

УДК 628.33

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ  
ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

*Ціпук В.Я., Саблій Л.А., д.т.н., професор, професор кафедри екобіотехнології  
та біоенергетики*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»  
mllevitsi@gmail.ru*

Важкі метали потрапляють у стічні води при утворенні в автомобільній, хімічній промисловості, у процесах виготовлення гальванічних елементів, друкарських, шкіряних і хутряних виробів та ін. Забруднення іонами важких металів навколишнього середовища є однією з найбільш серйозних проблем сучасності, що спричиняє поглибленню досліджень очистки стічних вод, пошуку альтернативних та найбільш ефективних методів.

Проблема видалення важких металів із стічних є дуже актуальною. При поганій очистці стічні води надходять у природні водойми, де важкі метали накопичуються у воді і донних відкладеннях, тим самим стаючи джерелом вторинного забруднення.

Метою роботи є аналіз методів очищення, які мають перспективу застосування для очистки стічних вод від важких металів.

При очищенні стічних вод від важких металів використовують фізико-хімічні та біологічні методи.

До фізико-хімічних відноситься реагентний метод. Його суть полягає в трансформації розчинних у воді речовин на нерозчинні з додаванням різних реагентів з наступним відділенням їх від води у вигляді осаду. В якості реагентів для очищення стічних вод від іонів важких металів використовують гідроксиди кальцію і натрію, карбонат натрію, сульфід натрію, різні відходи, наприклад феррохромовий шлак та ін. Найбільш широко використовують гідроксид кальцію. Осадження металів здійснюється у вигляді гідроксидів.

Процес проводять за різних значень рН. Недоліком реагентного методу є втрата цінних речовин разом із осадом [1], утворення великих об'ємів обводнених осадів, які потребують утилізації, в результаті чого зростають експлуатаційні витрати.

Використання методу феритизації дозволяє легко відділити магнітну сепарацією нерозчинні та хімічно інертні осадки з щільною феритною структурою, а отже - з підвищеною екологічною безпечністю. При цьому досягається високий ступінь очищення води, що дозволяє ліквідувати скидання токсичних стічних вод у водойми та скоротити витрати води за рахунок використання очищеної води в оборотній системі водопостачання. Тривалість даного процесу залежить від температури і складає 20-30 хв за температури  $\geq 60^{\circ}\text{C}$  та більше години за температури  $30^{\circ}\text{C}$  [2].

Одним із методів очищення стічних вод від іонів важких металів є метод сорбції. Як природний сорбент використовують бентонітову глину. Відомий аналог - спосіб адсорбції важких металів зі стічних вод методом сорбційного концентрування на природних цеолітах. Суть способу полягає в тому, що в розчин, що вміщує іони сорбованого металу, додають сорбент у співвідношенні між твердою і рідкою фазами не менш ніж 1:50. Як адсорбент використовують глиноподібний мінерал, представлений каолінітом, монтморилонітом та гідрослюдою. Процес відбувається за нормальної температури та періодичного перемішування, тривалість контакту - 8 год. Недоліком такого методу є недостатня якість очищення у кислому і нейтральному середовищах (рН 2÷7). Крім цього, значне набухання мінералу ускладнює його видалення та регенерацію після використання. При використанні як природного сорбенту бентонітової глини досягається вилучення важких металів у певному інтервалі рН, що призводить до підвищення ступеня очищення стічних вод [4].

Прогресивним розвитком методів природного біологічного очищення є біоінженерні споруди типу біоплато. Це штучна система очищення стічних вод, що має ряд характеристик природного біоплато. Для очищення стічних вод в цій системі застосовують різні гідробіоти: мікроорганізми, водорості, вищі

рослини і т.д. Очищення можливе як в аеробних, так і в анаеробних умовах. При протіканні стічних вод через шари завантаження іони важких металів адсорбуються на зернах завантаження, при цьому відбувається ряд складних процесів адсорбції, комплексоутворення, осадження. У процесі росту мікроорганізми поглинають деякі важкі метали, що беруть участь в різних клітинних процесах, використовують, наприклад, мідь і цинк для синтезу власних ферментів, РНК, ДНК [3].

