

УДК 628.3

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД РАДІОАКТИВНИХ ДОМІШОК

Мерзлозубов Є. О.¹, магістр, Красніков Б. К.², магістр,
Нагорна О. К.³, канд. техн. наук, доц.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹ 23177-bb.merzlozubov@365.pdaba.edu.ua, ² 192bb.krasnikov@365.pdaba.edu.ua,

³ nahorna.olena@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Забруднення водних ресурсів радіоактивними речовинами є однією з найнебезпечніших форм екологічної деградації довкілля. Основними джерелами такого забруднення є атомні електростанції, науково-дослідні установи, медичні заклади, що використовують радіоізотопи, а також аварійні ситуації на ядерних об'єктах. Унаслідок таких викидів у природні або техногенні водотоки потрапляють довгоживучі радіонукліди, такі як цезій-137, стронцій-90, кобальт-60, уран-238, які мають високу біоаккумулятивну здатність. Ці речовини можуть залишатися небезпечними протягом десятків або навіть сотень років, порушуючи нормальне функціонування екосистем, погіршуючи якість питної води та впливаючи на здоров'я населення. Тому очищення стічних вод від радіоактивних домішок є надзвичайно актуальним завданням для України, з огляду на наявність таких об'єктів, як Чорнобильська зона відчуження та Запорізька АЕС.

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення сучасних методів очищення стічних вод від радіоактивних домішок з метою оцінки їх ефективності, екологічної безпеки та можливості впровадження в умовах України.

Результати дослідження. Для розробки ефективної стратегії очищення важливо враховувати фізико-хімічні властивості основних радіонуклідів, що трапляються у стічних водах. У табл. 1 наведено найбільш поширені ізотопи, джерела їх надходження та основні загрози для людини й довкілля.

Таблиця

Поширені радіоактивні домішки у стічних водах

Радіонуклід	Джерело походження	Період напіврозпаду	Потенційна небезпека
Цезій-137 (Cs-137)	АЕС, ядерні аварії, ядерні вибухи	~30 років	Накопичується в м'язах, викликає онкопатології
Стронцій-90 (Sr-90)	Ядерні реактори, ядерне паливо	~28 років	Вбудовується в кісткову тканину, канцерогенний
Кобальт-60 (Co-60)	Медичні установи, радіаційна стерилізація	~5,3 років	Опіки, мутації клітин, пошкодження ДНК
Уран-238 (U-238)	Видобуток і переробка урану, АЕС	4,5 млрд років	Токсичний, канцерогенний, впливає на нирки
Йод-131 (I-131)	Медичні діагностики, аварії на АЕС	~8 днів	Поглинається щитоподібною залозою

Для очищення стічних вод від радіоактивних домішок застосовують методи сорбції, іонного обміну, мембранних технологій, біологічні методи, а також різні їх комбінації.

Сорбція – найпоширеніший і економічно доцільний метод. Природні сорбенти, зокрема цеоліти, бентонітові глини, активоване вугілля, мають високу ефективність у поглинанні іонів металів та радіонуклідів. Згідно з дослідженнями [1] використання бентоніту з Черкаського родовища дозволяє досягти високого ступеня вилучення іонів хрому(III), що також є релевантним для радіонуклідів з аналогічними іонними характеристиками. У дослідженні [2] було проаналізовано здатність природного цеоліту одночасно поглинати іони міді та хрому, що свідчить про його селективність і перспективність для очищення стічних вод із комплексним забрудненням, включаючи радіоактивні домішки.

Іонообмінні смоли дозволяють обмінювати радіоактивні іони (наприклад, Cs^+ , Sr^{2+}) на нешкідливі іони натрію або водню. Перевагою є висока ефективність, але недоліком – вартість смол і необхідність їх утилізації після насичення.

Методи зворотного осмосу та нанофільтрації забезпечують високу ступінь затримання радіонуклідів завдяки мікропористим мембранам. У дослідженнях [3] показано, що комбіноване використання сорбентів та мембранних фільтрів дозволяє досягти понад 90 % видалення Ni^{2+} , що є потенційно релевантним і для інших іонів.

Сучасні дослідження вказують на здатність певних бактерій до біосорбції і навіть до трансформації радіоактивних елементів у менш токсичні форми. Використання мікроорганізмів є екологічно безпечним методом, хоча й потребує ретельного контролю та тривалого періоду очищення.

У реальних промислових умовах часто застосовуються поєднання декількох методів. Це дозволяє досягти стабільно високої ефективності.

У роботі [4] подано результати очищення стічних вод з використанням природних дисперсних сорбентів – бентоніту, глауконіту, цеолітів. Також у Львівській політехніці досліджено можливості використання природного клиноптилоліту для вилучення іонів хрому, які за структурою подібні до деяких радіонуклідів [5].

Висновки. Ефективне очищення стічних вод від радіоактивних домішок вимагає інтегрованого підходу з урахуванням типу радіонуклідів, умов скиду, економічної доцільності та екологічної безпеки. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на зниження собівартості процесів, підвищення селективності та мінімізацію утворення небезпечних вторинних відходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сакалова Г. В. Очищення стічних вод від іонів хрому (III) з використанням природного бентоніту. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. № 6. С. 110–114.
2. Sabadash V., Gumnitsky J., Mylanyk O., Romaniuk L. *Concurrent sorption of copper and chromium cations by natural zeolite. Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, № 1. Pp. 159–162.
3. Sakalova G., Vasylynych T., Koval N., Kashchei V. *Investigation of the Method of Chemical Desorption For Extraction of Nickel Ions (II) from Bentonite Clays. Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, № 4. Pp. 187–190.
4. Петрус Р. та ін. Технології очищення стоків із застосуванням природних дисперсних сорбентів. *Хімічна промисловість України*. 2003. № 2 (55). С. 20–22.
5. Гумницький Я. М., Сидорчук О. В. Сорбція іонів хрому із водних розчинів природним клиноптилолітом. *Вісник НУ «Львівська політехніка» : Хімія, технологія речовин*. 2013. № 761. С. 303–305.