограниченный проблемами загрязнения и высокой стоимостью. С другой стороны, адсорбция считается наиболее перспективным методом из-за ее простоты, селективности, высокой эффективности, низкой стоимости и удобства эксплуатации. В данной работе нами исследована сорбционная емкость биогенных композитов на основе древесного гриба березы повислой – чаги (*Inonotus obliquus*) и наночастиц оксида меди(II). Представлялось интересным изучить влияние степени загрузки НЧ CuO на сорбционную емкость композитов.

Объекты и методы исследования

Для исследования использовались образцы CuO@Ch в интервале времени иммобилизации НЧ 6-96 ч. Для сравнения были также исследованы сорбционные свойства пустой чаги (без НЧ).

При испытании полученных образцов в стационарном режиме, композит массой 100 мг, помещали в 15 мл раствора ртути (II) заданной концентрации, приготовленного из раствора государственного стандартного образца (ГСО) Hg(II) («Экротхим», Санкт-Петербург, Россия) и встряхивали на шейкере заданное количество времени. После окончания сорбции образец композитной мембраны извлекали из контейнера, промывали деионизированной водой, высушивали и хранили в сухом месте.

Концентрацию ионов ртути в растворе определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе ICP-MS XSeries 2 (Thermo Fisher Scientific, Германия). Количество адсорбированной ртути рассчитывали по уравнению (1):

$$q_e = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{m} \quad (1)$$

где, q_t количество ионов Hg(II), адсорбированных на единицу массы композита (мг/г), C_0 и C_t – концентрация ртути в растворе до и после применения сорбента, V – объем раствора (л), m – масса образца композита.

Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 1 представлены электронные микрофотографии композитов, полученные с использованием методов растровой электронной микроскопии.

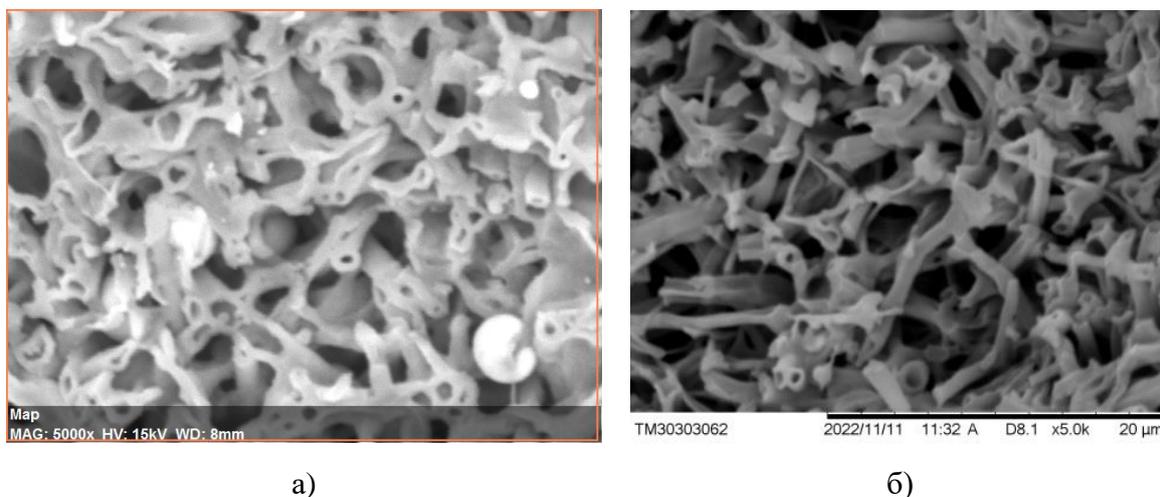


Рисунок 1 - Электронные микрофотографии композитов состава CuO@Ch (а) и пустой чаги (б)

На рисунке 2 представлены графические данные изменения количества адсорбированного Hg(II) на поверхности биогенных композитов на основе НЧ оксида меди, а также образцов чаги (без НЧ) в зависимости от времени сорбирования (концентрация исходного раствора ионов ртути – 100 ppm, объем аликвоты – 15 мл, температура сорбции 30 °С, pH-6.5). Исходя из полученных экспериментальных данных были определены значения равновесной сорбционной емкости q_e сорбирования Hg(II) из раствора с концентрацией 100 ppm: 212 мкг/л для CuO@Ch образцов и 2.01 мкг/л для чаги. Таким образом при тестировании при 25 °С композиты сорбируют на 10% больше ртути нежели исходные подложки.

