

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну наукову працю Соседко Анастасії Геннадіївни на тему:
«Комплексне очищення стічних вод промислових виробництв з використанням наносорбентів», яку подано на здобуття наукового ступеня
доктора філософії в галузі знань
19 – «Архітектура та будівництво», за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Дисертаційна робота Соседко А.Г. присвячена очищенню стічних вод гальванічних виробництв від сполук важких металів шляхом розробки ефективних магнітних сорбентів і вдосконалення методів їх застосування. В роботі проведено детальний аналіз існуючих технологій очищення промислових стоків, визначено їхні переваги та недоліки, а також запропоновано інноваційний підхід до сорбційного очищення із використанням синтезованих феромагнітних сорбентів.

У процесі дослідження проведено комплексне вивчення фізико-хімічних та структурних характеристик магнітних сорбційних матеріалів, оцінено їхню ефективність у видаленні іонів важких металів, зокрема цинку та заліза, а також розглянуто вплив різних параметрів процесу (механічного перемішування, ультразвукової обробки тощо) на результати очищення.

Актуальність досліджень. Актуальність досліджень обумовлена зростаючими екологічними вимогами до промислових підприємств, необхідністю вдосконалення існуючих методів очищення стічних вод та підвищенням ефективності водоочисних технологій із можливістю повторного використання очищеної води.

Наукова новизна. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розробці та експериментальному обґрунтуванні комплексного підходу до очищення стічних вод гальванічних виробництв із використанням феритизаційних методів та магнітних сорбентів.

Вперше доведено ефективність осадів феритизації, що містять оксегідрокси (γ -FeOOH; δ -FeOOH) та оксид заліза (Fe_3O_4), як сорбентів для вилучення іонів цинку. Досліджено вплив різних методів активації феритизації (термічної, електромагнітної імпульсної та ультразвукової) на процес очищення відпрацьованих травильних розчинів. Виявлено, що ультразвукова активація сприяє підвищенню ефективності вилучення іонів заліза та забезпечує кращу стабільність феритних осадів.

Запропоновано використання модифікованих магнітних сорбентів для очищення промивних стічних вод та досліджено їх адсорбційні характеристики. Розроблено комплексну технологію повторного використання очищених вод та утилізації відходів у складі будівельних матеріалів, що дозволяє мінімізувати екологічний вплив гальванічних виробництв.

Практичне значення роботи. Дослідження Соседко А.Г. окрім наукового, мають вагоме практичне значення, яке полягає у розробці та впровадженні комплексної технології очищення гальванічних стічних вод лінії цинкування, яка дозволяє значно знизити рівень забруднення та забезпечити повторне використання очищеної води у виробничих процесах.

Запропонована технологія очищення стічних вод включає феритизаційний та сорбційний методи, що забезпечують високу ефективність вилучення іонів цинку та заліза, знижуючи їх концентрацію до рівня гранично допустимих значень. Встановлено оптимальні параметри процесу, що дозволяють досягти ступеня очищення понад 98 %, що перевищує показники традиційних методів.

Впровадження розробленої технології дає можливість зменшити витрати підприємств на водоочищення та утилізацію промислових відходів, підвищити енергоефективність процесу та знизити екологічне навантаження на довкілля. Відпрацьовані сорбенти, отримані в процесі очищення, можуть бути використані у складі порошкових лакофарбових матеріалів, що підвищує їх корозійну стійкість і захисні властивості.

Результати дисертаційної роботи можуть бути впроваджені на гальванічних виробництвах, що займаються цинкуванням металевих виробів, а також у підприємствах машинобудівної, оборонної та будівельної галузей.

Розділ 1

Перший розділ дисертаційної роботи присвячений аналізу сучасного стану очищення стічних вод гальванічних виробництв від сполук важких металів, зокрема цинку. Розглянуто особливості складу та екологічну небезпеку гальванічних стоків, визначено основні джерела забруднення та їх вплив на навколишнє середовище.

Окреслено існуючі методи очищення стічних вод, такі як хімічне осадження, іонообмін, електрохімічні та мембранні технології, а також їх переваги та недоліки. Особливу увагу приділено перспективності використання магнітних сорбентів для ефективного вилучення важких

металів.