Перспективним біологічним методом очищення стічних вод від важких металів є фітоаккумуляція іонів вищими водними рослинами. Макрофіти мають здатність до накопичення речовин в концентраціях, що перевищують їх вміст у навколишньому середовищі. Вони є перспективним об'єктом фітореMediaції, завдяки їх здатності накопичувати окремі елементи. Наприклад, кушир (*Ceratophyllum demersum*) використовують для біореMediaції муніципальних стічних вод в Ірані та Іраку. Найважливішими характеристиками водних макрофітів, що застосовуються для очищення вод є швидкий ріст, високий показник виробництва біомаси і здатність до накопичення високих концентрацій важких металів впродовж тривалого часу експозиції [7].

Одним із біологічних методів є осадження іонів важких металів біогенним сірководнем, який в анаеробних умовах здатні утворювати сульфаторедуруючі бактерії. При взаємодії сірководню з іонами металів утворюються малорозчинні або нерозчинні сульфіди металів. При цьому кількість утвореного осаду є значно меншою ніж при використанні біомаси як сорбенту [5].

Останнім часом значне поширення одержали біологічні методи вилучення іонів важких металів, що ґрунтуються на властивостях мікроорганізмів акумулювати або сорбувати іони важких металів. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* мають значний потенціал в акумуляції широкого діапазону катіонів металів, зокрема, це стосується іонів  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  і  $\text{Zn}^{2+}$  [6].

Відомий комбінований спосіб очищення стічних вод від іонів важких металів за допомогою біосорбції дріжджами *S. cerevisiae* та металевої насадки в зовнішньому постійному магнітному полі. Найбільш ефективно сорбція іонів важких металів за допомогою дріжджів *S. cerevisiae* проходить в кислому середовищі. Але, паралельно з очищенням розчину від іонів важких металів, відбувається реакція між металом насадки та кислим середовищем, що очищується, і в розчин потрапляє певна кількість заліза (II). Тому було запропоновано ввести в процес очистки, ще один додатковий етап, а саме – етап феритизації [6].

Порівнюючи всі вище перераховані методи очищення стічних вод від важких металів, можна сказати, що кожен з методів володіє рядом переваг та недоліків. Проте традиційні методи, які укорінилися у наші часи, є недосконалими і потребують значних затрат електроенергії, хімічних реагентів, а застосування реагентів-окисників провокує забруднення продуктами окиснення й утворення небажаних осадів. Більш краще використовувати новітні, перспективні фізико-хімічні методи очищення, наприклад сорбцію мінералами, що призведе до зменшення негативного впливу на гідросферу шкідливих факторів, що виникають при недостатньому очищенні забруднених вод, та зменшить економічні витрати на хімічні реагенти, в зв'язку з використанням природних мінеральних сорбентів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Л.О. Штриплинг, Ф.П. Туренко «Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов» \Учебное пособие – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 192 с.
2. Летюк Л.М., Журавлев Г.И. Химия и технология фериттов \ Химия, 1983-256с
3. Михаил В.К. Водоохранение мероприятия в аридной зоне: эколого-экономический аспект \ Ылым, 1992-230с.
4. Большанина С. Б. Очищення стічних вод гальванічних виробництв сорбційними методами / С. Б. Большанина, Г. М. Гурець, Д. С. Балабуха, Д. В. Міляева // Екологічна безпека. - 2014. - Вип. 1. - С. 114-118.

5. Черниш Є.Ю Утилізація осадів стічних вод сульфیدогенною асоціацією мікроорганізмів -Дисертація на здобуття наукового ступеня,\Суми ,2014-233с.
- 6.Очищення стічних вод від іонів важких металів магнітокерованим біосорбентом за допомогою високоградієнтних магнітних полів.\\ С.В. Горобець, д-р техн. наук, О.Ю. Горобець, д-р фіз.-мат. наук, О.К. Двойненко *Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии»*, ч.2, 2009г.
7. Гроховська Ю.Р. Фітоаккумуляція макро- і мікроелементів – перспективи покращення якості поверхневих вод / Ю.Р. Гроховська, С.В. Кононцев // *Вода: проблеми та шляхи вирішення. Збірник статей науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Рівне 6-8 липня 2016 року – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка – С. 41-47.*