

ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ПЕТРА МОГИЛИ

ІЛАСОВА МАРІНА СЕРГІЇВНА

УДК 628.337.087-048.35-034-026.544

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД
ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**

АВТОРЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти
за освітньо-професійною програмою «Екологія» спеціальності 101 «Екологія»

Миколаїв - 2019

Дипломною роботою є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри екології
Мітрясова Олена Петрівна,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Рецензент: кандидат тех.наук, доцент,
доцент кафедри екології
Добровольський Володимир Валерійович
Чорноморський національний університет імені П.Могили

Захист магістерської роботи відбудеться 25 лютого 2019 року о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10, кафедра екології, ауд. 4-312.

З роботою можна ознайомитися у бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Кількість вироблених стічних вод та їх загальне забруднення безперервно зростає у всьому Світі.

Видалення йонів важких металів з гальваноскидів є одним з найскладніших завдань очищення стічних вод. Існує безліч методів очищення, але їх недоліки або вартість не дозволяють вирішувати проблему, пов'язану із забрудненням води. забруднення води навіть на поточному рівні. Серед недоліків – обмеження за продуктивністю, енергозатратність, генерування вторинних хімічних забруднювачів тощо.

Відомий ефективний метод очищення гальваноскидів високовольтними електричними розрядами в реакторах з гранульованим металозавантаженням, однак він має певні обмеження, пов'язані з його технологічною і апаратною реалізацією (ресурс обладнання, обмеження по частотам слідування розрядних імпульсів, електронезбезпечність реалізації протоку тощо). Обмеження стосуються на сам перед необхідності застосування високої напруги. Відомі і інші електроіскрові методи очищення гальваноскидів, однак і вони не знайшли широкого застосування з невизначених причин, що їх автори не наводять, хоча показують в своїх публікаціях надвисоку ефективність.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є удосконалення методу очищення гальваноскидів за допомогою електроіскрового способу із застосуванням гранульованого металозавантаження і низьковольтного джерела розрядних імпульсів струму та підготовка прогнозу щодо перспектив технологічної реалізації такого способу.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- теоретичний аналіз з очищення стічних вод від важких металів;
- визначення методик дослідження стічних вод від важких металів за умов лабораторії Міського комунального підприємства «Миколаївводоканал»;

- проведення дослідження з очищення гальваноскидів від важких металів електроіскровим способом;
- пошук ефективних режимів проточного очищення гальваноскидів;
- прогнозування можливостей і перспектив технологічної реалізації; електроіскрового способу для проточного очищення гальваноскидів;

Предмет дослідження: процес очищення стічних вод гальвановиробництва за допомогою електроіскрового способу.

Об'єкт дослідження: стічні води гальванічного виробництва.

Походження – очисні споруди (приймач) машинобудівного підприємства (Державне підприємство "Науково-виробничий комплекс газотурбобудування "Зоря"- "Машпроект") з цехом гальванічного виробництва. Стічна вода комбінована (загальний приймач) від різних операцій гальванічного виробництва.

Матеріали дослідження.

При вивченні наукових засад формування методів очищення стічних вод від важких металів використано матеріали досліджень, опублікованих у провідних наукових журналах.

При вивченні методик очищення стічної води від важких металів використано нормативні документи атестованої лабораторії МКП «Миколаївводоканал»:

- МВВ №081/12-0173-05. Методика виконання вимірювання масової концентрації цинку фотоколометричним методом;
- КНД 211.1.4.035-95. Методика екстракційно-фотометричного визначення міді за діетилдітіокарбаматом свинцю у поверхневих і стічних водах;
- МВВ №081/12-0114-03. Методика виконання вимірювання масової концентрації Хрому загального, Хрому(VI) та Хрому(III) екстракційно-фотоколометричним методом з дифенілкарбазидом.

При пошуку ефективних режимів проточного очищення гальваноскидів задіяно матеріали досліджень українських вчених [Хайнацкий С.А., 2005; Зубенко А.А., 2005; Назарян М.М., 1983]. При аналізі практичної реалізації

електроіскрового способу – матеріали досліджень [Филатова Е.Г.,2012; Соболева А.А., 2012, Дударев В.И., 2012].

Опрацьовуючи тему дипломної роботи, було використано праці таких науковців, як: Запольський А.К., Ковальчук В.А., Мальований М.С., Кустов А.С., Рудь В.Д., Баранова А.Г., Яковлев С.В., Петриченко С.В., Левченко В.Ф., Кривицький Є.В., Назарян М.М.

Методи дослідження. Основною методологією були праці провідних вчених з очищення стічних вод. В роботі використаний теоретичний аналіз наукових літературних джерел, їх синтез та доцільне узагальнення інформації, яка досліджується.

Теоретичні методи: системний аналіз, синтез, узагальнення та порівняння наукової літератури і нормативної бази, що пов'язані з метою дослідження (дослідження лабораторних методик).

