

Швець Д. І., Антонюк Н. Г., Сосіна М. В., Опенько Н. М., Щеголева Г. О.,  
Галушка Т. М.

## МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОСОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

*Досліджено можливість створення і перспективи використання біосорбентів для очищення промислових стічних вод від іонів важких металів.*

Бурхливий розвиток промисловості зумовлює стрімке погіршення екологічного стану природних водних екосистем, перш за все за рахунок недостатньо очищених промислових стічних вод. Тому на сьогодні вкрай актуальним є завдання розробки ефективних, економічно вигідних та, передусім, екологічно безпечних технологій з вирішення цієї проблеми. Сорбційні (біосорбційні) технології є одним з найперспективніших і прогресивніших напрямів водоочистки, який за правильного підходу дає змогу задовольнити ці вимоги [1, 2].

Метою цієї праці є дослідження поведінки біосорбентів та сорбентів природного типу у водних розчинах важких металів за умов, коли концентрація останніх значно перевищує норми ГДК, що досить характерно для промислових стічних вод.

На першому етапі роботи як сорбенти були використані матеріали природного походження – природний біосорбент (ПБС), цеоліт, природний карбонат (ПК), деревне вугілля та карбонізація соснових ошурків (КСО).

Концентрація іонів важких металів у модельних розчинах, що за своїм складом імітували промстоки, перебувала в межах 150–250 мг/л, що приблизно в 50–1500 разів перевищує ГДК цих елементів. Модельні розчини були приготовлені розчиненням наважок солей  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  та  $CdSO_4 \cdot 4H_2O$  у відповідних об'ємах води. Концентрація іонів після сорбції визначалась за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі С-115МТ з використанням комп'ютерної програми.

На самому початку досліджень було визначено фізико-хімічні характеристики сорбентів ( $V_s$  по бензолу та по воді, статичну обмінну ємність

(СОЄ), рН суспензії), що необхідні для оцінки потенційного механізму процесу сорбції та його ефективності (табл. 1).

Сорбційну здатність сорбентів щодо іонів важких металів оцінювали у статичних умовах при кімнатній температурі та постійному струшуванні протягом трьох годин при різних співвідношеннях твердої фази (Т) до рідкої (Р), а саме 1:10 та 1:50.

На рис. 1 зображено залежність ступеню сорбції (А) металів від природи сорбенту при співвідношенні Т:Р = 1:10.

Як бачимо, найефективніше іони важких металів вилучають ПБС, цеоліт та карбонізація соснових ошурків, причому ступінь сорбції зменшується у ряді  $Pb > Cu \sim Cd > Zn$ .

Відповідно до цього для подальшого вивчення було відібрано лише ці три сорбенти, сорбційну

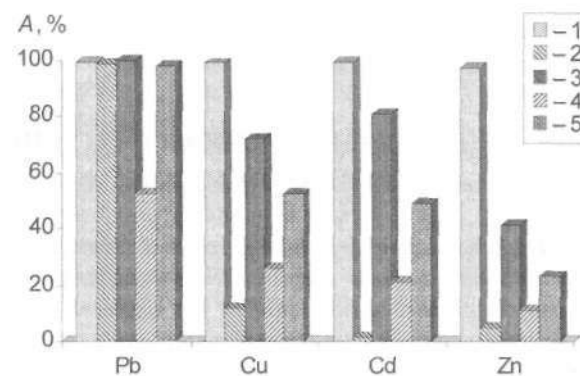
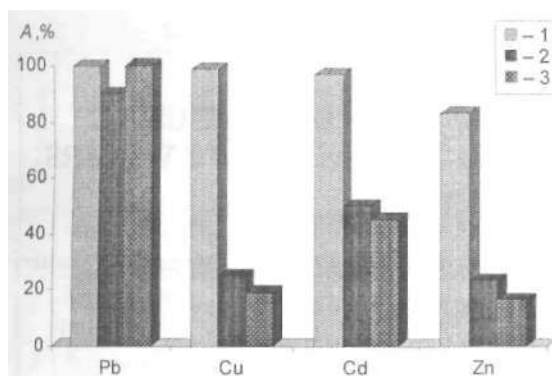


Рис. 1. Порівняльна характеристика сорбції важких металів сорбентами різної природи:

1 – ПБС, 2 – ПК, 3 – цеоліт, 4 – деревне вугілля, 5 – КСО;  
С<sub>початкова</sub>: для  $Cu^{2+}$  – 153,7 мг/л, для  $Pb^{2+}$  – 162,9 мг/л,  
для  $Cd^{2+}$  – 165,5 мг/л, для  $Zn^{2+}$  – 230,8 мг/л; Т:Р = 1:10

Таблиця 1. Фізико-хімічні характеристики сорбентів

Вид сорбента	рН суспензії	$V_s$ по воді, см <sup>3</sup> /г	$V_s$ по бензолу, см <sup>3</sup> /г	СОЄ, мг-екв/г
ПБС	8,0	0,08	0,02	2,8
КСО	7,65	0,11	0,09	3,5
Деревне вугілля	7,5	0,06	0,06	0,6
Цеоліт	6,7	0,06	0,04	0,6
ПК	6,5	0,013	0,001	0,6



**Рис. 2.** Порівняльна характеристика сорбції важких металів сорбентами різної природи: 1 – ПБС, 2 – цеоліт, 3 – КСО;  $C_{\text{початкова}}$ : для  $\text{Cu}^{2+}$  – 153,7 мг/л, для  $\text{Pb}^{2+}$  – 162,9 мг/л, для  $\text{Cd}^{2+}$  – 165,5 мг/л, для  $\text{Zn}^{2+}$  – 230,8 мг/л;  $T:P = 1:50$

здатність яких дослідили також при  $T:P=1:50$  (рис. 2).

