

Белоконь К. В., канд. техн. наук, доц.;

Книрик В. В., здобувач освіти бакалаврського рівня четвертого року навчання за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Аданік О. О., здобувач освіти бакалаврського рівня другого року навчання за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, м. Запоріжжя, Україна

МЕТОДИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СТИЧНИХ ВОД

Очищення високомінералізованих стічних вод до стану, придатного як для технологічного, так і для побутового використання, прийнято називати знесоленням. Знесолення стічної води може бути здійснене шляхом вилучення власне молекул води з розчину, або видаленням іонів солей. Енергетичні витрати у другому випадку у багато разів більші, ніж у першому, хоча теоретично вилучення солей має бути менш енергоємним.

В даний час відома велика кількість способів виділення солей із розчину. Залежно від властивостей та фізико-хімічного складу стічних вод застосовуються різні методи їх знешкодження [1]:

- механічні – виділення механічних домішок шляхом фільтрування (через пісок, гравій, кокс тощо) та відстоювання (простого та із застосуванням хімічних реагентів для прискорення осадження суспензій);

- хімічні – вилучення з води шкідливих компонентів за відповідних хімічних реакцій (реагентні методи);

- фізичні – поділ молекул солей і води внаслідок дії фізичних сил (зворотний осмос, електродіаліз, термічне знесолення, геліоопріснення, кріоопріснення та ін.);

- фізико-хімічні – екстракція різними розчинниками, іонний обмін, поглинання шкідливих компонентів сорбентами (активоване вугілля, силікагель та ін.);

- біохімічні – використання життєдіяльності бактерій та інших найпростіших організмів, що засвоюють шкідливі компоненти, та ін. (біологічне очищення в біопрудах та в біоінженерних спорудах).

Для зручності аналізу методи демінералізації (знесолення) розбиті на чотири групи [2].

До першої групи належать такі методи як знесолення зворотним осмосом, термічне знесолення та іонний обмін, що отримали останнім часом широкий розвиток.

До другої групи належать такі методи як електродіаліз, геліоопріснення та реагентні способи опріснення.

До третьої групи належать методи, які поки що мало використовуються для знешкодження високомінералізованих стічних вод: це біологічне очищення в біологічних ставках і біоінженерних спорудах, кріоопріснення, фільтрація через ґрунт, торф, штучні суміші.

Методи, що належать до четвертої групи, застосовуються епізодично і, загалом, не придатні для цілей демінералізації та очищення великих об'ємів води: це електрокоагуляція, вакуумування та центрифугування.

Однак, наявні методи очищення стічних вод у багатьох випадках недостатньо ефективні або зовсім непридатні. Метод знешкодження стічних вод може вважатися задовільним, якщо він забезпечує зниження концентрації шкідливих речовин до значень, менших гранично допустимих, і дозволяє отримувати високі кінцеві концентрації розчинів. Жоден із зазначених методів не відповідає повністю пред'явленим вимогам. Так, мінералізовані води в більшості випадків не можуть знешкоджуватись механічними та біохімічними методами. Фізико-хімічні методи дають можливість знесолювати стічні води, проте ступінь концентрування розчинів при цьому обмежена. Зі збільшенням останньої суттєво зростають витрати енергії.

Велика різноманітність сольового складу стічних вод і відмінність у потужності та цільовому призначенні знешкоджувальних установок не дозволяють вибрати будь-який один універсальний метод очищення, який можна було б застосувати з максимальною економічною ефективністю практично в будь-яких умовах.

Зворотний осмос є найпоширенішим методом знесолення високомінералізованих вод. Метод опріснення зворотним осмосом заснований на фільтруванні солоної води через напівпроникні мембрани, що пропускають воду, але затримують гідратовані іони розчинених солей. Процес перенесення води через напівпроникну мембрану здійснюється в напрямку, протилежному осмотичному перенесенню, при тиску, що перевищує осмотичний. Цей метод застосовується для знесолення вод із вмістом солі до 40 г/л.

До переваг зворотного осмосу в порівнянні з іншими методами поділу можна віднести:

1) Теоретично високий коефіцієнт корисної дії, так як відсутність фазової рівноваги при зворотному осмосі зберігає енергію, яка витрачається лише на подолання втрат на тертя розчину, що протікає через апарат, на перенесення фільтрату через мембрану та на термодинамічну роботу виділення речовини.

2) Можливість використання мембранної фільтрації для поділу багатоконпонентних систем.

3) Зворотний осмос забезпечує очищення до рівня необхідного солевмісту, а застосування робочої схеми кількох паралельно працюючих зворотньоосмотичних модульних установок може забезпечити необхідну продуктивність.

Слід також враховувати такі недоліки роботи схем зворотньоосмотичних установок:

1) 20 – 30 % води припадає на концентровану (розсіл), утилізація якої потребує додаткових витрат, а в деяких випадках утилізація неможлива;

2) при паралельно працюючих зворотньоосмотичних установках можливе збільшення енерговитрат на створення високих напорів у кожній установці;

3) постійне підкислення води, яке потрібне для витримування робочих параметрів очищення та застосування у зв'язку з цим спеціального кислотостійкого обладнання, швидке зношування кислотостійких труб та арматури можуть призвести до додаткового подорожчання всього блоку очищення в цілому.