Фізичний метод: дослідження електроіскрового способу як одного з ефективного методу для очищення гальваноскидів.

Також у роботі використовувався порівняльний метод та метод прогнозування для обробки даних експериментів, який забезпечує достовірність отриманих результатів і висновків.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в новому погляді на шляхи підвищення якості вже відомого методу очищення.

Відомий ефективний метод очищення гальваноскидів високовольтними електричними розрядами в реакторах з гранульованим металозавантаженням, однак він має певні обмеження, пов'язані з його технологічною і апаратною реалізацією (ресурс обладнання, обмеження по частотам слідування розрядних імпульсів, електронезбезпечність реалізації протоку тощо). Обмеження стосуються на сам перед необхідності застосування високої напруги. Відомі і інші електроіскрові методи очищення гальваноскидів, однак і вони не знайшли широкого застосування з невизначених причин, що їх автори не наводять, хоча показують в своїх публікаціях надвисоку ефективність.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами детальних лабораторних досліджень встановлено, що проточне очищення гальваноскиду до норм ГДК електроіскровим способом із застосуванням гранульованого металозавантаження і низьковольтного (до 1000 В) джерела розрядних імпульсів струму можлива, зручна з позиції технологічної реалізації, високорезультативна за ступенем очищення і має перспективний прогноз щодо технологічної реалізації.

Апробація результатів. Матеріали роботи опубліковано в матеріалах науково-практичної конференції «Екологічна безпека водного і атмосферного середовищ м.Миколаєва та матеріалах IV Всеукраїнської конференції молодих учених, студентів, аспірантів «Управління якістю в житті діяльності людини: стандарти, орієнтири та перспективи».

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів дослідження, результатів власних досліджень та їх обговорення, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг магістерської роботи – 124 сторінки, робота ілюстрована 20 таблицями та 14 рисунками. Бібліографія включає 81 джерело вітчизняної та іноземної літератури.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У Розділі 1 «Проблеми очищення стічних вод від важких металів» наведено матеріали щодо методів очищення стічних вод, серед яких можна виділити кілька категорій: хімічні; механічні; фізико-хімічні; біологічні. Механічний метод – це відстоювання, фільтрація і флотація стічних вод, за допомогою чого з води видаляються всі тверді домішки. В залежності від розмірів часток для цього використовуються відстійники, решітки, сита, нафтовловлювачів, пісколовки. Механічне очищення застосовується, як правило, раніше, ніж хімічне, і дозволяє видалити з потребує очищення вод крупнодисперсні забруднюючі речовини.

Вода готується до подальшого очищення. Механічне очищення стічних вод з побутових стоків виділяє 60-70% нерозчинних домішок, а з промислових до 95%.

Хімічне очищення полягає в додаванні спеціальних реагентів у стічні води. Ці елементи вступають у реакцію з речовинами, такими, що забруднюють воду, й облягають їх у вигляді нерозчинних у воді сполук, що випадають у вигляді осаду. Зменшення нерозчинних домішок за допомогою хімічного очищення досягає 95%, а розчинних до 25%. Найбільш широко поширеним методом хімічного очищення є коагуляція. Для інтенсифікації процесу коагуляції хімічне очищення доповнюється фізичними методами, а саме електророзрядною нелінійною об'ємною кавітацією. Оптимізацією технології очищення, яка передбачає змішування реагентів зі стічними водами, а також підбором використовуваних коагулянтів і флокулянтів можна домогтися значного підвищення ефективності хімічного способу.

Проаналізовано кожний метод та його зв'язок з потребуємим очищенням від важких металів.

Отже, визначено, що існуючі нині методи очищення виробничих стічних вод не досконалі і потребують значних витрат електроенергії, води, хімічних реагентів, тому пошук нових методів очищення стічних вод та їх удосконалення залишаються актуальним завданням.

У Розділі 2 «Методика і об'єкт дослідження» висвітлено результати власних досліджень лабораторно-виробничого контролю щодо очищення стічних вод на каналізаційних спорудах МКП «Миколаївводоканал» та методики очищення стічних вод від важких металів:

- фотометричний метод визначення Цинку з сульфарсазеном (нормативний документ «МВВ №081/12-0173-05. Методика виконання вимірювання масової концентрації цинку фотоколориметричним методом»);
- методика визначення Купруму в стічних водах (нормативний документ «КНД 211.1.4.035-95. Методика екстракційно-фотометричного визначення міді за діетилдітіокарбаматом свинцю у поверхневих і стічних водах»);

- методика визначення Хрому загального в стічних водах (нормативний документ «МВВ №081/12-0114-03. Методика виконання вимірювання масової концентрації Хрому загального, Хрому(VI) та Хрому(III) екстракційно-фотоколометричним методом з дифенілкарбазидом»).

