

УДК 628. 362. 34

## ЩОДО ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ І ЗНЕШКОДЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОФЛОТООАГУЛЯЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ

Мовчан С.І., к.т.н.,

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Анотація** – розглянуто процес очищення стічних вод гальванічного виробництва електрофлотокоагулятором.

**Ключові слова** – гальванічне виробництво, миючі розчини, очищення, знешкодження, електрофлотокоагулятор.

*Постановка проблеми.* Охорона навколишнього природного середовища особливо гостро стала на рубежі третього тисячоліття. Найбільш негативно на людей впливають стічні води як господарської діяльності, так і промислового виробництва.

Слід відзначити, що зменшення об'ємів великого промислового виробництва, у свою чергу, привело до розширення дрібного виробництва на невеликих спеціалізованих підприємствах. У зв'язку з цим, в системах обробки стічних вод промислових підприємств актуальності набувають локальні схеми і технологічне обладнання для очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва.

Досвід експлуатації такого технологічного обладнання показав високу мобільність при проектуванні і монтажу, готовність технологічного обладнання для обробки стічних вод з високими початковими концентраціями, порівняно невеликі енергетичні затрати, високій коефіцієнт надійності тощо [1, 2, 3].

*Аналіз останніх досліджень.* Стічні води гальванічного виробництва є одним із поширеним різновидів промислових стічних вод як на Україні, так і за її межами. Виробничі стічні води, які забруднені кислотами, лугами і солями важких металів, утворюються при хімічній і електрохімічній обробці металів та їх сплавів, а також при нанесенні гальванічних покриттів. Вказані технології застосовуються в Україні на підприємствах машинобудування, приладобудування, металообробки, чорної та кольорової металургії та інших галузей вироб-

ництва. Орієнтовний об'єм стічних вод, що скидаються цими виробництвами, сягає 500 млн. м<sup>3</sup> на рік.

Зазначені питання досліджувались в багатьох наукових організаціях країн СНД, зокрема, в інститутах ДНЦ НДІ ВОДГЕО (м. Москва), УкрВОДГЕО (м. Харків), НДПІ “Енергосталь” (м. Харків), Уральський політехнічний університет (м. Єкатеринбург), УДУВГП (м. Рівне) та ін.

Над вирішенням цих питань працювали відомі вчені, фахівці та інженери: Пушкарьов В. В., Кульський Л. А., Рогов В. М., Бунін М. І., Філіпчук В. Л., Анопольський В. Н., Вайнштейн І. А., Запольський А. К., Образцов В. В. та ін. Але не до кінця розробленими залишилися питання глибокої очистки різновидів стічних вод, що не дозволяє ефективно проводити знешкодження шкідливих речовин, які містяться у стічних водах.

Аналіз прогресивних розробок по очищенню стічних вод гальванічного виробництва показав, що найбільш перспективним напрямком є методи, які комплексно, з застосуванням фізико-хімічної та реагентної обробки дозволяють ефективно знешкоджувати стічні води цих виробництв.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Розглянути процес очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва електрофлотокоагуляційною установкою.

*Основна частина.* Локальні установки для обробки стічних вод гальванічного виробництва є оптимальним технічним рішенням, яке з успіхом впроваджується на різних промислових підприємствах для очищення і знешкодження стічних вод від іонів важких металів, завислих речовин, паливо-мастильних матеріалів тощо.

Наприклад, на ПАТ “Бердянські жнивarki” (м. Бердянськ) для операції підготовки миття продукції використовували воду з високим вмістом солей кальцію і магнію, що ускладнювало технологічний процес і підвищувало собівартість продукції (табл. 1).

Таблиця 1 - Хімічний склад водопровідної води системи водоспоживання ПАТ “Бердянські жнивarki”

| Показник<br><i>pH</i> | Загальна жорсткість, мг – екв./л | Загальний вміст заліза, мг /л | Хлориди, мг/л | Сульфати, мг/л | Загальна кількість солей, мг/л |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------|
| 6,80...7,20           | 12,0...34,0                      | 0,50...5,0                    | 60...230      | 70...120       | 1200...1350                    |
| 6,85...7,35           | 11,5...33,0                      | 0,55...5,3                    | 60...245      | 68...123       | 1250...1350                    |
| 6,70...7,12           | 11,0...30,0                      | 0,54...5,25                   | 58...220      | 70...116       | 1190...1300                    |
| 6,25...7,00           | 11,4...35,0                      | 0,49...5,15                   | 61...215      | 72...121       | 1185...1250                    |

Примітка: приведені середні показники за 2016 рік по кварталам.