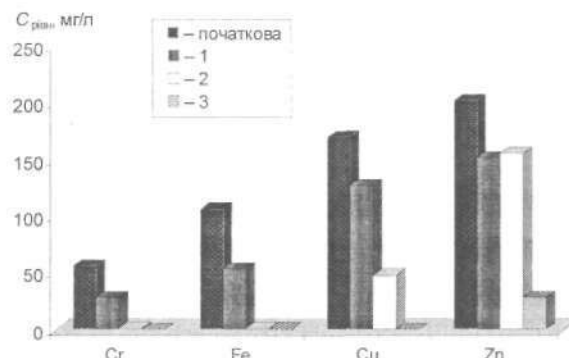
З одержаних результатів видно, що при зменшенні співвідношення  $T:P$  високий ступінь сорбції спостерігається при використанні ПБС (97-99,9 %), ефективність поглинання досліджуваних іонів іншими сорбентами в цих умовах значно нижча, хоча по відношенню до іонів свинцю всі сорбенти проявляють високу сорбційну здатність.

На всіх стадіях експерименту було виміряно значення рН досліджуваних розчинів, оскільки цей показник є важливою характеристикою для з'ясування механізмів сорбційних процесів. Результати вимірювань засвідчили, що в процесі сорбції рН середовища змінюється не більше ніж на 1-2 одиниці як у лужний, так і в кислий бік для всіх використаних сорбентів. Максимальний ступінь вилучення металів спостерігався при максимальних значеннях  $\Delta\text{pH}$ , що підтверджує іонообмінний механізм сорбції.

Таким чином, з-поміж досліджених сорбентів тільки для ПБС ступінь сорбції наближається до 100 %, і лише у випадку Zn, при  $T:P = 1:50$  цей показник дещо нижчий, проте все одно досить високий порівняно з іншими сорбентами.

Спираючись на отримані дані, наступним етапом роботи було дослідження поведінки ПБС та вуглецьвмісного сорбенту з домішкою природної мікробіоти (ВБС) в розчинах складного сольового складу (промстоки одного з гальванічних підприємств).

Під час дослідження було виявлено, що для таких важких металів, як хром, залізо, мідь та



**Рис. 3.** Вплив природи сорбенту на вилучення іонів хрому, заліза, міді та цинку із промислових стічних вод ( $\text{pH} = 2,15$ ): 1 – цеоліт, 2 – вуглецьвмісний біосорбент (ВБС), 3 – природний біосорбент (ПБС);  $T:P = 1:10$

цинк, показники вилучення збільшуються у ряді ПБС > ВБС > цеоліт. Причому для всіх металів, окрім цинку, при  $T:P = 1:10$  ступінь сорбції може досягати 99 % за умов концентрацій металів, що в десятки разів перевищують ГДК.

Для біосорбентів характерна залежність ступеню сорбції від кількості мікробіоти: ефективність вилучення зростає зі збільшенням кількості біосубстрату. Цей факт можна пояснити з огляду на механізм сорбції, який, на наш погляд, має місце внаслідок утворення міцних комплексів іонів металів з такими функціональними групами на поверхні клітинних мембран, як, наприклад,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{COOH}$  тощо.

Яскравим доказом ролі мікроорганізмів при сорбції важких металів слугують дослідження ступеню сорбції біосорбентів при їх термообробці до  $150^\circ\text{C}$  [3]. Збільшення температури призводить до руйнування біологічних клітин, що, своєю чергою, знижує ефективність біосорбційного вилучення, причому значення  $\text{COE}$  та  $V_s$  залишаються практично без змін.

Беручи до уваги високу сорбційну здатність природних та композиційних біосорбентів порівняно з дослідженими природними сорбентами, перспективним напрямом є розробка біосорбційних схем для очищення промислових стоків від іонів Pb, Cr, Zn, Cu, Fe та Cd. Слід також наголосити, що використання біосорбентів не призводить до вторинного забруднення об'єктів навколишнього середовища, що, звісно, є їх суттєвою перевагою.

1. Volesky B. Biosorption for the next century (International Biohydrometallurgy Symposium, El Escorial, Spain, June 20-23, 1999).
2. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды - К.: Наук, думка, 1981.-208 с.

3. Shvetz D. I., Sosina M. V., Open'ko N. M., Schegoleva G. O. Adsorption of heavy metals by biosorbents from sewages of complex composition (Theoretical and experimental studies of interfacial phenomena and their technological applications: VIII Ukrainian-Polish Symposium, September 19-24, 2004, Odesa).

*D. Shvets, N. Antoniuk, M. Sosina, N. Open 'ko, G. Schegoleva, T. Galushka*

**POSSIBILITIES OF DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF USING  
BIOSORBENTS FOR PURIFICATION OF INDUSTRIAL WASTE WATERS  
FROM HEAVY METALS**

*Possibilities of development and prospects of using biosorbents for purification of industrial Waste waters from heavy metals been studied.*