ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК. 628. 34

О.С. ВОЛОШКІНА, Л.О. ВАСИЛЕНКО, Ю.О. БЕРЕЗНИЦЬКА

ЗАКОНОМІРНОСТІ МІГРАЦІЇ СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЧЕРЕЗ АКТИВОВАНЕ ВУГІЛЛЯ В ПРИРОДНИХ ФІЛЬТРАХ

Анотація. *Стаття присвячена аналізу закономірностей міграції солей важких металів через активоване вугілля в природних фільтрах. Розглянуто і проаналізовано метод гальванокоагуляції для очистки стічних вод від солей важких металів, що дало змогу отримати залежності для визначення зміни концентрації реагенту та магнію в процесі фільтрування через активоване вугілля.*

Ключові слова: *забруднення водних об'єктів, метод гальванокоагуляції, коефіцієнт фільтрації, важкі метали, промивні стічні води, активоване вугілля.*

Вступ

За даними ООН у світі випускається до 1 млн найменувань продукції, 100 тис. з яких є хімічними сполуками, в тому числі 15 тис. – потенційними токсикантами. За експертними оцінками до 80% всіх хімічних сполук, які потрапляють у навколишнє середовище, рано чи пізно потрапляють у водотоки.

Підраховано, що кожен рік у світі скидається понад 420 км^3 стічних вод, які спроможні зробити непридатною до споживання близько 7 тис. км^3 чистої води, що у 1,5 рази більше усього річкового стоку країн колишнього Радянського Союзу. Найбільшу шкоду завдають стічні води виробництв, на яких використовують гальванічну обробку деталей виробів. Ці води складають близько 30–50% від загального обсягу всіх промислових стічних вод. Важкі метали потрапляють у навколишнє середовище від підприємств енергетики та важкої промисловості, при експлуатації гірничих розробок та складуванні відходів, при корозії технічних будівельних споруд тощо. Вони надходять до довкілля у вигляді аерозолів, пилу, кіптяви, у складі розчинів і суспензій промислових стоків, з твердими відходами, а також з мінеральними фарбами, побутовою технікою та іншими товарами [1].

Враховуючи розповсюдженість важких металів у навколишньому середовищі та специфіку їх впливу, важливим є дослідження з питань міграції та

© О.С. Волошкіна, Л.О. Василенко, Ю.О. Березницька, 2015

трансформації цих елементів в екосистемах різного рівня. Подальшу екологічну оцінку забруднення довкілля важкими металами та природоохоронні заходи щодо його запобігання можна здійснювати за такою схемою: техносфера – екологічний менеджмент (зміни в економіці та структурі споживання ресурсів) – екологічний моніторинг (зменшення техногенного забруднення) – оцінка впливу на навколишнє середовище (очистка викидів, знезараження відходів) – оптимізація природокористування [2].

На сьогодні, на жаль, недостатньо очищені стічні води гальванічних виробництв скидаються у міські мережі водовідведення. Такі виробництва існують практично на всіх машинобудівних, приладобудівних підприємствах та ін.

Якщо промислові підприємства знаходяться поблизу міст або в їх межах, очищення суміші побутових та промислових стічних вод в такому випадку може проводитися на єдиних очисних спорудах, але у зв'язку з тим, що в стічних водах підприємств можуть міститись специфічні забруднення, їх скид в міську каналізаційну мережу обмежується комплексом вимог [3].

Загальні умови скиду зворотних вод будь-якої категорії у поверхневі джерела визначається народногосподарським характером водокористування.

При вирішенні питань водовідведення, очистки стічних вод промислових підприємств, до яких входить гальванічне виробництво, запропоновані технічні рішення та схеми повинні бути розглянуті з розрахунком порівняння техніко-економічних та екологічних показників. Таким чином, основні методи очистки промивних стічних вод можливо виділити в групи. Наведемо схему методів очистки таких стічних вод, які зараз існують на виробництвах (рис. 1).

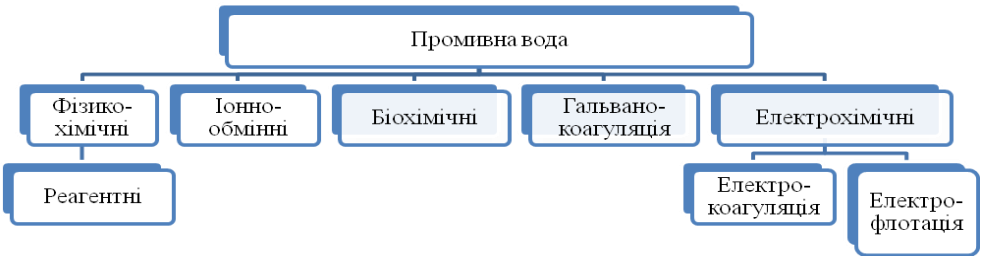

Рис. 1 – Групи методів очистки промивних стічних вод гальванічних виробництв

Аналіз літературних даних показує, що основними методами очистки стічних вод гальванічних виробництв від іонів важких металів, які знайшли найбільш широке застосування в промисловості, є реагентний та електрокоагуляційний.

Основна частина

Технологічні рішення, які використовуються в Україні на сьогодні, вимагають використання значної кількості реагентів та енергоносіїв, а також не дозволяють створити компактний блок очисних споруд та суттєво інтенсифікувати процес очищення. Найбільш сучасним методом очистки промивних стічних вод від важких металів, а саме від VI-валентного хрому, а також економічно вигідним є метод гальванокоагуляції. Метод гальванокоагуляції дозволяє відмовитися від використання реагентного господарства, різко скоротити об'єм очисних споруд.