Розглянуто підходи до утилізації відпрацьованих сорбентів з метою створення безвідходних технологій. За результатами аналізу зроблено висновки щодо необхідності розробки комплексної технології очищення, яка забезпечить не тільки високу ефективність видалення забруднювачів, а й безпечну утилізацію отриманих відходів.

Розділ 2

В другому розділі авторка обґрунтовує методологію отримання магнітних сорбційних матеріалів на основі феритизації відпрацьованих травильних розчинів, що містять іони заліза. Досліджує особливості процесу феритизації за різних умов активації реакційної суміші, включаючи термічну, електромагнітну імпульсну та ультразвукову обробку, визначаючи їхній вплив на ефективність вилучення іонів заліза та фазовий склад отриманих осадів.

Здійснюється аналіз складу стічних вод гальванічних виробництв, що містять важкі метали, та визначаються їх основні характеристики для подальшого очищення. Досліджено сорбційні властивості матеріалів, отриманих феритизаційним методом, у процесі очищення промивних стічних вод, що містять іони цинку. Описано експериментальні методики визначення ефективності сорбції, впливу рН середовища та ультразвукової активації на швидкість і ступінь очищення води.

У роботі застосовано комплекс фізико-хімічних методів аналізу для вивчення структури та сорбційної здатності отриманих матеріалів, включаючи рентгенофазовий аналіз, електронну мікроскопію та спектрофотометричні дослідження. Обґрунтовано доцільність подальшого використання отриманих сорбентів у технологічних схемах очищення стічних вод, що дозволяє підвищити екологічну безпеку та ефективність водоочисних процесів.

Розділ 3

Авторка пояснює вибір методів переробки відпрацьованих травильних розчинів для отримання магнітних сорбційних матеріалів, які можуть бути використані для очищення стічних вод від важких металів. З метою мінімізації негативного впливу на довкілля досліджено феритизаційний метод, що дозволяє ефективно вилучати іони заліза з відпрацьованих розчинів, одночасно утворюючи стабільні осади з магнітними властивостями.

У дослідженні розглядаються різні способи активації феритизаційного процесу, включаючи термічну, електромагнітну імпульсну та ультразвукову обробку. Визначено, що швидкість аерації киснем повітря та спосіб активації

реакційної суміші значно впливають на фазовий склад осаду та ефективність очищення розчину. Встановлено, що оптимальна швидкість аерації 0,06 дм³/с при термічній активації реакційної суміші при 75 °С забезпечує максимальне вилучення іонів заліза та формування стабільної магнетитової фази Fe₃O₄.

Проведено структурні дослідження отриманих осадів методом рентгенофазового аналізу та електронної мікроскопії, що дозволило визначити їхню морфологію та склад. Доведено, що застосування електромагнітної імпульсної активації прискорює процес феритизації, сприяючи утворенню більш однорідних та стабільних феромагнітних фаз. Встановлено, що ультразвукова обробка осадів сприяє покращенню сорбційних властивостей матеріалів, що підвищує їхню ефективність у вилученні важких металів зі стічних вод.

Обґрунтовано доцільність використання отриманих феритизаційних осадів як сорбентів для очищення стічних вод, оскільки вони мають високу здатність до поглинання іонів цинку та заліза. Досліджено можливість модифікації структури сорбентів для покращення їхніх характеристик, зокрема шляхом додаткової ультразвукової обробки та варіювання умов феритизації. Встановлено, що застосування сорбентів із високим вмістом Fe₃O₄ дозволяє досягти ступеня очищення розчинів на рівні 99,99 %.

Таким чином, у розділі детально описано процес отримання ефективних сорбційних матеріалів з відпрацьованих травильних розчинів, визначено оптимальні параметри їхнього синтезу та доведено перспективність використання цих матеріалів у технологіях очищення промислових стічних вод.

Розділ 4

Доведено, що застосування магнітних сорбентів у технології очищення стічних вод гальванічних виробництв дозволяє значно підвищити ефективність вилучення іонів важких металів, зокрема цинку. Визначено оптимальні умови сорбційного процесу, які забезпечують максимальну ефективність очищення, включаючи контроль рН середовища, швидкість перемішування та використання ультразвукової активації. Досліджено вплив різних типів сорбційних матеріалів на процес очищення, зокрема природних і синтетичних сорбентів, отриманих методом феритизації.

