

УДК 544.723:546.56:543.544

Кичкирук Ольга Юрїївна

к.х.н., доцент

Яремчук Дмитро Сергїйович

студент

Житомирський державний університет

імені Івана Франка

м. Житомир, Україна

МОДИФІКОВАНІ КРЕМНЕЗЕМНІ СОРБЕНТИ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ІОНІВ МІДІ (II)

Анотація. У статті представлено результати дослідження сорбційних характеристик кремнеземів, хімічно модифікованих азосполуками: 4-(2-піридилазо)резорцином (ПАР) та 1-(2-піридилазо)-2-нафтолом (ПАН). Вивчено процес вилучення іонів купруму (II) з водних розчинів у динамічному режимі. Встановлено залежність сорбційної ємності від рН середовища (4,9 та 6,8). Визначено, що максимальну динамічну ємність виявляє сорбент, модифікований ПАН при рН 6,8, яка становить 0,37 мг/г. Отримані дані підтверджують ефективність використання модифікованих кремнеземів для очищення водних об'єктів від важких металів.

Ключові слова: кремнезем, модифікація, 4-(2-піридилазо)резорцин, 1-(2-піридилазо)-2-нафтол, адсорбція, іони купруму (II), динамічна ємність, рН розчину.

Важливою науково-практичною проблемою є удосконалення способів отримання сорбентів із високою поглинальною здатністю, селективністю, можливістю регенерації, а також хімічною та механічною стійкістю. Додатково значущими є їх доступність і економічність. Значною мірою цим вимогам відповідають кремнеземи з хімічно модифікованою поверхнею.

Інтерес дослідників до хімічного модифікування кремнезему пояснюється рядом переваг у порівнянні з органічними полімерами, унікальними сорбційними властивостями і вивченістю його будови, складу, реакційної здатності активних центрів поверхні. Завдяки цьому створене велике число хімічно модифікованих органічними сполуками матеріалів (органокремнеземів) [1-5].

У роботі досліджено динамічну ємність кремнезему, модифікованого 4-(2-піридилазо)резорцином, щодо іонів Cu^{2+} , визначено оптимальні умови адсорбції та здійснено порівняння його властивостей із кремнеземом, модифікованим 4-(2-піридилазо)нафтолом.

У ході експериментальних досліджень встановлено, що модифікування поверхні кремнезему органічними реагентами 4-(2-піридилазо)резорцином та 4-(2-піридилазо)нафтолом забезпечує формування активних центрів, здатних до комплексоутворення з іонами міді (II). Це зумовлює підвищення селективності сорбентів і їх ефективності у процесах концентрування.

Визначення динамічної ємності показало, що обидва досліджувані сорбенти характеризуються достатньо високими показниками поглинальної здатності щодо іонів Cu^{2+} у динамічних умовах. Встановлено, що ефективність адсорбції залежить від кислотності середовища, концентрації іонів металу та швидкості пропускання розчину через сорбент.

Оптимальні умови адсорбції досягаються в слабкокислому середовищі, що забезпечує максимальну реалізацію комплексоутворюючих властивостей іммобілізованих реагентів. За цих умов спостерігається найбільш повне вилучення іонів міді (II) із розчину.

Порівняльний аналіз показав, що кремнезем, модифікований 4-(2-піридилазо)резорцином, демонструє вищу селективність і дещо більшу динамічну ємність щодо іонів Cu^{2+} порівняно з сорбентом, модифікованим 4-(2-піридилазо)нафтолом. Це може бути зумовлено особливостями будови функціональних груп та їх здатністю до координаційної взаємодії з іонами металу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Barman M. K. Recent advancements of silica supported hybrid composite materials and its application for heavy and toxic metal ion removal: a review. *Geomicrobiology Journal*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1080/01490451.2025.2592147> (дата звернення: 30.03.2026).
2. Zhao J., Na D.-H., Garcia S. J. Surface modification of natural porous silica microparticles to control the loading and release of organic compounds. *NPG Asia Materials*. 2025. URL: <https://www.nature.com/articles/s41427-025-00608-5> (дата звернення: 30.03.2026).
3. Knight A. W., Tigges A. B., Ilgen A. G. Adsorption of copper (II) on mesoporous silica: the effect of nanoscale confinement. *Geochemical Transactions*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1186/s12932-018-0057-4> (дата звернення: 30.03.2026).
4. Savić A. et al. Modified silica particles coated with Cu–Al layered double hydroxide for water treatment. *Molecules*. 2025. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules30102138> (дата звернення: 30.03.2026).
5. Yanovska E., Savchenko I., Antonets M. Polymer–inorganic material based on silica gel: synthesis and sorption properties of Cu(II), Cd(II), Pb(II) ions. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Chemistry*. 2025. URL: <https://chemistry.bulletin.knu.ua/article/view/4036> (дата звернення: 30.03.2026).