Також в ході дослідження було визначено показники, за якими проводиться аналіз:

1. Фізичні. До них відносять: рівень прозорості, температурні параметри, кольоровість та запах. Дані показники малоінформативні. Це обумовлюється тим, що переважна більшість стоків промислового характеру в силу своєї специфічної діяльності має підвищений температурний фон, недостатню прозорість і характерний запах.
2. Хімічні. Визначення агресивності характеру складу рідини по кислотності та лужності за допомогою базової реакції рН . Основна мета каналізаційних споруд – в процесі очищення реакція стічних вод повинна стати нейтральною.
3. Сухий залишок. Відображає ступінь забрудненості води домішками та вказує на їх конкретну кількість у воді.
4. Зольність. Визначає відсоток осадових елементів після термічної обробки зважених домішок.
5. Окислюваність. Оцінюється ступінь органічного забруднення. Одиницями вимірювання є споживання кисню – хімічне та біологічне – ХСК та БСК. Саме співвідношення цих двох показників дозволяє розрахувати кількість забруднення, яку може бути видалено за допомогою біологічних методів очищення.
6. Зміст азотистих з'єднань і фосфору. Найважливіший параметр для оцінки ситуації в біосистемах природних водойм. Фосфор в стоках завжди перевищує межу допустимого значення, так як фосфати активно використовуються в складі міючих засобів.
7. Хлориди і сульфати.

8. Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР). Наносять дуже великої шкоди, потрапляючи у водойми, сповільняють природні процеси очищення води, знижують вміст в ній кисню, ускладнюють очищення та знижують його результати.
9. Токсичні речовини. Можуть бути органічними або неорганічними.
До органічних токсичних речовин відносяться нафтопродукти, смоли, пестициди, феноли, спирти, пестициди. Неорганічні сполуки представлені солями, лугами, кислотами та різними хімічними елементами.
10. Біологічні забруднювачі. Зокрема це бактерії, віруси, патогенні найпростіші і яйця гельмінтів, джерелом яких є люди і тварини. Для оцінки таких забруднювачів використовуються такі аналізи, як визначення загального мікробного числа та кількості загальних колі-форм.
11. Розчинений кисень. Зниження концентрації розчиненого кисню свідчить про зміну біологічних процесів у водоймі та її забруднення. Як правило, у стічних водах вміст кисню має дуже низькі показники.

Розділ 3 «Практичні результати проведення очищення гальваноскидів електроіскровим способом» присвячений виконанню останніх поставлених завдань дослідження:

- загальні умови проведення очищення гальваноскидів електроіскровим способом;
- пошук ефективних режимів проточного очищення гальваноскидів;
- хімічний аналіз, порівняння визначень та висновки щодо результативності очищення;
- прогнозування можливостей і перспектив технологічної реалізації електроіскрового способу для проточного очищення гальваноскидів.

Розділ 4 «Охорона праці».

Дослідження за темою дипломної роботи проводились на МКП «Миколаївводоканал» в підрозділі лабораторії Галицинівських очисних споруд каналізації, тому в розділі IV визначені показники умов праці на робочому місці інженера-еколога, в першу чергу рівень освітлення робочого місця, параметри мікроклімату в робочому приміщенні.

Підготовка, обробка матеріалів досліджень та оформлення дипломної роботи проходило в комп'ютерному класі №1-404 ЧНУ ім.П.Могили. У даному приміщенні також було визначено умови праці (освітленість, параметри мікроклімату, інтенсивність електромагнітного випромінювання) користувача комп'ютерної техніки та їх відповідність санітарним нормам.

Крім того, в розділі IV було розглянуто потенційні небезпеки на робочому місці інженера-еколога та користувача комп'ютерною технікою, які можуть бути пов'язані зі сферами екології та інформаційною сферою.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У зв'язку з урбанізацією міст, кількість вироблених стічних вод та їх загальне забруднення безперервно зростає у всьому Світі.

Саме тому видалення йонів важких металів з гальваноскидів є однією з найскладніших задач очищення стічних вод. Як показав попередній аналіз, існує безліч методів очищення, але, вочевидь, їх недоліки або вартість не дозволяють підтримувати проблему забруднення води навіть на поточному рівні. Серед недоліків – обмеження по продуктивності, порогові значення по ступеню видалення забруднювачів, енергозатратність, генерування вторинних хімічних забруднювачів тощо.

На основі аналізу цих та інших недоліків була розроблена експериментальна модель електрообладнання для реалізації низьковольтних (до 1000 В) розрядних імпульсів струму. Прилад характеризується простою конструкцією та мінімальною

кількістю рухомих частин, що надає йому надійності, довготривалості у використанні та, у то й же час, низької вартості.