Слід відмітити різноманітність складу стічних вод які потрапляють на очищення (табл. 2)

Таблиця 2 - Типовий склад і кількість стічних вод гальванічної дільниці

| № ванн | Найменування процесу | Склад розчину          | Концентрація хімікатів | Температура розчину, °С | Обсяг ванни, м <sup>3</sup> | Періодичність зміни розчину |
|--------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1      | Знежирення           | <i>NaOH</i>            | 150 г/л                | 70 - 80                 | 0,7                         | 1-3 рази у місяць           |
| 2      | Перша промивка       | гаряча вода            | -                      | 60 – 70                 | 0,7                         | вода проточна               |
| 3      | Друга промивка       | холодна вода           | -                      | 10 - 15                 | 0,7                         | вода проточна               |
| 4      | Освітлення           | <i>HNO<sub>3</sub></i> | 20 – 30 %              | 18 – 20                 | 0,7                         | 1-3 рази у місяць           |
| 5      | Третя промивка       | холодна вода           | -                      | 10 - 19                 | 0,7                         | вода проточна               |
| 6      | Четверта промивка    | гаряча вода            | -                      | 60 - 70                 | 0,7                         | вода проточна               |

Примітка: Типовий склад і кількість стічних вод гальванічної дільниці наведено у середньому шляхом аналізу робіт [1, 2, 3].

За базову технологію обробки стічних вод гальванічного виробництва прийнята електрохімічна технологія очищення і знешкодження електрогенерованим гідроксидом заліза і газової фази. Процес обробки відбувається на електрофлотокоагуляційній установці, розробленої для очищення і знешкодження стічних вод від іонів важких металів: хрому (трьох – та шестивалентного), залізу, цинку тощо.

Електрофлотатори колонного типу використовують при організації систем очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва. В першу чергу це стосується об'єктів, які прості в експлуатації та, як правило, мають невеликі енергетичні витрати. Крім того, ці пристрої в обслуговуванні не потребують висококваліфікованого персоналу. Все це, а також компактне виконання при монтажі і налагодці, мобільність в роботі дозволяють оптимально використовувати дане технологічне обладнання практично для всіх різновидів стічних вод гальванічного виробництва. Крім того, електрофлотатори покращують екологічне становище водоймищ тому, що ефективність очищення досягає 100%.

Технологія очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва потребує необхідного розділення оброблених стічних вод на: промивні води та кислі відпрацьовані електроліти (від ванн пасивації, травлення, цинкування тощо). Лужні та кислі розчини обробляються по відповідних технологіях, а промивна вода подається

на горизонтальний апарат, де відбуваються наступні операції: електрофлоотокоагуляція; відділення флотошлему; відстоювання тощо.

Крім того, в промислових умовах, використовували високотоксичні відходи гальванічного виробництва в якості відпрацьованого миючого розчину (ВМР). При обробці стічної води гальванічного виробництва до ВМР входять невеличкі домішки: поверхнево-активні речовини, метасилікат, карбонат і триполіфосфат натрію. У разі використання компонентів реагенту підвищується транспортуюча швидкість коагулянту, який містить у собі залізо, до хромової стічної води відбувається активація поверхні сталевих електродів. Використані при цьому домішки хімічних компонентів ВМР дозволили одержати концентрований розчин коагулянту, а також бульбашки газового середовища. Якщо і далі змішувати розчин коагулянту, що містить у собі залізо, посилюються реакції окислення та поновлення і відбувається подальше утворення з'єднання флотокомплексів та підвищення ефективності флотації гідроксидів важких металів до пінного шару [4].

Аналізуючи результати експериментальних досліджень, слід відмітити, що найбільша ефективність очищення досягається при використанні певного співвідношення хімічних компонентів ВМР, у кількості 50...100 мг/дм<sup>3</sup>. Початкова концентрація шестивалентного хрому досягала максимального значення до 250 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст компонентів кожної хімічної речовини, їх кількісний склад в кожній серії досліджень зростає (табл. 3).

