

**COLLECTION OF RESEARCH PAPERS**

of the 8th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:  
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:  
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Шосткинський інститут Сумського державного університету  
Центральний науково-дослідний інститут  
озброєння та військової техніки збройних сил України  
Публічне акціонерне товариство «Фармак»  
Управління освіти Шосткинської міської ради  
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

## COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

### CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



## ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції  
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:  
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 27-29 листопада 2024 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2024

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., завідувач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Члени редакційної колегії:

Кравець В.Г. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н;

Тур О.М. – доцент кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.;

Пригара І.О. – ст. викладач кафедри економіки та управління, к.е.н.

Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 27 - 29 листопада 2024 року. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 242 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут  
Сумського державного університету, 2024  
© Сумський державний університет, 2024

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ МЕТАЛІВ

**М.В. Марченко<sup>1</sup>, В.А. Потаскалов<sup>2</sup>, Н.Є. Власенко<sup>2</sup>, І.В. Коваленко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона

<sup>2</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна

Забруднення стічних вод важкими металами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Ці речовини надзвичайно токсичні, накопичуються в організмах і довкіллі, спричиняючи серйозні захворювання та порушення екосистем. Тому розробка ефективних методів очищення стічних вод від важких металів є надзвичайно актуальним завданням. Сьогодні населення планети швидко зростає, і значна його частина зосереджена у великих містах. Це підвищує потребу у воді та збільшує обсяги стічних вод, які часто забруднюють річки, озера та підземні води [1, 2].

На жаль, підприємства скидають у водні об'єкти хімічні відходи, важкі метали та інші токсичні речовини, які спричиняють сильне забруднення та порушують природний баланс водних екосистем. Багато з цих речовин важко розкладаються, тому накопичуються у водоймах та отруюють не лише воду, але й флору та фауну. Окрім того глобальне потепління та інші кліматичні зміни змінюють режим опадів, що впливає на рівень води у водоймах і сприяє її забрудненню. Висока температура сприяє швидкому випаровуванню, через що концентрація забруднюючих речовин у воді підвищується.

Через забруднення багато регіонів стикаються з проблемою дефіциту питної води. За даними ООН, понад 2 мільярди людей не мають постійного доступу до безпечної питної води [3]. Це не лише проблема гігієни та здоров'я, але й економічного розвитку країн.

Метою роботи є оцінка перспектив очищення стічних вод від важких металів та впровадженні ефективних, екологічно безпечних та економічно вигідних технологій.

Методи та засоби дослідження. Очищення стічних вод від важких металів сьогодні є надзвичайно актуальним завданням, оскільки вони надзвичайно токсичні, накопичуються в живих організмах і можуть спричинити серйозні захворювання. Існує кілька сучасних перспективних методів, які дозволяють ефективно видаляти важкі метали зі стічних вод. Доцільно розглянути деякі з них.

Адсорбція: використання адсорбентів, таких як активоване вугілля, бентоніт, біовугілля і модифіковані полімери, набуває широкого поширення завдяки високій ефективності у видаленні іонів металів [4]. Сучасні розробки зосереджені на створенні нанопористих адсорбентів і біосорбентів, які можуть екстрагувати метали навіть у низьких концентраціях.

Мембранні технології: фільтрація за допомогою мембран – зворотний осмос, нанофільтрація і ультрафільтрація – дозволяє видаляти дрібні частинки металів. Зараз активно вдосконалюються мембрани на основі графену і наноматеріалів, які забезпечують високий ступінь очищення при низьких енергозатратах [5,6].

Електрохімічні методи: електрокоагуляція та електродіаліз набирають популярності завдяки можливості вилучення важких металів у вигляді осаду [7,8]. Ці методи особливо ефективні для очищення вод від іонів міді, свинцю, кадмію та інших металів. Сучасні розробки концентруються на використанні електродів із нових матеріалів, наприклад, зі сплавів або графенових композицій.

Біологічне очищення: використання мікроорганізмів, грибів і рослин для очищення води від металів є перспективним напрямком. Фітотехнології, такі як використання водоростей і плаваючих рослин (наприклад, очерету або качатника), можуть поглинати метали з води. Методи біоочищення також досліджуються для біоремедіації ґрунтів та річкових басейнів.