Головною перевагою низьковольтних процесів очищення гальваноскидів є:

- застосування в джерелах розрядних імпульсів конденсаторів, що, порівняно з високовольтними, мають більший ресурс, нижчу (в десятки разів) вартість та виробляються масово і в широкому асортименті;
- використання в якості комутаторів швидкодіючих силових тиристорів, що дозволяє проводити електроіскрову обробку рідини з металозавантаженням на частотах слідування розрядних імпульсів в декілька кГц;

До того ж, відомі переваги високовольтних генераторів імпульсних струмів, такі як високі рівні енергії в імпульсі і імпульсної потужності, не можуть бути повною мірою використані для електроіскрових процесів обробки рідини із застосуванням металозавантаження в силу їх особливостей.

Результати фактичних даних свідчать, що проточне очищення гальваноскиду до норм ГДК електроіскровим способом із застосуванням гранульованого металозавантаження і низьковольтного (до 1000 В) джерела розрядних імпульсів струму можлива, зручна з позиції технологічної реалізації, високорезультативна по ступеню очищення і має перспективний прогноз щодо технологічної реалізації.

Досяжний ступінь очищення гальваноскиду при помірних концентраціях забруднювачів, по вмісту йонів важких металів (Zn^{2+} , $Cr^{6+}+Cr^{3+}$, Cu^{2+}), вищий, іноді на декілька порядків, ніж того вимагають норми ГДК по скиданню в каналізацію розвинутих країн Світу. Порогових значень не виявлено.

Основний вплив на ступінь очищення гальваноскиду при коректному виборі параметрів розрядного імпульсу мають питома енергія обробки, що для помірних концентрацій забруднювачів може бути меншою за 65 кДж/дм^3 ($18 \text{ кВт}\cdot\text{годин/м}^3$) та схема реалізації потоку рідини. Інші варійовані в роботі величини є або інструментом масштабування процесів очищення, або ж засобами регулювання режимів роботи електрообладнання.

Сформульовані прогнози по питомій продуктивності очищення $0,055 \text{ м}^3/\text{кВт}$ та $1,2 \text{ м}^3/\text{дм}^3$ є перспективними для початку розробки технологічних процесів і створення пілотного зразка електроустановки з очищення гальваноскидів.

Розроблено рекомендації:

- 1) очищення гальваноскиду вимагає перевірки результативності на промислових частотах слідування розрядних імпульсів, тобто 1 кГц в проточній (однопроточній) реалізації на предмет виявлення порогових, критичних, небажаних або позитивних ефектів. Такі ефекти однозначно виникнуть на частотах слідування імпульсів принаймні понад 100 Гц, розвиток способу в технологічний процес на нижчих частотах недоцільних з позиції продуктивності.
- 2) перебування гальваноскиду разом з порошковим коагулянтном потребує визначення впливу часу на ефективність очищення для встановлення принципів і процедур видалення "важкого" порошкового шламу з протоку.
- 3) необхідною є також практична перевірка прогнозів щодо зв'язку кратності очищення гальваноскиду і питомої енергії обробки, оскільки прогнози мають екстраполяційний характер, насамперед за вмістом Zn^{2+} .

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1. Матеріали науково-практичної конференції «Екологічна безпека водного і атмосферного середовищ м.Миколаєва» (м.Миколаїв, 1 листопада 2018 р.) – С. 77-80
2. Ілясова М.С. Електроіскрова технологія в процесах очищення стічних вод від важких металів // Матеріали IV Всеукраїнської конференції молодих учених, студентів, аспірантів «Управління якістю в житті діяльності людини: стандарти, орієнтири та перспективи», ЧНУ ім. П.Могили (м.Миколаїв, 8-10 листопада 2018 р.) – С. 19-22, С.40-46

АНОТАЦІЯ

Лясова М.С. Модернізація очищення стічних вод від важких металів – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дипломна робота на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія», ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища». – ЧНУ імені Петра Могили, Миколаїв, 2019.

У дипломній роботі розглянуті особливості низьковольтного обладнання для впровадження способу. Наведено результати ефективності використання технології. Визначено умови ефективної дії електроіскрових імпульсів на процес очищення стічних вод та продуктивності обладнання.

Ключові слова: важкі метали, методи очищення, електроіскровий спосіб, гальваноскид.

ABSTRACT

Iliasova M.S. Modernization of sewage treatment from heavy metals. – Qualification research work as the manuscript.

Qualifying paper on obtaining a second (magister) level of higher education in specialty 101 "Ecology", educational-professional program "Ecology and environmental protection". – PMBSNU, Mykolaiv, 2019.

The qualifying paper describes the features of low-voltage equipment for the implementation of the method. The results of the efficiency of the technology use are presented. The conditions of effective action of electric spark pulses on the process of wastewater treatment and equipment performance are determined.

Key words: heavy metals, methods of purification, the electric-spark method, the galvanic.