Таблиця 3 - Результати досліджень по визначенню ефективності очищення стічних вод від іонів важких металів

| Електричний заряд, Кл/дм <sup>3</sup> | Кількість хімічних компонентів, які входять до складу реагенту, г/л |                                 |   |   | Ефективність очищення, % |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|---|---|--------------------------|
|                                       | NaOH  | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O <sub>x</sub> SiO <sub>2</sub> |                          |
| 50                                    | 30,0  | 30,0                            | 30,0  | 3,0   | 96,00                    |
|                                       | 35,0  | 35,0                            | 35,0  | 4,0   | 96,50                    |
|                                       | 40,0  | 40,0                            | 40,0  | 5,0   | 97,50                    |
| 100                                   | 30,0  | 30,0                            | 30,0  | 3,0   | 97,00                    |
|                                       | 35,0  | 35,0                            | 35,0  | 4,0   | 98,00                    |
|                                       | 40,0  | 40,0                            | 40,0  | 5,0   | 99,50                    |
| 300                                   | 30,0  | 30,0                            | 30,0  | 3,0   | 98,00                    |
|                                       | 35,0  | 35,0                            | 35,0  | 4,0   | 98,50                    |
|                                       | 40,0  | 40,0                            | 40,0  | 5,0   | 99,00                    |
| 600                                   | 30,0  | 30,0                            | 30,0  | 3,0   | 97,00                    |
|                                       | 35,0  | 35,0                            | 35,0  | 4,0   | 99,00                    |
|                                       | 40,0  | 40,0                            | 40,0  | 5,0   | 99,50                    |
| 700                                   | 30,0  | 30,0                            | 30,0  | 3,0   | 96,00                    |
|                                       | 35,0  | 35,0                            | 35,0  | 4,0   | 98,50                    |
|                                       | 40,0  | 40,0                            | 40,0  | 5,0   | 99,00                    |

Ефективність очищення стічної води гальванічного виробництва наведена в табл. 3, підтверджує, що обрана доза ВМР (50...100 мг/дм<sup>3</sup>) при вказаному вище певному співвідношенні хімічних компонентів до шестивалентного хрому є ефективною і раціональною. У цьому випадку ефективність очищення стічних вод сягає 98,5...99,5 %.

Для отримання високих показників ефективності очищення стічної води і зменшення витрати електричного заряду, обробку проводили у інтервалі 600...4000 Кл/дм<sup>3</sup>. При питомих витратах електричного заряду менше 600 Кл/дм<sup>3</sup> концентрація ВМР, який міститься в електроліті, та ступінь його насичення двовалентним залізом зменшує ефективність процесу очищення.

Залежності витрат електричного заряду від дози ВМР наведено на рис. 1.

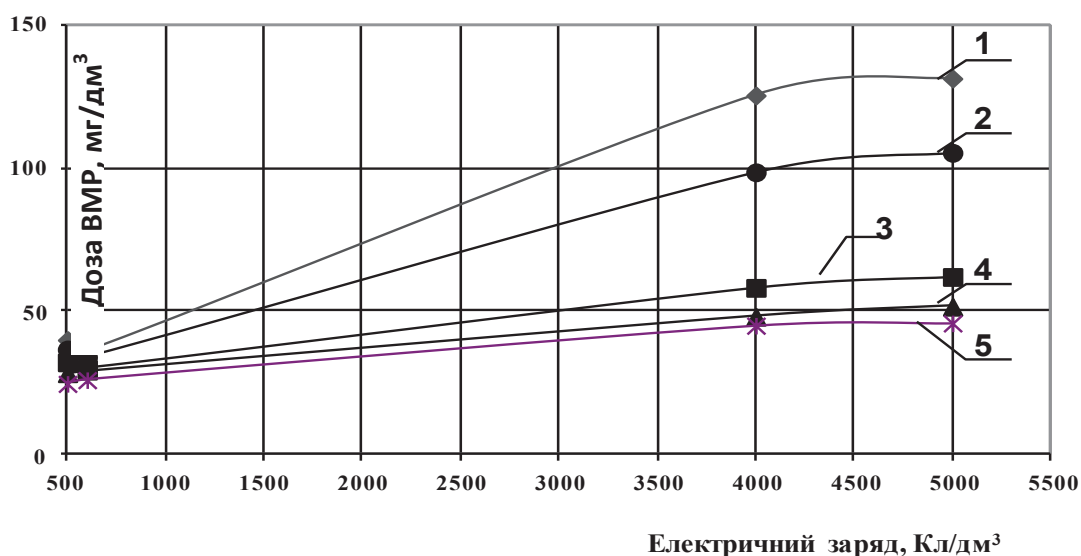


Рис. 1. Залежності витрат електричного заряду від дози ВМР:  
1 - Cr<sup>6+</sup>; 2 - Cr<sup>3+</sup>; 3 - Fe<sup>3+</sup>; 4 - завислі речовини; 5 - ПАР

Експериментальні дані, які одержані в лабораторних і промислових умовах, свідчать про високу ефективність розробленого способу реагентної обробки стічних вод гальванічного виробництва, яка досягає 98,5...99,5 % (табл. 4).