Фотокаталітичне очищення: у цій технології використовуються наночастинки оксиду титану ( $TiO_2$ ) або інших фотокаталізаторів, які активуються під дією світла і розщеплюють забруднювачі. Це один із найбільш перспективних методів, який має потенціал для безперервного очищення в умовах сонячного освітлення.

Іонний обмін: іонообмінні смоли дозволяють вилучати важкі метали, замінюючи їх на нешкідливі іони. Сучасні смоли виготовляються з модифікованих матеріалів, що забезпечує вищу селективність та довговічність їхнього використання.

Більшість з цих методів вимагають значних капіталовкладень для встановлення обладнання та його обслуговування.

Окрім того, значна частина методів призводять до утворення шламів та інших відходів, які потребують подальшої безпечної утилізації.

Деякі технології менш ефективні для видалення металів у дуже низьких концентраціях, а вони все одно можуть завдати шкоди екосистемам.

Таким чином, найбільш перспективними є інновації в галузі нанотехнологій, біотехнологій та відновлюваних матеріалів дозволяють удосконалювати існуючі методи, знижувати їх вартість і підвищувати ефективність. Також інтеграція різних методів в одну систему очищення (наприклад, адсорбція + мембранне фільтрування) дозволяє досягти комплексного видалення забруднювачів із мінімальними енергозатратами.

Очищення стічних вод від іонів металів можуть включати огляд ефективності різних технологій, їхні переваги, недоліки та перспективи застосування. Тому варто акцентувати увагу на таких ключових моментах:

1. Ефективність методів очищення.
2. Мембранні технології.
3. Електрохімічні методи

Адсорбція показала високі результати у видаленні іонів важких металів, особливо з використанням нових наноматеріалів, таких як нанопористі адсорбенти чи модифіковані вуглецеві матеріали. Наприклад, біосорбенти, зокрема із відходів біомаси, показали значний потенціал для низьковартісного очищення.

Мембранні технології забезпечують високий ступінь очищення (до 99%) завдяки використанню зворотного осмосу або нанофільтрації. Однак основним обмеженням залишається їхня висока вартість та потреба в енергії, що може бути економічно обтяжливим для багатьох підприємств.

Електрохімічні методи (наприклад, електрокоагуляція) дозволяють ефективно видаляти метали і навіть знижувати загальний вміст твердих часток у воді. Результати показали, що цей метод особливо добре працює з іонами міді та свинцю, проте може бути менш ефективним при очищенні від інших металів.

Екологічність та утилізація відходів – наприклад - адсорбція біосорбентами є екологічно чистим методом, проте потребує досліджень щодо подальшої утилізації відпрацьованих адсорбентів, насичених важкими металами.

Складністю застосування в різних умовах відрізняються мембранні та електрохімічні методи показали відмінні результати в лабораторних умовах, але в

реальних умовах вони можуть вимагати адаптації залежно від складу стічних вод, температури, концентрації забруднень тощо.

Порівняльний аналіз вартості та ефективності показує, що методи на основі адсорбції є відносно дешевими, однак потребують великих площ для обладнання та регулярного обслуговування. Мембранні технології та електрохімічні методи забезпечують високу ефективність при видаленні важких металів, але потребують вищих інвестицій на початковому етапі.

Розвиток комбінованих технологій (наприклад, адсорбція + мембранне фільтрування) може забезпечити вищу економічну ефективність у промислових масштабах.

Таким чином, для реальних умов доцільним є застосування комбінованих систем очищення, де адсорбція використовується як попереднє очищення, а мембранні технології – як кінцевий етап. Такий підхід дозволить досягти найкращих результатів за відносно низької вартості.

Розглянемо перспективи очищення стічних вод на прикладі вилучення іонів цинку методом сорбції. Можлива десорбція та їх повторне використання є найважливішою характеристикою сорбентів. Можливість десорбції металу з аналізованого сорбенту використанням гарячої води (70°C), розчину соляної кислоти (концентрована, розведення 1 : 1,5, 1 : 2,2, 1 : 4,8). Наважку сорбенту (0,5 г), насичену по цинку (40 мг/г) струшували з 30 мл десорбуючого розчину (Таблиця).