Запропоновано та розроблено алгоритм очищення промивних стічних вод, який поєднує сорбційні методи з феритизаційною переробкою відпрацьованих травильних розчинів. Встановлено, що використання сорбентів із вмістом магнетиту (Fe₃O₄) забезпечує високий ступінь очищення

води, дозволяючи знизити концентрацію іонів цинку до рівня, що відповідає гранично допустимим нормам для скиду або повторного використання у виробництві.

Надано пропозиції щодо вдосконалення технологічного процесу очищення стічних вод, зокрема оптимізацію параметрів сорбції та удосконалення методик утилізації відпрацьованих сорбентів. Основними напрямками покращення є: адаптація технології до змінного складу стічних вод, підвищення стійкості сорбційних матеріалів до багаторазового використання та розробка методів безпечної утилізації відпрацьованих сорбентів у складі будівельних матеріалів.

Отримані результати можуть бути використані для впровадження сучасних екологічно безпечних технологій очищення промислових стічних вод, що сприятиме зменшенню негативного впливу гальванічних виробництв на довкілля. Незалежне тестування запропонованої технології підтвердило її ефективність, а розбіжності в результатах очищення перебувають у межах допустимих похибок вимірювань.

Розділ 5

Комплексна технологія очищення стічних вод гальванічних виробництв, що поєднує феритизацію для вилучення іонів заліза та сорбційне очищення промивних вод від іонів цинку, забезпечує високу ефективність при мінімальних витратах ресурсів. Розроблена технологічна схема дозволяє повернути до 80 % очищеної води у виробничий цикл, зменшити утворення токсичних відходів і підвищити екологічну безпеку підприємств.

Запропоновані методи утилізації відпрацьованих сорбентів у складі порошкових лакофарбових матеріалів сприяють їх повторному використанню без утворення додаткових відходів. Введення магнітних сорбентів до складу антикорозійних покриттів покращує їхню стійкість до впливу зовнішніх чинників, надаючи додаткові захисні властивості.

Техніко-економічний аналіз запропонованої технології підтверджує її економічну ефективність та конкурентоспроможність у порівнянні з традиційними методами очищення. Впровадження цієї технології дозволяє скоротити витрати на реагенти, повторно використовувати очищену воду та зменшити екологічні платежі за скиди забруднюючих речовин.

Отримані результати можуть бути використані при розробці сучасних екологічних стандартів очищення промислових стічних вод. Тестування підтверджує стабільність та надійність технологічного процесу, а розбіжності у показниках очищення залишаються в межах допустимих норм.

Загальні висновки дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу розробки комплексної технології очищення стічних вод гальванічних виробництв, що містять іони важких металів, із застосуванням магнітних сорбентів та методів феритизації.

На основі проведених досліджень отримано такі основні результати:

- Досліджено особливості складу гальванічних стічних вод та їх екологічну небезпеку, що обґрунтовує необхідність ефективних методів очищення.
- Визначено оптимальні параметри феритизаційного очищення відпрацьованих травильних розчинів та їх вплив на ефективність вилучення іонів заліза.
- Вперше доведено можливість використання осадів феритизації як магнітних сорбентів для вилучення іонів цинку з промивних вод, встановлено оптимальні умови їх сорбції.
- Виявлено вплив ультразвукової активації на процес феритизації та сорбції, що дозволяє підвищити ефективність очищення стічних вод.
- Запропоновано метод утилізації відпрацьованих сорбентів у складі порошкових лакофарбових матеріалів, що забезпечує безвідходність технологічного процесу.
- Розроблено технологічну схему очищення гальванічних стоків, яка дозволяє повернути до 80 % очищеної води у виробничий цикл, мінімізувати негативний вплив на довкілля та знизити витрати підприємств на водоочищення.

