

УДК 541.1

ВИЛУЧЕННЯ КАТІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З РОЗЧИНІВ МЕТОДОМ ЙОННОГО ОБМІНУ

Зайцева Інна Сергіївна

кандидат хімічних наук, доцентка, доцентка

Булавина Дар'я Андріївна

студентка

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

Inna.Zayceva@kname.edu.ua

Катіони важких металів є найпоширенішими забрудниками стічних вод. Вони не здатні до біодеградації, на відміну від більшості органічних забрудників. Катіони важких металів потрапляють у водойми як з природних, так й з техногенних джерел. У багатьох промислових виробництвах використовують розчини з висом вмістом катіонів токсичних металів у великих масштабах. Одним з основних джерел забруднення ґрунту, водоймищ та сільськогосподарських угідь важкими металами є стічні води і шлам гальванічних виробництв. Катіони важких металів потрапляють у природні водойми, ґрунт і трофічними шляхами харчування доходять до людини. Як результат виникає низка екологічних проблем: втрачається природна здатність водойм до самоочищення; порушуються функції активного мулу на водоочисних станціях; важкі метали мають загальнотоксичну, мутагенну дію, здатні до кумуляції в живих організмах. Тому проблема очищення стічних вод від катіонів важких металів є дуже актуальною [1].

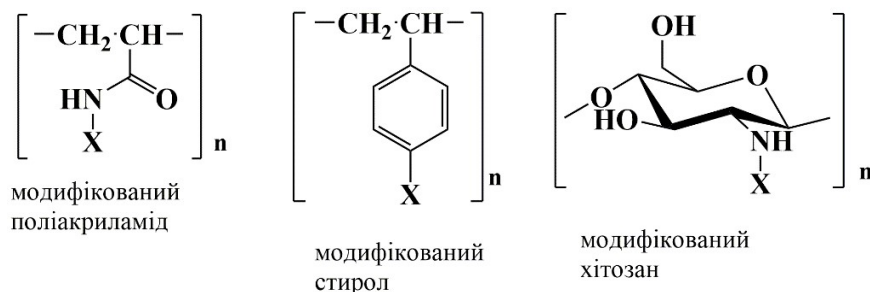
Для вилучення катіонів важких металів зі стічних вод використовують різні методи:

- реагентний метод, коли йони важких металів виділяють з водних розчинів у вигляді нерозчинних сполук;
- електрохімічні методи (процеси анодного окиснення та катодного відновлення, електрокоагуляції, електрофлокуляції, електродіалізу);
- мембранні методи (зворотний осмос, ультрафільтрація, електродіаліз);
- сорбційні методи (сорбція на активованому вугіллі, йонний обмін).

Катіони важких металів в стічних водах присутні в надзвичайно низьких концентраціях (порядку одиниць і десятків мг/л). У зв'язку з цим виникає потреба у дорогавартісному попередньому концентруванні, яке супроводжується утворенням значної кількості супутніх відходів, які також потребують утилізації.

Йонообмінна технологія є самим доцільним методом очистки стічних вод від важких металів, який базується на використанні йонообмінних смол –

полімерів, що містять функціональні групи, здатні ефективно зв'язувати потрібні катіони, і не переходять в розчин. Дані матеріали складаються з полімерної основи з прищепленою на неї функціональною групою, здатною до реакції комплексоутворення з катіоном металу [2–5].

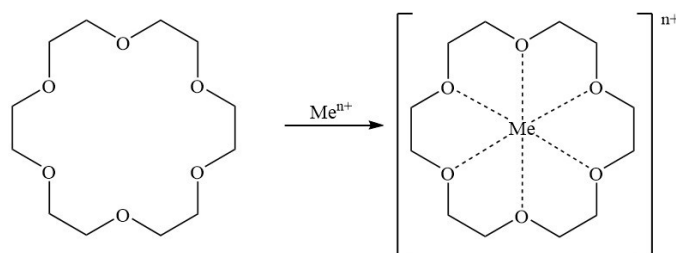


Привабливість іонообмінних сорбентів полягає в можливості створення як універсальних матеріалів, здатних зв'язувати широкий спектр катіонів важких металів, так і сорбентів, здатних до селективного вилучення конкретного катіона. При цьому однією з центральних проблем є забезпечення селективності екстракції конкретного катіона іонообмінною смолою.