Хоча ще зовсім недавно термічне знесолення вважалося безперспективним напрямом для наукових досліджень через його енергоємність, проте простота експлуатації установок за умови використання викидної енергії, наприклад, теплоелектростанцій, АЕС та металургійних агрегатів, зумовила вдосконалення та здешевлення зазначеного способу, відкривши перед ним нові можливості. Цей метод знесолення є найпоширенішим методом знесолення та застосовується у всіх країнах світу. Застосування даного методу доцільно на великих установках при мінералізації вихідної води більше 1,5% для знесолення води будь-якого складу.

До переваг схем очищення високомінералізованих стічних вод з використанням термічного методу слід віднести:

1) високий ступінь розробленості обладнання та тривалий досвід його експлуатації;

2) високий ступінь знесолювання води, що знешкоджується, і в деяких випадках отримання не розсолів, які вимагають додаткової обробки, а солей у твердому вигляді.

До недоліків цих схем знесолення належать:

- 1) висока енергоємність;
- 2) підвищені вимоги до матеріалів обладнання;
- 3) часткова необхідність додаткової хімічної обробки води з метою зниження утворення накипу.

Широке поширення для пом'якшення та знесолення природної води набув метод іонного обміну. Для знесолення метод застосовується переважно з використанням солонуватих вод із загальним солевмістом до 2 – 3 г/л.

Метод опріснення води іонним обміном заснований на застосуванні спеціально виготовлених зернистих матеріалів – катіонітів та аніонітів, що сорбують з оброблюваної води катіони та аніони розчинених солей.

Катіоніти – практично нерозчинні у воді матеріали, що являють собою солі або кислоти з нерозчинним твердим аніоном; катіон здатний вступати в певних умовах в обмінну реакцію з катіонами розчину, в якому знаходиться катіоніт. В результаті цієї реакції катіоніт сорбує з розчину катіони, замінюючи їх на еквівалентну кількість катіонів, якими катіоніт був попередньо заряджений.

Аніоніти являють собою основи або солі з твердим нерозчинним катіоном. Аніони аніоніту здатні обмінюватися на аніони розчину, замінюючи їх еквівалентною кількістю аніонів, якими аніоніт був попередньо заряджений.

Процеси очищення іонообмінним методом відпрацьовуються на виробничих стічних водах багатьох виробництв. Продуктивність комплексу дослідних установок – 25 – 50 м³/год, або 600 – 1200 м³/добу. Процес складається з п'яти ступенів механічного очищення (усереднення, нейтралізація, фільтрація на кварцових фільтрах, флотація, фільтрація на волокнистому фільтрі) та п'яти ступенів іонообмінного очищення (очищення від іонів Zn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺).

До переваг методу можна віднести:

- 1) високий ступінь вибіркової вилучення речовин із стічної води на молекулярному рівні;
- 2) перспективність у сфері подальшої утилізації вилучених речовин;
- 3) при правильному доборі іонітів можна досягти практично повного видалення заданих елементів, а знесолення загалом довести до рівня бідистильованої води.

Необхідно враховувати такі негативні моменти роботи іонообмінних установок:

- 1) наявність додаткових обсягів регенераційних вод;
- 2) складність схеми інженерних комунікацій;
- 3) висока вартість іонообмінних смол;

4) наявність розсолів, які потребують подальшої обробки.

З розглянутих вище методах знешкодження високомінералізованих стічних вод можна зробити висновок, що найбільш перспективним та ефективним методом знешкодження високомінералізованих стічних вод є метод термічного знесолення, оскільки використання інших методів, як правило, пов'язане з необхідністю вирішення низки проблем. Для методів зворотнього осмосу та електродіалізу це високі енерговитрати, необхідність попередньої водопідготовки (очищення від завислих речовин тощо) та утилізація висококонцентрованих розсолів; для методів іонного обміну – необхідність водопідготовки та висока вартість сорбентів, для кріоопріснення – висока вартість холодоагентів та необхідність утилізації висококонцентрованих розсолів; для реагентних методів – необхідність відчуження великих площ земель та утилізації опадів; для геліоопріснення – обмеженість застосування зон з аридними умовами.

Література

1. Сучасні підходи очищення стічної води біотехнологічних виробництв. Промислова екологія [Електронний ресурс] / [Струтинська А.В., Косоголова Л.О., Гаркава В.Г., Нежанківська В.Є.]. Київ: Ековидавництво, 2011. Режим доступу: <http://eco.com.ua/content/suchasni-pidkhodi-ochishchennya-stichnoi-vodibiotekhnologichnikh-virobnitstv>
2. Промислова екологія: [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://pidruchniki.com/1584072041610/ekologiya/promislova_ekologiya