

# ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ТА БЕЗПЕЧНІСТЬ

**О. С. ШАТАЛОВ, канд. с-г. наук**

*Національний університет водного господарства та природокористування  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028  
e-mail: sh\_as@i.ua*

Впродовж останніх років знову набувають поширення електрохімічні методи очищення стічних вод промислових підприємств. Затребуваність цього методу пояснюється значним подорожчанням хімічних реагентів, таких як окисники, відновники, кислоти, луги, коагулянти, флокулянти; зниженням «вторинного» забруднення очищеної води аніонами та катіонами солей внаслідок відмови від використання хімічних реагентів, що позитивно впливає на екологічну безпеку підприємств; розширення можливості повторного використання очищеної води у виробництві, оскільки загальна мінералізація й особливо аніонний склад водної фази не тільки не змінюється, а у ряді випадків навіть зменшується; можливість комплексного очищення мінералізованих багатокомпонентних стічних вод різних за якісно-кількісним складом за рахунок сорбції та співосадження домішок; зменшення кількості або повна відмова від застосування хімічних реагентів; простотою обслуговування та компактністю водоочисних установок.

Найпоширенішим методом електрохімічного очищення є введення у стічну воду коагулюючих катіонів алюмінію або заліза шляхом іонізації (електрохімічного розчинення) металевих анодів під дією постійного електричного струму. Катіони металу при взаємодії із молекулами води утворюють гідроксиди, які мають підвищені сорбційні властивості до важких металів, органічних сполук та інших компонентів стічних вод, а також, згідно наших досліджень, сприяють вилученню аніонів хлору та сульфату (в середньому від 10 до 30%). Іонізація залізних електродів з утворенням двовалентного заліза розширює галузь застосовувати електрокоагуляції як для відновлення шестивалентного хрому, так і для коагуляції інших забруднюючих домішок, таких як нафтопродукти, мастила, поверхнево-активні речовини (ПАР), інші органічні домішки.

Суттєвими перевагами електрокоагуляції є значне зменшення дози лужного реагенту для підлужування стічної води та просте регулювання дози іонів металів необхідної для коагуляції, що досягається лише за рахунок регулювання величини електричного струму.

Але поряд з питаннями конструктивного і технологічного удосконалення водоочисних установок електрохімічного очищення повинен проводитись і комплексний аналіз їхньої безпечної експлуатації та приведення її умов нормативно-правовим актам.

Основними небезпечними чинниками, що виникають під час експлуатації установок для електрохімічного очищення води є можливість

ураження електричним струмом, виділення електролізних газів, у першу чергу хлору, утворення вибухопожежонебезпечних сумішей електролізних газів (водню) з повітрям та киснем, можливість утворення вторинних небезпечних речовин внаслідок взаємодії продуктів електролізу з компонентами стічних вод.

Оскільки на нерозчинних анодах під час електролізу виділяються різні гази, у першу чергу кисень та хлор, то величина їхнього утворення характеризується таким показником, як вихід за струмом, який показує долю струму, що витрачається на виділення кожного газу.

Найбільш небезпечним електролізним газом є хлор, безпека якого полягає в задушливій дії, а при поданні на слизові поверхні – подразнюючій дії, оскільки розчиняючись у волозі утворює сильний окисник – хлорноватисту кислоту (гіпохлорит натрію).

При концентрації хлоридів у воді до 100 мг/л вихід струмом газоподібного хлору не перевищує 10-15%, а при високих концентраціях хлоридів досягає значно більших величин.

Особливістю електролізного водню є те, що він може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям (при електрокоагуляції) та з киснем і повітрям (при електрофлотації). Найбільшу вибухонебезпечність цей газ має при об'ємному відношенні водню і кисню 2:1, або водню і повітря наближено 2:5. Вибухонебезпечні концентрації водню з киснем виникають від 4% до 96% об'ємних, а при суміші з повітрям від 4% до 75 (74)% об'ємних.

Суттєвим небезпечним чинником при електрохімічному очищенні стічних вод є можливість утворення в очищеній воді вторинних небезпечних продуктів. У першу чергу, це зворотне окислення тривалентного хрому у шестивалентний, який має сильноокисні та канцерогенні властивості й відноситься до другого класу безпеки, а також утворення газоподібного хлору.