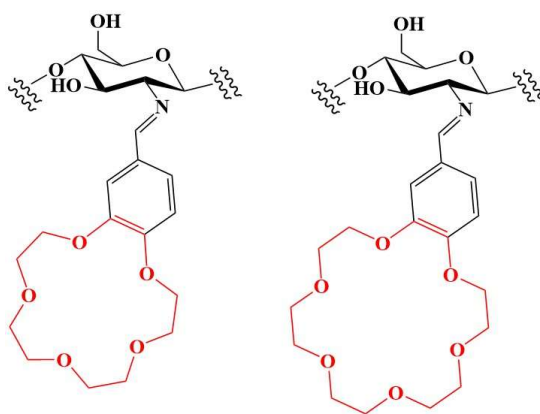
Дана робота є частиною досліджень із розробки подібних матеріалів, і присвячена теоретичному дослідженню ефективності комплексоутворення різних лігандів з катіонами важких металів.



Краун-ефіри – циклічні сполуки, здатні утворювати комплекси з йонами металів в ряді випадків з високим ступенем селективності.

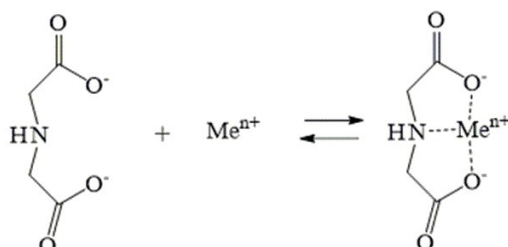


Їх використовують у органічному синтезі, аналітичній хімії (хроматографічне розділення), фотокерованих хімічних процесах, моделюванні речовин, подібних до ферментів, дослідженні трансмембранного переносу йонів (створення синтетичних іонофорів), як синтетичні рецептори в процесах молекулярного розпізнавання (розробка хемосенсорів). Прищеплення фрагментів краун-ефірів на поверхні полімеру іонообмінної смоли дає можливість ефективно очищувати стічні води від важких металів й не вносити додаткових забруднень [6].