Таблиця 1 Ступінь вилучення іонів Zn від співвідношення речовин, які десорбують.

| № | Розчин, який десорбує | C <sub>Zn</sub> в отриманому розчині | Кількість вилученого Zn | Ступінь вилучення, % |
|---|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 | H <sub>2</sub> O(70°) | 0,21                                 | 3,7                     | 36,5                 |
| 2 | HCl (конц.)           | 0,39                                 | 7,5                     | 76,1                 |
| 3 | HCl ( 1 : 1,5)        | 0,325                                | 6,4                     | 65,3                 |
| 4 | HCl ( 1 : 2,2)        | 0,271                                | 5,3                     | 54,7                 |
| 5 | HCl ( 1 : 4.8)        | 0,253                                | 5,1                     | 50,9                 |

Мікроорганізми – бактерії, дріжджі відіграють валиву роль в біологічному очищенню води від іонів важких металів. Відомий спосіб мікробіологічної очистки стічних вод промислових підприємств від іонів важких металів – цинку, кадмію та свинцю - згідно з яким мікробіологічне очищення стічних вод здійснюється з використанням різних бактерій в якості мікробіологічного реагенту. Початкова концентрація металу 25 мг/дм<sup>3</sup>, а залишкова - 0,4-2,2 мг/дм<sup>3</sup>, в зазначеній воді обробляється семи штамами бактерій, що належать до умовно-патогенних мікроорганізмів. Можливе зменшення кількості штамів мікроорганізмів з семи до одного непатогенного.

Також перспективним є подальше вивчення біологічних методів очищення, які обіцяють високу ефективність при відсутності хімічного забруднення і мінімальних витратах. Водночас розвиток біосорбентів та наноматеріалів є перспективним напрямком для підвищення екологічної безпеки та ефективності.

**Висновки.** Очищення стічних вод від важких металів – це один з ключових етапів захисту навколишнього середовища та здоров'я людини. Аналіз і випробування різних технологій демонструють що сучасні методи, такі як адсорбція,

мембранні технології, електрохімічне очищення та біологічні підходи, є перспективними та здатні ефективно видаляти важкі метали з промислових стічних вод.

Впровадження безстічних виробництв на основі ресурсозберігаючих технологій, у тому числі заснованих на безводних технологічних процесах може бути радикальним вирішенням проблеми може бути тільки. В удосконаленні водного господарства промислових підприємств України цей напрям є основним. Використання методів очищення визначається переважно економічними чинниками.

#### **Список літературних джерел**

1. Ямалова Ю.А., Жолдибаєв А.Е. Методи очищення стічних вод в промисловості./ К., 2019. 308с.
2. Auta M. Modified mesoporous clay adsorbent for adsorption isotherm and kinetics of methylene blue. *Chemical Engineering*, 2012. №198(199). P. 219-227.
3. Ковальчук, І.В.. Адсорбційні методи очищення води від іонів важких металів з використанням біосорбентів./ Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ, 2019.
4. Петрук В.Г., Северин Л.І. Васильківський І.В., Безвозюк І.І. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2: Методи очищення стічних вод./ Вінниця, 2014, 380 с.
5. Kuzevanova I. S., Zulfigarov A. O., Vlasenko N. E., Kovalenko I. V. Analysis of environmental changes affecting the valence of ni in coordination compounds with diethanolamine in nonaqueous solvents // Book of abstracts VI International (XVI Ukrainian) scientific conference for students and young scientists «Current chemical problems». - Vinnytsia, March 21–23, 2023. - p.31. [https:// hps.donnu.edu.ua/archive](https://hps.donnu.edu.ua/archive)
6. Zulfigarov A.O., Kuzevanova I.S., Vlasenko N.E., Kovalenko I.V. Application of a bipolar electrolyser for cobalt coating // тези доповідей XXIV Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні проблеми хімії». – Київ, 17-19 травня 2023 р. – с.52. <https://conf.chem.knu.ua/>
7. Іванова Н.Д., Герасимчук А.І., Власенко Н.Є. Кінетика процесу електроекстрації Си (II) з розбавлених розчинів електролітів з використанням біполярного електрода. *ЖПХ* 2002 75(7) С. 1096-1098.
8. Тригубець Б.О., Власенко Н.Є., Коваленко І.В. Кінетика процесу електролізу водопровідної води. II Міжнародна науково – практична конференція «Priority directions of science development» Львів, 25-26 листопада 2019. С. 123-125.