Таблиця 4 - Ефективність очищення стічної води від гальванічного виробництва

| Електричний заряд, Кл/дм <sup>3</sup> | Співвідношення хімічних компонентів відпрацьованого миючого розчину до шестивалентного хрому |             |            |                 | Ефективність очистки від іонів важких металів, % |          |            |
|---------------------------------------|--|-------------|------------|-----------------|--|----------|------------|
|                                       | ПАР  | $Na_2SiO_3$ | $Na_2CO_3$ | $Na_3P_5O_{10}$ | Хром VI  | Хром III | Залізо III |
| 50                                    | 0,00   | 0,00        | 0,00       | 0,00            | 18,00  | 12,00    | 30,00      |
|                                       | 0,05   | 0,05        | 0,25       | 0,15            | 48,00  | 62,00    | 60,00      |
| 100                                   | 0,05   | 0,05        | 0,25       | 0,15            | 99,50  | 98,15    | 96,00      |
| 300                                   | 0,25   | 0,25        | 1,20       | 0,25            | 99,50  | 99,25    | 98,00      |
| 600                                   | 0,50   | 0,50        | 2,50       | 0,50            | 99,50  | 99,30    | 98,50      |
| 700                                   | 0,60   | 0,80        | 3,20       | 1,80            | 99,50  | 96,25    | 91,30      |
|                                       | 0,75   | 0,85        | 3,25       | 1,85            | 99,50  | 98,25    | 92,30      |

Крім того, на технологічному обладнанні проводиться вимірювання показників одновалентних іонів з використанням окислювально-відновлювального ефекту. Для цього використовують блоки 1 та 2 електрофлотокоагулятора (рис. 2), відповідно, на вимірювання іонів водню (величини  $pH$ ) та інших електродних потенціалів.

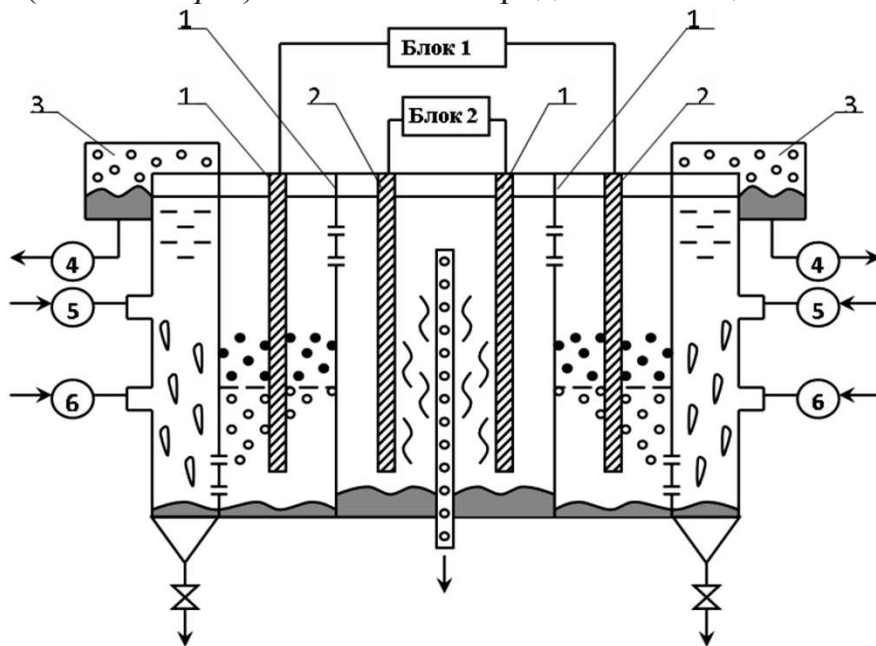


Рис. 2. Електрофлотокоагулятор для очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва: 1 і 2 – електродні системи, відповідно, першого та другого блоку; 3 – лоток для збирання завислих речовин; 4 – патрубок відведення завислих речовин; 5 – патрубок подачі відпрацьованого миючого розчину; 6 – патрубок подачі сірчистої кислоти

Вимірювання активності іонів водню ( $pH$ ) та інших потенціалів відбувається за допомогою електродних систем, які встановлено в середині електрофлокоагулятора. Розчин, який необхідно перевірити на наявність потенціалів до середини апарату надходить ретельно перемішаний. Це досягається тим, що вода по технології проходить через ступені обробки, які розташовані коаксиально. Крім того, це сприяє компактному розміщенню технологічного обладнання.

