

УДК 628.16:537

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ І МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Гулевський В.Б., к.т.н.,

Постол Ю.О., к.т.н.,

Стручаєв М. І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

Постановка проблеми. Система водовідведення промислових підприємств ПП призначена для забезпечення відводу води, що в силу придбаних технологічних і виробничих забруднень перетворилася в стічну воду, яку необхідно очищати перед повторним використанням або скиданням за межі ПП. Після використання у виробничих цілях вода забруднюється або нагрівається, змінює свої первинні властивості, що робить її непридатною для подальшого використання, тобто вона перетворюється у виробничі стічні води (промислові стоки) [1].

У складі інженерних комунікацій кожного промислового підприємства є комплекс водовідвідних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення з території підприємства стічних відпрацьованих вод (якщо подальше використання їх неможливо за технічними умовами, або недоцільно за техніко-економічними показниками), а також споруд і устаткування для очистки стічних вод та видалення з них цінних речовин і домішок.

Вибір методу очищення стічних вод залежить перш за все від характеру домішок [2]. Процес очищення стічних вод виробничого підприємства, як правило, включає кілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різних методів очищення стічних вод і відповідного технологічного встаткування.

Для очищення стічних вод промислових підприємств застосовують [2-7]:

- механічні методи (проціджування, відстоювання стічних вод у відстійниках з використанням або без використання хімічних реагентів залежно від складу стоків; фільтрування),
- хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція),
- фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, а також електрохімічні методи, пов'язані з накладенням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація),
- комбіновані.

Електрохімічні процеси широко застосовуються в даний час в різних областях сучасної техніки [6,7]. Розробці методів електрообробки

забруднених водних систем, в якій вже зараз досягнуті значні успіхи, що дозволяють передбачити ширшу реалізацію електрохімічної технології для вирішення проблем очищення стічних вод.

Електрохімічні методи відповідно до загальноприйнятої класифікації відносяться до фізико-хімічних методів очищення водних систем [6,7]. Вони відрізняються різноманітними можливостями та відносною складністю фізико-хімічних явищ, що відбуваються в апаратах водоочищення. Механізм і швидкості протікання окремих стадій залежать від багатьох факторів, виявлення впливу і правильний облік яких необхідні для оптимального конструювання апаратів електрообробки і раціонального ведення технологічних процесів очищення води [1,4].

Основні матеріали дослідження. Електрохімічне очищення забруднених природних і стічних вод засноване на використанні електричної енергії при проведенні процесів електролізу водних розчинів електролітів.

Електроліз здійснюється в системах, що складаються з наступних елементів:

- розчину електроліту - провідника другого роду, в якому речовини дисоційовані (забруднені води є розчинами електролітів, так як в них завжди присутні іони в тій чи іншій концентрації);
- електродів - провідників першого роду, занурених у розчин електроліту;
- зовнішнього джерела струму;
- металевих провідників першого роду, що з'єднують електроди з джерелом струму.

Електрофлотація - один з процесів розподілу речовин, що найінтенсивніше розвиваються, у водоочищенні. Перспективність електрофлотації пов'язана зі створенням при електролізі води високодисперсних бульбашок газу, що дозволяє витягати частки зважених речовин (дисперсної фази) без використання реагентів – збирачів. Істотною перевагою електрофлотації є можливість необмеженого насичення рідини, що очищається, бульбашками, а також простота здійснення процесу газонасичення, що допускає часті перерви в цьому процесі, що виникають при періодичній подачі стічної води. Інтенсивність процесів залежить від хімічного складу рідини; матеріалу електродів; напруги і щільності струму на електродах.

Суть способу електрофлотації очищення стічних вод полягає в перенесенні забруднюючих часток з рідини на її поверхню за допомогою бульбашок газу, що утворюється при електролізі стічних вод. Електрофлотацію здійснюють, пропускаючи через воду постійний електричний струм. В процесі електролізу води на катоді виділяється водень, а на аноді - кисень. При проходженні через осередок 3600 кулон електрики розкладається 0,3293 г води, виділяється 0,0366 г (0,41 дм³) водню і 0,2927 г (0,205 дм³) кисню.