Розрахунки показують, що окислення хрому(III) у стічній воді з рН=8 можливе за величини окисно-відновного потенціалу  $E_{h_{\text{сум}}} > +0,6\text{В}$ , з рН=9 – при  $E_{h_{\text{сум}}} > +0,5\text{В}$ , з рН=10 – при  $E_{h_{\text{сум}}} > +0,4\text{В}$ . Відповідно при рН середовища у межах 8,5-9,5 і  $E_h$  у межах  $+(0,5-0,7)\text{В}$  концентрація хрому(VI) в очищеній стічній воді збільшується до 0,8-2,2 мг/л, що значно перевищує встановлені межі.

У свою чергу, при змішуванні очищених стічних вод, що вміщують залишковий гіпохлорит натрію із іншими очищеними кислими водами при рН менше 6,7 можливе виділення газоподібного хлору у приміщення очисних споруд із відповідними небажаними наслідками для обслуговуючого персоналу.

Важливим питанням у безпечній експлуатації установок для електрохімічного очищення води є електробезпека. Найбільш практичними межами параметрів електроструму, що встановлюються в електроореакторах, в середньому є напруга 5-12 В (за малої мінералізації води до 24 В) і величина струму 200-1200 А, що є небезпечними для обслуговування персоналом водоочисних станцій.

Основними проблемними питаннями з електробезпеки при експлуатації електрореакторів є можливість корозії струмопідводів і загальних електрошин, а також контакт електродів із корпусом електрореакторів, який, як правило, виготовлюється сталевим. Тому дискусійним залишається питання необхідності заземлення сталевого корпусу електрореактора і відповідно всього комплексу водоочисних модулів, яке, як показує тривалий досвід експлуатації, як правило не робиться. На наш погляд, заземлення корпусу робити необхідно, оскільки при контакті електродів із металевим корпусом внаслідок корозії або руйнації струмопідводів або шин можливе поява наруги на ньому, що є небезпечним чинником, а згідно з ПУЕ (Правила улаштування електроустановок) в усіх вибухонебезпечних приміщеннях незалежно від значення напруги необхідно улаштовувати заземлення електроустановок.

Таким чином, сьогодення диктує необхідність розгляду питань екологічності та безпечності експлуатації установок для електрохімічного очищення води поряд з їхнім удосконаленням, що є достатньо актуальними і потребують подальшого вивчення і дослідження, особливо у світлі підвищення в останні роки вимог до екологічної безпеки промислових підприємств.

Підхід до вирішення питань безпечної експлуатації установок для електрохімічного очищення води в залежності від комплексного впливу на природне навколишнє середовище та обслуговуючий персонал повинен базуватися на основі наведеного аналізу небезпек і включати наступні заходи недопущення їх ініціації в небажану подію:

- будівництво локальної (місцевої) природної вентиляції над поверхнею електрореактора;

- встановлення загальної припливно-витяжної примусової вентиляції із не менш ніж десятикратним обміном повітря, оскільки при електрокоагуляції-флотації процес флотації завислих частинок відбувається газоподібним воднем, то шлам, який накопичується на поверхні флотатора, у своїй товщі також має бульбашки водню, які поступово виділяються у навколишнє середовище;

- недопущення встановлення установок для електрохімічного очищення води у підвалах, на перших поверхах виробничих будівель, над якими розміщуються приміщення, де працюють люди, або знаходяться склади;

- віднесення приміщень, де встановлені установки для електрохімічного очищення з пожежовибухонебезпечки до категорії В або Г із відповідним дотриманням протипожежного режиму;

- проводити змішування знешкоджених хромвмісних стічних вод та інших стоків із високими значеннями  $Eh$  перед відновленням хромвмісних стічних вод для запобігання окисленню хрому(III). За неможливості такого змішування проводити попередню нейтралізацію окисних властивостей таких стоків;

- допускати до обслуговування установок для електрохімічного очищення води персонал, що пройшов спеціальне навчання та перевірку знань правил безпечної експлуатації таких електроустановок.