Очистка стічних вод від хрому(VI) методом гальванокоагуляції відбувається в тілі фільтра при фільтруванні через завантаження, яке складається з активованого вугілля, в присутності іонів магнію, що потрапляють в воду, яка обробляється в результаті розчинення стержнів магнію.

У процесі, який розглядається, в якості анода виступає металевий магній, а в якості катода – графіт або активоване вугілля. Останній у даному випадку використовується як електропровідний матеріал з малим електрохімічним опором. Вибір катоду та аноду прийнятий з урахуванням значної різниці їх стандартних електрохімічних потенціалів.

Згідно з дослідженнями, які були здійснені в лабораторії КНУБА, констатуємо, що для невеликих виробництв можна рекомендувати реконструкцію очисних споруд для застосування методу гальванокоагуляції.

Для розглянутого методу гальванокоагуляції в ряді робіт [4, 5, 6, 7] отримані рівняння, які наводять зміну концентрації реагенту та магнію в процесі фільтрування через активоване вугілля. При наявності достатньої кількості магнію отримані розрахункові залежності у вигляді:

Для випадку $t > \frac{n_0}{V_0} x$ маємо

$$C_1(x,t) = C_{01} e^{\frac{K_3}{V_0} x}$$
$$C_3(x,t) = C_{01} K_0 \frac{e^{\frac{K_3}{V_0} x} - e^{\frac{K_2}{V_0} x}}{K_2 - K_3} + C_{03} e^{\frac{K_2}{V_0} x} \quad (1)$$

де: $C_{1(3)}$ – концентрація хрому на виході з фільтру;
t, x – інтегральні перетворення Лапласа по часовій змінній та просторовій;
n_0 – пористість завантаження;
$C_{01(03)}$ – початкова концентрація хрому;
K_0 – константа швидкості процесу;
K_2 – *const;*
$K_3 = K_1 + K_2$;
V_0 – швидкість фільтрації.

Співвідношення (1) описують процес очищення води від хрому(VI) у фільтрі.

Крім розглянутих процесів зниження концентрації хрому в товщі фільтру і накопичення в ній продуктів реакції, необхідно проаналізувати зміну втрат напору у фільтрі h. Втрати напору відбуваються внаслідок накопичення в його товщі продуктів хімічної реакції, а саме кількості перетвореного хрому(VI) в хром(III) з подальшим утворенням нерозчинних сполук тривалентного хрому і металевого хрому. Для отримання розрахункових залежностей використовуємо математичні моделі і їх реалізацію, запропоновану в роботі [6]. У роботі записано рівняння одномірної фільтрації з врахуванням змінного коефіцієнта фільтрації у вигляді $V(x;t) = -K(x,t,\rho)\frac{\partial h(x,t)}{\partial x}$, де $K(x,t,\rho) = K_0(x) \cdot F(\tilde{\sigma}_3)$,

і рівняння нерозривності при $\rho = const,\ n_0 = const,\ s = const$ у вигляді $\frac{\partial \tilde{\sigma}}{\partial t} - \frac{\partial V}{\partial x} = 0$. У наведених рівняннях K_0 і К – відповідно коефіцієнти фільтрації незакольматованого (чистого) і закольматованого фільтру,

$\tilde{\sigma} = \eta\sigma_3$, $\eta = \frac{An_0}{\sigma_{\max}}$, $\sigma_{\max}$ і σ_3 – граничне і поточне значення концентрації осідання в одиниці об'єму фільтру, А – коефіцієнт граничного накопичення осаду. Функція $F(\tilde{\sigma}_3)$ в загальному вигляді залежить від вигляду осідання, його щільності і типу фільтруючого завантаження. Аналіз існуючих експериментальних даних для різних типів завантаження фільтру дозволив отримати залежність $F(\sigma_3) = e^{-\alpha\sigma_3(x,t)}$, де α – дослідний коефіцієнт, що залежить від матеріалу завантаження і має розмірність, зворотну розмірності σ_3. Слід зазначити, що більш стабільний ефект очистки відбувається при «постійній» швидкості фільтрування.

Аналіз показав, що запропоноване рівняння можливо використовувати і для інших солей важких металів (*AL, Gu, Zn* і т. ін.), при цьому змінюється коефіцієнт реакції.

Висновки

1. Проведені дослідження показали, що найбільш сучасними методами очистки промивних стічних вод від важких металів є метод гальванокоагуляції.
2. Отримані залежності зміни концентрації реагенту та магнію в процесі фільтрування через активоване вугілля дозволяють регулювати процес зниження концентрації хрому в товщі фільтру та накопичення в ній продуктів реакції через втрати напору на фільтрі.
3. Доцільно в подальшому дослідити, як змінюється коефіцієнт реакції у випадку інших металів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні / М-во екології та природних ресурсів України. – К.: 2012. – 66 с.
2. Удод В.М., Василенко Л.О., Цзя Хун Юй. Екологічна оцінка забруднення довкілля важкими металами // Екологія і ресурси: Зб. наук. праць Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2005. – № 12. – С. 95–100.
3. ДБНВ 2.5.-75:2014 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди».
4. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 156 с.
5. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1975. – 155 с.
6. Олійник О.Я., Кисельов С.К. «Теоретичні дослідження втрат напору на очисних фільтрах при знезалізненні води» // Науково-технічний збірник КНУБА. Вип. 1 – К.: 2003. – С. 3–12.
7. Терновцев В.О., Василенко Л.О. Теоретичні очищення води від іонів важких металів гальванокоагуляцією // Науково-технічний збірник КНУБА. Вип. 1. – К.: 2003. – С. 80–85.
8. Волошкіна О.С. Моделі і методи прогнозу забруднення водних ресурсів // Екологічна безпека та природокористування. Зб. наук. праць. – К.: 2014. Вип. 6. – С. 5–13.

Стаття надійшла до редакції 02.09.2015