Основну роль в процесі флотації часток виконують бульбашки, що виділяються на катоді. Щільність струму на катоді складає зазвичай $100-300 \text{ А/м}^2$. Бульбашки газу виникають на поверхні електроду, ростуть і після досягнення певного діаметру відриваються від поверхні. Виникнення бульбашок на електродах, як і при кипінні рідин, відбувається в деяких точках - центрах газоутворення (виступах, шорсткостях і тому подібне).

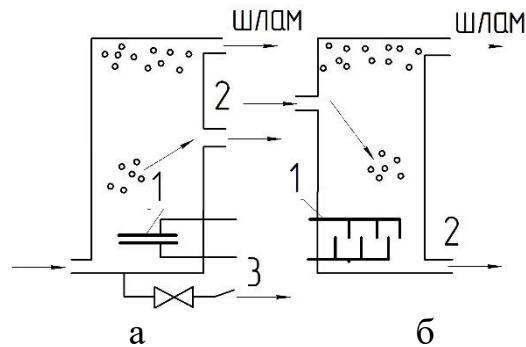
Розмір бульбашок, що відриваються від поверхні електроду, залежить не лише від величини крайового кута змочування, але і від кривизни поверхні електроду. Заміна пластинчатих катодів на сітку з дроту призводить до зменшення розмірів бульбашок і, отже, до підвищення ефективності очищення стічної води.

Із збільшенням товщини дроту розміри бульбашок зростають. Крупність бульбашок водню, що виділяються на дротяному катоді з міді і нержавіючої сталі (діаметром $0,2-1,5 \text{ мм}$), із збільшенням товщини дроту катода зростає від $17-62$ до $120-140 \text{ мкм}$ і більш. Для отримання необхідного числа бульбашок певного розміру потрібний правильний підбір матеріалу і діаметру дроту катода, а також щільність струму. Змінюючи щільність струму, можна варіювати міру насичення пульпи бульбашками і таким чином регулювати швидкість очищення флотації вод. Із збільшенням міри насичення пульпи бульбашками швидкість електрофлотації підвищується до оптимального значення щільності струму ($200-260 \text{ А/м}^2$) і газозмісту $0,1\%$. Подальше збільшення газозмісту не призводить до прискорення процесу флотації із-за створення в пульпі потоків, що призводять до відриву бульбашок від зважених часток. Оптимальна щільність струму при очищенні води від жиру складає $100-150 \text{ А/м}^2$, що відповідає мірі насичення води бульбашками водню, рівною $0,05\%$. Безпосередньо очищення стічних вод електрофлотацією здійснюється в електрофлотаторі - апараті для розподілу фаз. Конструктивна схема електрофлотаторів може розрізнятися, але найосновніше конструктивне рішення припускає наявність обов'язкових вузлів: місткості постійного рівня, одного або декількох електродних блоків, камер для очищеної води і флотошлама, пристрою для збору піни, джерела постійного струму [1,4,5].

Типова схема такого очищення приведена на рис. 1. За схемою, *а* вода надходить у нижню частину флотаційної камери, проходить між електродами і відводиться з середини камери. У схемі *б* неочищена рідина рухається зверху вниз назустріч спливаючих бульбашок газу, відводиться вода з нижньої частини камери. Через електроди пропускається постійний струм низької напруги.

В результаті електролізу води утворюються маленькі однорідні бульбашки газу (водню і кисню), які піднімаються вгору, захоплюючи зважені частинки, і утворюють зважений шар по всій площі резервуара. Тривалість перебування води в електрофлотаторі, щільність струму і

кількість зважених речовин є взаємопов'язаними величинами. Експериментальним шляхом показано, що при різниці потенціалів ~ 10 В, щільності струму 100 А/м^2 і тривалості флоатації 20 хв можна очищати стічну воду з вихідної концентрацією зважених речовин до 10000 мг/л .