Отримані результати можуть бути використані на підприємствах гальванічного виробництва, у сфері водоочищення та екологічного моніторингу, а також слугуватимуть основою для подальших досліджень у галузі безвідходних технологій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані в дисертації, їх достовірність

Авторкою всебічно проаналізовано нормативно-правову базу та наукову літературу, що стосуються напрямку досліджень, детально обґрунтовано програму досліджень та чітко визначено мету і завдання, які включають:

- аналіз існуючих методів та засобів очищення стічних вод у гальванічних виробництвах;
- дослідження ефективності сучасних технологій очищення стічних вод, їх переваги та обмеження;
- розробку та обґрунтування нових технологічних схем очищення вод з

використанням феритизації та сорбційних методів;

- оцінку економічної ефективності запропонованої технології в порівнянні з традиційними методами;
- розробку рекомендацій щодо утилізації відпрацьованих сорбентів і покращення екологічної безпеки підприємств.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 5 наукових праць, серед яких 1 стаття у іноземному виданні, Матеріали, представлені у наукових статтях та тезах, викладені і узгоджуються з результатами дисертаційної роботи, до того ж вони представлені досить повно і всебічно.

Зміст дисертації

Дисертаційну роботу викладено на 165 сторінках комп'ютерного набору, складається вона із вступу, п'яти розділів, висновків, списку джерел літератури (146) та 2 додатків.

Зауваження та дискусійні питання:

1. Реальні стічні води гальванічних виробництв крім сполук важких металів містять також завислі речовин, органічні сполуки. Необхідно обґрунтувати, чи ефективна дана технологія для видалення цих забруднень, а також розглянути доцільність використання додаткових методів, таких як коагуляція, біологічне очищення або окиснення.
2. Яким чином у вашій технології враховано вплив температури та рН середовища на ефективність сорбційного процесу? Чи проводилися дослідження щодо оптимальних параметрів цих факторів для забезпечення максимальної сорбційної ємності? Як зміна цих параметрів впливає на механізм сорбції та стабільність сорбенту?
3. Які критерії ви використовували для оцінки економічної доцільності впровадження запропонованої технології очищення стічних вод у промислових масштабах? Чи проводився аналіз порівняльної вартості з існуючими методами очищення? Як впливають енерго- та ресурсозатрати на загальну економічну ефективність процесу?
4. У роботі розглянуто шляхи утилізації використаного сорбенту, проте недостатньо висвітлено питання його регенерації. Відсутність аналізу можливості відновлення сорбційних властивостей може впливати на загальну ефективність та економічну доцільність запропонованої технології. Доцільно

оцінити потенційні методи регенерації сорбенту, їх вплив на його структуру та сорбційну здатність, а також визначити умови, за яких багаторазове використання сорбенту є екологічно та економічно виправданим.

5. У дисертаційній роботі досліджено очищення цинковмісних стічних вод, однак доцільно було б розглянути можливість застосування запропонованої технології для видалення інших забруднювачів. Важливо оцінити її ефективність щодо інших іонів важких металів та органічних сполук, що дозволить розширити сферу застосування та підвищити практичну значущість дослідження. Рекомендується провести додаткові експериментальні дослідження для підтвердження універсальності методу.

Загальний висновок про роботу

Кваліфікаційна робота «Комплексне очищення стічних вод промислових виробництв з використанням наносорбентів» відповідає сучасним науково-технічним стандартам і вимогам екологічної безпеки. Авторка, Соседко Анастасія Геннадіївна, ґрунтовно обґрунтувала запропоновану технологію очищення вод, експериментально підтвердила її ефективність та економічну доцільність. Робота має високу наукову та практичну значущість, а отримані результати можуть бути використані в реальних умовах промислового водоочищення.

З огляду на актуальність дослідження, його наукову новизну та практичну цінність, вважаю за доцільне присудити авторці науковий ступінь доктора філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» (галузь знань 19 – «Архітектура та будівництво»).

Рецензентка, вчений секретар
кафедри технологій захисту
навколишнього середовища та
охорони праці Київського
національного університету
будівництва і архітектури, к.т.н.,
доцентка

Леся ВАСИЛЕНКО

Підпис Василенко Л. О. засвідчую
«Вчений секретар Вченої ради
КНУБА»

Микола КЛИМЕНКО