

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З СТІЧНИХ ВОД .....	7
1.1 Традиційні способи видалення з водних розчинів іонів важких металів .....	10
1.2 Реагентні методи водоочистки.....	26
1.3 Біосорбенти у водоочищенні .....	30
1.4 Використання відходів в складі будівельних матеріалів	38
РОЗДІЛ 2. МАЛОВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ .....	44
2.1 Маловідходна технологія вилучення іонів заліза.....	44
2.2 Економічно доцільна комплексна технологія очищення водних розчинів від іонів міді.....	56
2.3 Комплексна технологія очищення мінералізованих шатних вод .....	67
РОЗДІЛ 3. МАЛОВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ.....	73
3.1 Характеристика властивостей біосорбентів.....	73
3.2 Утилізація біосорбентів окисного та окисно- органосольвентного модифікування шкаралуп волоського горіху у складі цементної суміші.....	84
3.3 Утилізація фосфорильованих біосорбентів у складі цементної суміші .....	92
3.4 Технологічна схема очистки води із застосуванням біосорбентів.....	97
ВИСНОВКИ .....	99
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	101

## ВСТУП

Індустріалізація та розвиток технології призвели до зростання забруднення навколишнього середовища важкими металами, які є токсичними і, на відміну від органічних речовин, за своєю природою не розкладаються, накопичуються і їх кількість у природних водних об'єктах збільшується в усьому світі. Важливим є той факт, що важкі метали схильні до міграції, тому відбувається забруднення не лише гідросфери, а й інших складових біосфери – атмосфери та літосфери. Вміст важких металів у водних об'єктах навколишнього середовища перевищує встановлені нормативи. Це результат скидання до природних джерел стоків приладобудівних, хімічних виробництв, теплоелектростанцій та гірничо-збагачувальних комбінатів.

Скидання недостатньо очищених мінералізованих вод призводить до надмірного виснаження водних ресурсів. Ця проблема не є локальною, а носить глобальний характер і потребує розробки ефективних та інноваційних заходів для зменшення цього негативного впливу. Видалення іонів важких металів зі стічних вод має першочергове значення для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Аналіз літературних щодо методів очищення стічних вод різних виробництв від іонів важких металів свідчить про те, що існує велика кількість технологічних рішень, які передбачають використання методів реагентного осадження, зворотного осмосу, іонного обміну, електродіалізу та багато інших. Поширеними є також реагентні методи, які вважаються простими у впровадженні та дешевими. Краща ефективність водоочистки досягається шляхом використання комбінованих методів. Незважаючи на численні переваги, головним недоліком реагентного методу є генерація величезної кількості осаду, який необхідно утилізувати. На

сьогоднішній день методи утилізації осадів водоочисних технологій недостатньо вивчені. Тому для ефективного впровадження даного методу необхідною є розробка процесу утилізації утворених осадів, які є відходами процесів реагентного очищення води, що дозволить підвищити екологічну безпеку процесу.

Важливим і актуальним напрямом екології та хімічної технології є розвиток біосорбційного очищення води з використанням доступних та дешевих лігноцелюлозних комплексів – відновлюваної рослинної сировини. Такий підхід забезпечує вирішення декількох важливих екологічних проблем: очистка стічних вод від неорганічних забруднюючих речовин та утилізація багатотонажних твердих рослинних відходів агропромислового комплексу. Останні наукові дослідження свідчать про те, що дороговартісні традиційні сорбційні матеріали можуть бути замінені на більш дешеві, отримані з компонентів рослинної сировини. До таких компонентів належить целюлоза та лігнін, які є біополімерами, що можна легко модифікувати, надаючи нових цінних властивостей.

Особливий науковий інтерес представляє собою можливість застосування рослинної сировини у виробництві сорбційних матеріалів для вирішення проблем, викликаних техногенним забрудненням води різними органічними та неорганічними речовинами, зокрема радіоактивними елементами, іонами важких металів та ін. Цілеспрямоване модифікування рослинних полімерних комплексів дозволяє одержувати біосербенти з селективною здатністю поглинати та зв'язувати ті чи інші токсиканти. Використання модифікуючих розчинів різної природи дозволяє також підвищити поруватість структури та доступ до активних центрів сорбції на поверхні рослинного матеріалу.

Важливим завданням створення маловідходної технології водоочищення є розробка та впровадження практики утилізації

побічних продуктів водоочищення, зокрема осадів, концентратів, відпрацьованих сорбентів. Реалізація підходу використання утворених шламів та відпрацьованих сорбентів як добавок при виробництві будівельних матеріалів або наповнювачів полімерних матеріалів, що використовуються в будівництві вважається ефективним та перспективним.

# 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З СТІЧНИХ ВОД

Забруднення природних та стічних вод важкими металами є однією з головних проблем у всьому світі і потребує уваги, оскільки важкі метали, що перевищують допустимий діапазон концентрацій, загрожують як рослинному, тваринному життю, так і людині (табл. 1.1). У багатьох випадках при моніторингу водних об'єктів використовуються недостатньо точні методи і прилади контролю для того, щоб оцінити справжній стан водойм. Крім того, майже не враховується зростання концентрації важких металів у воді при евтрофікації водойм.

Таблиця 1.1 – Типові важкі метали, що містяться у стічних водах, та їх джерела, їх вплив на здоров'я, спричинений підвищеним вмістом та дозволені кількості в питній воді відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ)

Важкий метал	Основні джерела	Вплив на основні органи та системи	Дозволена кількість ВООЗ/ДСТУ (мкг)
1	2	3	4
Ni <sup>2+</sup>	Виробництво нержавіючої сталі та нікелевих сплавів.	Легеневі, ниркові, шлунково-кишкові розлади, легеневий фіброз і шкіра.	≤70/≤20

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Cu <sup>2+</sup>	Корозійні сантехнічні системи, виробництво електроніки та кабелів.	Печінка, мозок, нирки, рогівка, шлунково-кишкова система, легенів, імунологічної системи та гематологічна система.	≤2000/≤1000
Zn <sup>2+</sup>	Латунне покриття, гумові вироби, деякі косметичні засоби та аерозольні дезодоранти.	Спазми в шлунку, подразнення шкіри, блювання, нудота, і анемія, і судоми.	≤3000/≤1000
Cr	Сталеплавильні та целюлозні заводи та шкіряні заводи.	Шкіра, легені, нирки, печінка, мозок, підшлункова залоза, смаки, шлунково-кишкова система, репродуктивна система.	≤50/≤50
As	Виробництво електроніки та скла.	Шкіра, легені, мозок, нирки, метаболічна система, серцево-судинна система, імунна система та ендокринні.	10/≤10