а - з прямим потоком, б - з протитечією,
1 - електродні системи, 2 - відведення очищеної води,
3 - відведення осаду

Рис. 1. Однокамерна електрофлотаційна установка

Перевагою процесу перед різного роду відстійниками є те, що забрудники збираються згори рідини, а не внизу. Ця особливість електрофлотації забезпечує здатність виділення зважених речовин, з'єднань важких металів, масел, нафтопродуктів у флотошлам, що має меншу вологість, що полегшує наступну операцію по стисканню і зневодненню осаду. Крім того, спосіб електрофлотації досить універсальний, високоефективний і екологічно безпечний, відрізняється простотою виготовлення апаратів і нескладністю їх обслуговування. До додаткових переваг процесу електрофлотації можна віднести: високу продуктивність на 1 м^2 устаткування, відсутність вторинного забруднення води, відсутність витрати реактивів і інших замінюваних матеріалів (фільтрів, сорбентів і т. д.), простоту експлуатації і автоматичний режим роботи, що не вимагає щорічного ремонту і зупинок.

Найбільш суттєвий недолік способу полягає в тому, що у міру проходження електричного струму через рідину утворюються відкладення солей на електродах. Нерівномірне виділення газу з поверхні електродів призводить до зосередження газових бульбашок в певних зонах камери флоатації. Внаслідок цього в ній виникає циркуляційний рух рідини, який погіршує процес освітлення суспензії або емульсії. При експлуатації установок електрофлотації слід враховувати істотну кількість водню і кисню, що виділяються при протіканні процесу, і приймати відповідні заходи безпеки.

Висновки. Результатом проведеної роботи став висновок того, що реконструкція очисних споруд проводиться на підставі відповідності застосовуваних технологічних рішень і цільових показників роботи технології очищення стічних вод сучасним вимогам, а також зіставленням з кращими аналогами.

Електрохімічне очищення води за рахунок електролізу і електрофлотації застосовуються в водопідготовки стічних вод промислово-побутових підприємств, де традиційні методи не забезпечують необхідний ступінь очищення води від домішок у вигляді нерозчинних у воді дисперсних речовин, жирів і масел.

При незначному часу перебування стічних вод у електрофлотаційних установках (20-40 хвилин) забезпечується високий ефект очищення від нерозчинних домішок і зважених речовин. Це зумовило перспективність методу і можливість його використання для очищення стічних вод як промислових, так і побутових.

Список літератури.

1. Природоохоронні технології. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І.: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014. 254 с.
2. Гулевский В. Б., Постол Ю. А., Стручаев Н. И., Беспалько В. В. Обоснование эффективности очистки сточных вод от механических примесей под действием магнитного поля. // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: мат. Междунар. науч.-техн. конференции (19-20 декабря 2019 г.) Минск: БГАТУ, 2019. С. 138 –140.
3. Просвірнін В. І., Масюткін Є. П., Гулевський В. Б. Красавчиков М.В. До розрахунку електромагнітних фільтрів для очищення технічних рідин // Труды Таврической государственной агротехнической академии: науч. спец. издание. ТГАТА. Мелитополь: ТГАТА, 2006. Вып. 38. С. 25-32.
4. Очистка производственных сточных вод [Текст]: учеб. пособие/ Яковлев С. В. и др. ; под ред. С. В. Яковлев. Изд 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1985. 335 с.
5. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / Когановский А. М. и др. М. : Химия, 1983. 287 с. : ил., табл.
6. Гулевський В.Б . Проблеми очищення стічних вод.// Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції пам'яті В.В. Овчарова “Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем” (20 травня – 04 червня 2020 року). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.82-83.
7. Гулевский В.Б., Постол Ю.А, Журавель Д.П., Стручаев Н.И., Ковальов О.В. Електрохімічні технології очищення стічних вод.// Сучасний рух науки: тези доп. IX міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 грудня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.1. С.424 - 430.