

Таким образом, в ходе работы были получены покрытия из наностержней оксида цинка, синтезированных гидротермальным методом. Показано, что увеличение температуры синтеза приводит к увеличению диаметра наностержней.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-29-00742, <https://rscf.ru/en/project/23-29-00742/> в Южном федеральном университете

ЛИТЕРАТУРА

1. Pawar, R.C. Growth of ZnO nanodisk, nanospindles and nanoflowers for gas sensor: Ph dependency / R.C. Pawar, Shaikh, J.S., Patil, P.S. // Current Applied Physics. – 2012. – 12, 3. – p. 778-783.
2. Shinde, S.D., Synthesis of ZnO nanorods by spray pyrolysis for H₂S gas sensor / S.D. Shinde, Patil, G.E., Kajale, D.D., Gaikwad, V.B., Jain, G.H. // Journal of Alloys and Compounds. – 2012. – 528. – p. 109-114.

УДК 547.898

В.А. Габрин, Т.Е. Никифорова
Ивановский государственный химико-технологический университет

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОЗИТА «ХИТОЗАН-ДИОКСИД КРЕМНИЯ» В ОТНОШЕНИИ ИОНОВ МЕДИ

В настоящее время остаются актуальными разработка подходов к получению и описание адсорбционных характеристик биосорбентов на основе хитозана, обладающих потенциалом обеспечения высокоэффективной очистки различных водных сред от ионов тяжелых металлов с целью совершенствования существующих технологий сорбционной водоочистки и водоподготовки. Актуально создание композиционных сорбентов на основе хитозана, где применяется объемное модифицирование гидрогеля различными минеральными и неорганическими наполнителями. Однако следует помнить, что введение в матрицу хитозана различных модифицирующих компонентов, например, посредством объемного наполнения вносит коррективы в природу адсорбционных сил и естественных причин взаимодействия сорбата (d-металлы, тяжелые металлы) с поверхностью сорбента [1, 2].

Целью настоящего исследования являлось изучение сорбционных и термодинамических параметров процесса извлечения ионов

Cu(II) из водных растворов электролитов различной концентрации гидрогелевым композитом на основе хитозана и коллоидного диоксида кремния.

Композиционный гидрогелевый сорбент получали согласно методике, описанной ранее [3]. Данные о морфологии композитных гидрогелевых гранул на основе хитозана и коллоидного диоксида кремния получали методом сканирующей электронной микроскопии с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan VEGA 3 при ускоряющем напряжении 5 kV и оптической микроскопии с использованием оптического микроскопа Levenhuk MED 900T. Инфракрасные спектры получены в диапазоне 4000–400 см⁻¹ на ИК-Фурье спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S с использованием метода нарушенного полного внутреннего отражения. Получение дифрактограмм (D8 ADVANCE BRUKER) проводили с использованием Cu K α -излучения 40 кВ и 40 мА. Диапазон сканирования 2 θ составлял 5–35°, размер шага 0.01°(2 θ) и скорость сканирования 3°(2 θ)/мин. Сорбцию ионов меди проводили в статических условиях из водных растворов сульфата меди(II) при термостатировании, при 298 К. Время контакта соответствовало времени достижения адсорбционного равновесия, определенного в кинетическом эксперименте. По истечении времени контакта растворы отделяли от сорбентов путем фильтрации и определяли концентрацию ионов меди(II) с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра 210 VGP.

В работе были получены экспериментальные и рассчитаны теоретические изотермы сорбции ионов Cu(II) из водных растворов электролитов различной концентрации при температурах 298, 303, 313, 323 и 333 К на гидрогелевом хитозансодержащем сорбенте. Рассчитаны сорбционные и термодинамические показатели извлечения ионов Cu(II) из водных растворов электролитов в линейных координатах моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ при $n = 2$) и Темкина. При увеличении температуры вид изотерм стремится к классической «Ленгмюровской», что также видно из роста адсорбционного коэффициента и степени заполнения поверхности. Взаимодействие сорбата с сорбентом, исходя из характеристической энергии сорбции, преимущественно донорно-акцепторное. Рассчитанные величины изменения энергии Гиббса ($\Delta G_a < 0$) свидетельствуют о самопроизвольном протекании сорбции катионов во всем интервале температур. При этом доказана температурная инвариантность процесса сорбции путем построения характеристических кривых адсорбента в координатах $\varepsilon = f(V)$. Рассчитаны средние величины энтальпии и энтропии сорбции в координатах Аррениуса.

Установлено, что сорбция ионов меди гидрогелевым сорбентом на основе хитозана является экзотермической. Получено распределение изостерических теплот сорбции от изменения величины сорбции. Показано, что полученный сорбент обладает энергетически неоднородной поверхностью близкой к линейному типу, что коррелирует с применимостью модели Темкина для описания термодинамических параметров процесса.

*Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР
(Тема № FZZW-2020-0010)*

*Исследование проведено с использованием ресурсов Центра
коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ
(при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).*

ЛИТЕРАТУРА

1. Fufaeva, V.A. Extraction of Copper Ions by Chitosan-Based Sorbents Modified with Nickel 2-Ethylimidazolate / V.A. Fufaeva, T.E. Nikiforova // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2022. – Vol. 58. – № 2. – P. 262-268.
2. Pal, P. Applications of chitosan in environmental remediation: A review / P. Pal // Chemosphere. – 2021. – Vol. 266. – P. 128934.
3. Fufaeva, V.A. Kinetic Characteristics of Extraction of Copper(II) Cations from Aqueous Media by Chitosan–Silicon Dioxide Hydrogel Sorbent / V.A. Fufaeva, T.E. Nikiforova, P.B. Razgovorov, A.A. Ignatyev // Ecology and Industry of Russia. – 2022. – Vol. 26. – № 12. – P. 22–27.