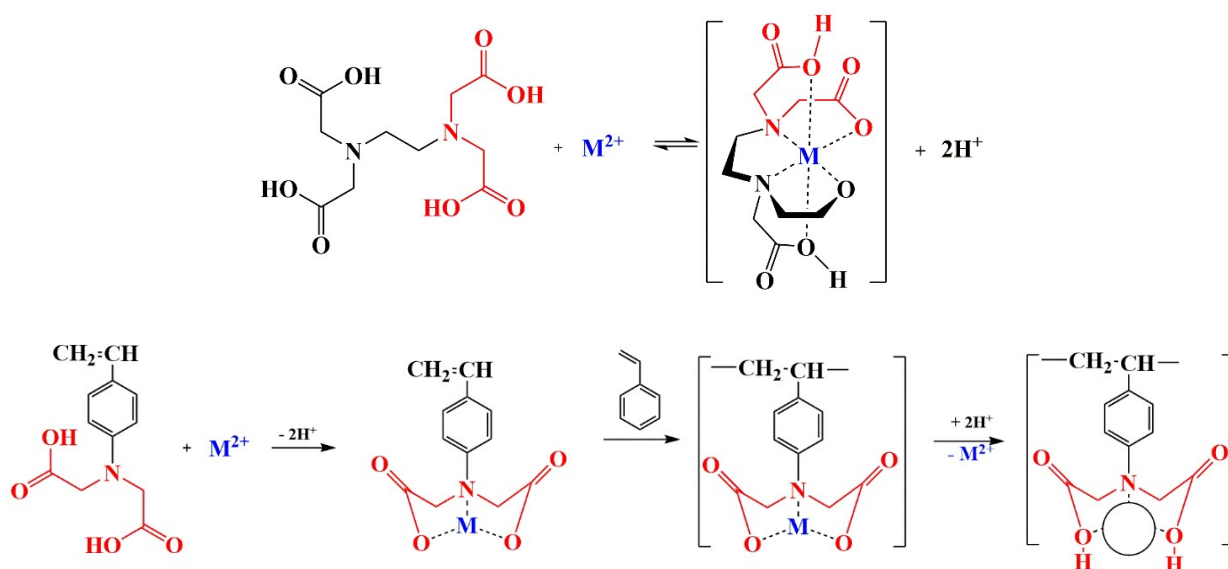


Методами квантової хімії досліджено реакцію комплексоутворення аза-18-краун-6 ефіру з катіонами одновалентних металів [7].

Іншим цікавим лігандом для теоретичного вивчення реакції комплексоутворення є імінодіоцтова кислота.



Функціональна група у вигляді фрагменту імінодіоцтової кислоти є однією з найпростіших і зустрічається у великій кількості складних молекул [8].



Було проведено теоретичну оцінку селективності комплексоутворення імінодіоцтової кислоти з металами на основі квантовохімічних розрахунків енергій відповідних комплексних сполук [9, 10]. Отримані результати довели достовірність використаної методики та показали, що краун-ефіри та

імінодіоцтова кислота є ефективними лігандами, які можна використовували у йонообмінній технології для вилучення йонів металів з технологічних середовищ та скидових вод.

Список використаних джерел

1. Fu F, Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. *J Environ Manag.* 2011. Vol. 92, No. 3. P. 407–418.
2. Oshita K., Motomizu S. Development of Chelating Resins and Their Ability of Collection and Separation for Metal Ions. *Bunseki Kagaku.* 2008. Vol. 57, (5). P. 291–311.
3. George S. Nyamoto, Seth Apollo Removal of heavy metals from wastewater using synthetic chelating agents. *Physical Sciences Reviews.* 2022. <https://doi.org/10.1515/psr-2022-0139>
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.* 2021. Vol. 4, 36. <http://dx.doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>
5. Peng C., Wang Y., Tang Y. Synthesis of crosslinked chitosan-crown ethers and evaluation of these products as adsorbents for metal ions. *Journal of Applied Polymer Science.* 1998. Vol. 70, No. 3. P. 501–506.
6. Wu F.Ch., Tseng R.L., Juang R.S. A review and experimental verification of using chitosan and its derivatives as adsorbents for selected heavy metals. *J. Environ. Manage.* 2010. Vol. 91. P. 798–806. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.018>
7. Sorokina E.B., Zaitseva I.S., Komykhov S.A., Panayotova T.D., Murayeva O.A. Optimization of ion-exchange desalination of water: theoretical study of the influence of the ligand structure on the energy of complexation. *The Strategies of Modern Science Development. VII International scientific–practical conference. North Charleston, SC, USA, 14-15 October 2014.* P. 35–39.
8. Garg, B.S., Sharma, R.K., Bhojak N., Mittal S. Chelating Resins and Their Applications in the Analysis of Trace Metal Ions. *Microchem. Journ.* 1999, Vol. 61, No. 2. P. 94–114.
9. Зайцева М.С., Ляпун В.О., Зайцева І.С., Комихов С.О. Теоретичне вивчення комплексоутворення імінодіоцтової кислоти з важкими металами. *Areas of Scientific Thought – 2015/2016 : Materials of the XII International Scientific and Practical Conference. Sheffield. 2015/2016.* Vol. 14. P. 44–49.
10. Zaitseva I., Pylypenko O., Panayotova T., Bulavina D. Search for the optimal organic ligands for extraction of heavy metals. *Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій : матеріали міжнар. наук.-практ. конф, Харків, 7 червня 2022 р. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. С. 24.*