Через патрубок 5 подачі ВМР подається вода від технологічного обладнання для обробки до першої камери, а через патрубок 6 подається сірчана кислота. Водний розчин ретельно перемішується, відділяються завислі речовини, масла і розчин надходить до другої ступені вимірювання, де відбувається вимірювання окислювально-відновлювального потенціалу.

Використання електрокоагуляторів дозволяє високоефективно проводити очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва з високими початковими концентраціями іонів важких металів і має наступні показники (табл. 5):

Таблиця 5 - Показники очищення стічних вод

| Показники речовин         | Вода, що надходить для очищення | Очищена вода |
|---------------------------|---------------------------------|--------------|
| Завислі речовини          | 75 ... 80                       | 3,0          |
| Іони важких металів, мг/л |                                 |              |
| - загальний хром          | 12 ... 22                       | 0,01         |
| - цинк                    | 11 ... 12                       | 0,05         |
| - мідь                    | 8 ... 11                        | 0,05         |
| - нікель                  | 4 ... 7                         | 0,01         |
| - загальне залізо         | 25 ... 35                       | 0,3          |

*Висновки.* В порівнянні з іншими аналогічними методами обробки стічних вод запропонована технологія дозволяє відмовитись від застосування хімічних реагентів, які підвищують собівартість і ускладнюють роботу очисних споруд при очищенні і знешкодженні стічних вод гальванічного виробництва.

Використання електрокоагуляторів дозволяє ефективно проводити очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва з високими початковими концентраціями іонів важких металів.

В розробленому технологічному обладнанні відносно легко проводити вимірювання і визначення активності іонів водню (показника  $pH$ ), а також активності інших іонів ( $pX$ ) за допомогою окислювально-відновлювального ефекту.

## Література:

1. Исследование локальных систем электрохимических способов очистки промстоков на Бердянском ПО «Жатка»: Отчет по НИР / МИМСХ; Руководитель *Н. И. Бунин*. – 0293–Х; № 01880067562; Инв. № 02880025684. – Мелитополь, 1988. – 64 с.
2. Разработка и исследование методов регенерации моющих растворов с применением электрохимических воздействий на Чертковском РМЗ Тернопольской области / Руководитель *Бунин Н. И.* № 028880025684. – Мелитоп. ин-т механиз. сел. хоз-ва, 1988. – 48 с.
3. Разработка и исследование установок по очистке стоков цеха ремонта сельхозтехники Симферопольского РМЗ. / Руководитель *Бунин Н. И.*; № 028880025684. – МИМСХ, 1988. – 28 с.
4. А. с. № 1730045 СССР, МКИ С 02 F 1 / 46. Способ очистки хромсодержащих сточных вод / *Бунин Н. И., Мовчан С. И.*; МИМСХ. - № 4670283 / 26. Заявл. 30. 03. 89. Оpubл. 30. 04. 92. Бюл. № 16.
5. Патент на корисну модель № 94243 Україна, МПК<sup>7</sup> С02 F1/46 (2006.01). Спосіб каскадного очищення стічних вод: [Текст] / *С.І. Мовчан*. – Заявка № u 2014 03882, заявл. 14.04.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21.
6. А.с. № 58412. Хімічні речовини для очищення, оброблення й нейтралізації окремих видів стічних вод гальванічного виробництва промислових підприємств: [Текст] / *С.І. Мовчан*. Заявка № 58010. Від 13.10.2014 р. Дата реєстрації 02.02.2015 р.

**К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ  
СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА  
ЭЛЕКТРОФЛОТКОАГУЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКОЙ**

Мовчан С.И., Болтянский О.В., Болтянская Н.И.

***Аннотация*** - рассмотрен процесс очистки сточных вод гальванического производства электрофлоткоагулятором.

**TO THE QUESTION OF CLEANING AND DISPOSAL  
OF WASTEWATER GALVANIC PRODUCTION BY AN  
ELECTRICAL FLOTOCOAGULATOR INSTALLATIONS**

S. Movchan, O. Boltyanskiy, N. Boltyanska

***Summary***

**The process of sewage water cleaning treatment of the galvanic production by an elektrikal flotokoagulator.**