



Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)

Handbook of the XXIII International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.290871>

УДК 628.543.3.9

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІОНООБМІННОГО ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ЗАЛІЗА З КИСЛИХ СТОКІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Олена ІВАНЕНКО, Сергій ДОВГОЛАП, Юля НОСАЧОВА, Тетяна ВЕРЕЩУК

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

проспект Берестейський, 37, м. Київ 03056, Україна

e-mail: [s.dovholap@gmail.com](mailto:s.dovholap@gmail.com)

Гальванічне виробництво широко використовується в різних галузях промисловості, включаючи автомобільну, електронну, галузі виробництва приладів, ювелірну справу та інші. Гальванічне осадження значно покращує якість та зовнішній вигляд виробів, а також захищає їх від корозії та інших агресивних факторів. Проте, як будь яка галузь виробництва, гальваніка має свої власні екологічні проблеми та виклики [1].

В процесі гальванічного виробництва часто утворюються стічні води, що містять різні хімічні сполуки, включаючи важкі метали та металевий осад, електроліти, розчинники. Це призводить до забруднення водойм та підземних вод, що негативно впливає на екосистеми та здоров'я людей. Деякі процеси гальванічного виробництва можуть бути дуже енерговитратними, що призводить до викидів дисперсних та газоподібних речовин. Викиди парникових газів, таких як вуглекислий газ, сприяють зміні клімату. Покращення енергоефективності і використання відновлювальних джерел енергії можуть допомогти зменшити цей вплив.

Відходи гальванічного виробництва – це відходи, які виникають під час процесу гальванічного покриття металевими шарами на поверхні різних матеріалів. Ці відходи включають різні речовини, що можуть бути небезпечними для навколишнього середовища і здоров'я людей, тому важливо належним чином управляти ними, щоб забезпечити безпеку та збереження довкілля. Навіть у виробництвах, де наявна система очищення стоків, вона, як правило, функціонує не на високому рівні та не відповідає міжнародним стандартам [2]. З-поміж різноманітних методів очищення стічних вод гальванічного виробництва, таких як реагентні, іонообмінні, сорбційні, біохімічні та електрохімічні, на вітчизняних підприємствах найбільш поширеними є реагентні методи. Застосування цих методів має цілу низку недоліків. Більшість відновників мають не тільки відновлюючі властивості, але й комплексоутворюючі. При взаємодії з металами утворюються комплекси, що не здатні випадати в осад або взаємодіяти з іоннообмінними смолами та важко піддаються будь-яким методам очищення. Також до недоліків реагентних методів можна віднести необхідність застосування надлишкової кількості реагентів, що призводить до суттєвого збільшення загального об'єму гальванічного шламу.

Для розв'язання цих проблем гальванічні виробництва повинні впроваджувати ресурсоефективні технології та процеси, вдосконалювати управління відходами, зменшувати викиди, підвищувати енергоефективність.

Перед гальванічним виробництвом стоїть одна з найскладніших проблем - розробити

методи ефективного очищення стічних вод та утилізації відпрацьованих електролітів. Один із способів вирішення цієї проблеми полягає вторинному використанні стічних вод, а саме в створенні ресурсоекономних систем промислового водопостачання, які ґрунтуються на багаторазовому використанні очищених стічних вод, що відповідають вимогам якості технологічних вод [2].

**Метою роботи** стало є вивчення закономірностей іонообмінного вилучення іонів заліза з кислих розчинів травлення гальванічного виробництва.

В ході досліджень в якості сорбційного матеріалу було обрано сильнокислотну катіонообмінну смолу (сульфований сополімер стиrolу та дивінілбензолу) Dowex HCR S/S в  $\text{Na}^+$ -формі.

Процеси сорбції іонів заліза (II) проводили в динамічних умовах. При дослідженні використовували розчини заліза з концентрацією по іонах  $\text{Fe}^{2+}$  1; 5 г/дм<sup>3</sup>. Концентрацію сірчаної кислоти змінювали в діапазоні від 0 до 13 г/дм<sup>3</sup>.

**Таблиця 1.** Залежність повної обмінної динамічної ємності та ступеня регенерації іоніту від складу вихідного, регенераційного розчинів та питомої витрати ( $q_p$ ) регенераційного розчину

| Склад розчину, що сорбується             |  | ПОДС,<br>мг-екв/см <sup>3</sup> | Склад регенераційного розчину,<br>С ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), % | Витрата регенераційного розчину,<br>$q_p$ ,<br>см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup> | Ступінь регенерації іоніту,<br>Z, % |
|--|--|---------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| $\text{Fe}^{2+}$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> | $\text{SO}_4^{2-}$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> |                                 |  |   |                                     |
| 1 000                                    | 0  | 1,385                           | 5  | 5   | 99,0                                |
|  |  |                                 |  | 10  | 100,0                               |
| 1 000                                    | 500  | 1,9                             | 5  | 5   | 95,5                                |
|  |  |                                 |  | 10  | 100,0                               |
| 1000                                     | 1 200                                      | 0,44                            | 5  | 5   | 98,0                                |
|  |  |                                 |  | 10  | 100,0                               |
| 1 000                                    | 2 450                                      | 0,3                             | 5  | 5   | 100,0                               |
| 1000                                     | 3 500                                      | 0,46                            | 5  | 5   | 100,0                               |
| 5000                                     | 500  | 1,92                            | 10   | 5   | 100,0                               |
| 5 000                                    | 1 300                                      | 2,21                            | 10   | 5   | 100,0                               |
| 5 000                                    | 3 000                                      | 1,85                            | 10   | 5   | 100,0                               |
| 5 000                                    | 8 100                                      | 1,35                            | 10   | 5   | 100,0                               |
| 5 000                                    | 13 000                                     | 1,35                            | 10   | 5   | 100,0                               |

Вибір сильнокислотного катіоніту обумовлений тим, що обмінна ємність сильнокислотних катіонітів майже не залежить від рН. Навіть при низьких значеннях рН можна досягати граничні величини обмінної ємності.

Проте, експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням концентрації сірчаної кислоти повна обмінна динамічна ємність катіоніту суттєво зменшується при сорбції іонів заліза (табл. 1). Для залізовмісних розчинів ПОДС знижується з 1,39 г-екв/дм<sup>3</sup> за відсутності в початковому розчині сірчаної кислоти, до 0,3 – 0,46 г-екв/дм<sup>3</sup> при концентрації сірчаної кислоти на рівні 1 – 3 г/дм<sup>3</sup>. Збільшення концентрації іонів заліза (II) приводить до суттєвого збільшення ПОДС, навіть при концентрації сірчаної кислоти 8 – 13 г/дм<sup>3</sup>, ПОДС була на рівні

1,35 г-екв/дм<sup>3</sup>, що відповідає рівню сорбції розведених розчинів навіть при відсутності кислоти.

Основним показником, на який орієнтуються при виборі іонообмінного методу, є можливість ефективної регенерації катіонообмінного матеріалу. В роботі регенерацію проводили 5-ти та 10 %-ти розчинами сірчаної кислоти. При використанні 5 % розчину вже при питомій витраті регенераційного розчину 5 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup> вдалося досягти ступеню регенерації на рівні 95 – 98 %, а при використанні 10 % розчину ступінь регенерації сягала 100%.

В цілому, виходячи з отриманих результатів, застосування іонообмінного методу вилучення іонів заліза з кислих концентрованих травильних розчинів є доцільним.

**Література:**

[1] Кунтій О.І. Гальванотехніка // Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2004. 236 с.

[2] Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка: навч. посіб. / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 202 с.