Путем определения параметра pH_{pzc} адсорбента можно определить оптимальное значение pH для адсорбции. При pH раствора < pH_{pzc} поверхность адсорбента заряжается положительно, что вызывает электростатическое отталкивание катионов металлов в растворе

и значительно ингибирует адсорбцию. При pH раствора $> \text{pH}_{\text{pzc}}$ поверхность адсорбента депротонируется и адсорбционная способность к ионам ртути увеличивается. Согласно рисунку 2б, значение pH_{pzc} для CuO@Ch составило 3,1, а для образцов чаги – 6,0.

При низком pH адсорбционная способность обоих биогенных адсорбентов была недостаточной, так как в результате конкурентной адсорбции между H^+ и Hg(II) в сильнокислых условиях большая часть адсорбционных центров была занята H^+ . Однако с увеличением значения pH концентрация H^+ снижается, а способность связывания Hg(II) с поверхностью адсорбента увеличивается. Согласно рисунку 2в, при увеличении значения pH с 3,0 до 6,0 адсорбционная емкость CuO@Ch с и Ch увеличивалась с 1,7 и 1,84 до 2,6 и 2,18 мг/г соответственно. При pH выше 6,0 адсорбционная способность Hg(II) существенно снижается, что может быть связано с образованием гидроксидов ртути, как это ранее было показано ранее в работах [5,6].

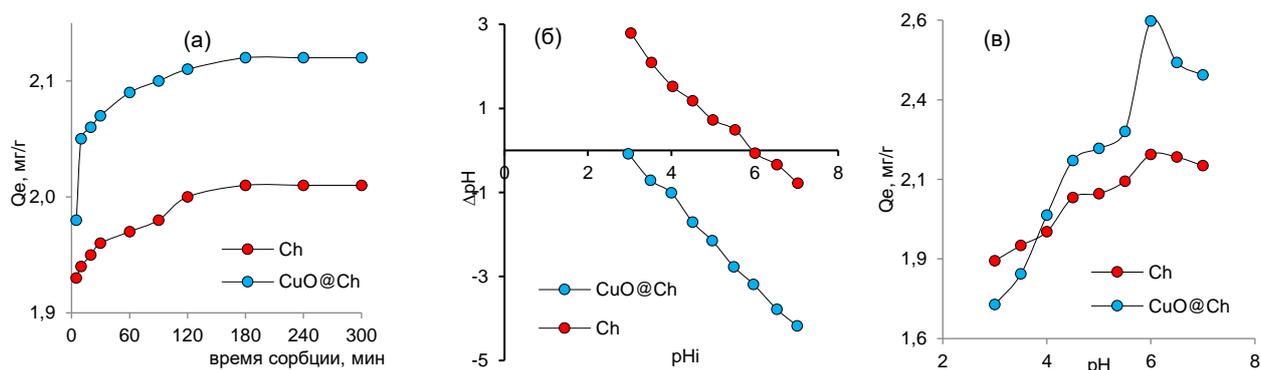


Рисунок 2 - Количество сорбированной Hg(II) в зависимости от времени сорбции (а), изменение pH_{pzc} для исследуемых образцов (б) и влияние pH на сорбционную емкость композитов (в)

Список использованных источников:

- 1 Xia M., Chen Z., Li Y., Li C., Ahmad N.M., Cheema W.A., Zhu S. Removal of Hg(II) in aqueous solutions through physical and chemical adsorption principles // RSC Adv. - 2019. - Vol. 9. -, № 36. - P. 20941–20953.
- 2 Dushkina Y.N., Urazgalieva A.A., Mustafina V. V. Mercury contamination in the Republic of Kazakhstan: current situation and measures for its minimization // Chem. Saf. Sci. - 2018. - Vol. 2. -, № 1. - P. 237–243.
- 3 Chizitere Emenike E., George Adeniyi A., Iwuzor K.O., Okorie C.J., Egbemhenghe A.U., Omuku P.E., Chidiebere Okwu K., et al. A critical review on the removal of mercury (Hg^{2+}) from aqueous solution using nanoadsorbents // Environ. Nanotechnology, Monit. Manag. - 2023. - Vol. 20. -P. 100816.
- 4 Qasem N.A.A., Mohammed R.H., Lawal D.U. Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review // npj Clean Water - Springer US, 2021. - Vol. 4. -, № 1. - P. 36.
- 5 Liu Z., Sun Y., Xu X., Qu J., Qu B. Adsorption of Hg(II) in an Aqueous Solution by Activated Carbon Prepared from Rice Husk Using KOH Activation // ACS Omega - 2020. - Vol. 5. -, № 45. - P. 29231–29242.
- 6 Zhang Z., Liu H., Lu P., Chen T., Ma W. Nanostructured $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ derived from siderite as an effective Hg(II) adsorbent: Performance and mechanism // Appl. Geochemistry - 2018. - Vol. 96. -P. 92–99.