

## **ВІДГУК**

### **Офіційного опонента на дисертаційну роботу Зорі Дмитра Ігоровича «Комплексна очистка стічних вод промислових підприємств від сполук міді»,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.04 – Водопостачання, каналізація

#### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Охорона навколишнього середовища, в тому числі запобігання забрудненню природних водойм – одна з найважливіших проблем сучасності. Головний напрям її вирішення – ефективно очищення стічних вод до ступеня, який дозволяє їх повторне використання з утилізацією утворених в процесі очистки продуктів. Стічні води приладобудівної, хімічної та інших галузей промисловості містять значну кількість концентрованих токсичних речовин – солей міді, які потрапляючи у водойми призводять до загибелі мікрофауни, спричиняють мутагенний вплив на живі організми. В той же час мідь – цінний метал, який із стічною водою виводиться з виробництва і безповоротно губиться для промисловості. Тому методам вилучення іонів важких металів, зокрема міді, зі стічних вод приділяється особлива увага.

Застосування існуючих технологій не забезпечують такого ступеня очищення стічних вод, який дозволив би скидати їх у водойми або повторно використовувати у воду у виробництві, а також утилізувати гальванічні шлами, концентрація міді в яких іноді більше, ніж у природних рудах. Таким чином, для вирішення вказаних проблем у сучасних умовах є актуальним створення комплексної технології переробки стічних вод, які містять іони міді, з її утилізацією і організацією замкненого циклу водопостачання підприємства. Важливим також є отримання безпечних для утилізації осадів.

#### **Обґрунтованість і достовірність результатів досліджень**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, підтверджено достатнім обсягом проведених автором теоретичних і експериментальних досліджень процесів цементації, феритизації. Дослідження виконані на високому науково-методичному рівні, з вивченням вітчизняних і закордонних наукових публікацій за даним напрямком.

## **Наукова новизна одержаних результатів**

Детальний розгляд дисертаційної роботи дозволив встановити, що наукова новизна полягає в:

- розробленні і науковому обґрунтуванні комплексної технології очистки промислових стічних вод, що містять сполуки міді, із застосуванням цементації і феритизації для створення замкнутого циклу водообігу підприємства і отримання товарних продуктів – металеві міді та феритів;
- обґрунтуванні та побудові математичних моделей очистки стічних вод від іонів міді цементацією і феритизацією, на основі реалізації яких отримано розрахункові залежності для визначення раціональних технологічних параметрів процесу очистки води від іонів міді;
- удосконаленні, експериментальному підтвердженні та науковому обґрунтуванні процесів вилучення іонів міді та визначенні параметрів їх лімітування;
- подальшому розвитку досліджень із визначення фізико-хімічних властивостей осадів, що утворюються в процесі очистки води методом феритизації, для їх безпечної утилізації.

## **Практична цінність дисертації**

- Розроблені технологічні схеми очистки стічних вод від сполук міді дозволяють ліквідувати скидання токсичних стічних вод у водойми, скоротити витрати на водопідготовку за рахунок використання очищеної води в системі оборотного водопостачання і отримати товарні продукти – металеву мідь і ферити.
- Результати дисертаційної роботи впроваджені на очисних спорудах гальванічного цеху ДП ВО «Київприлад» м. Київ

## **Аналіз основного змісту роботи**

**Вступ.** У вступі обґрунтована актуальність теми, її зв'язок з науковими програмами і планами, сформульовано мету роботи та задачі досліджень, описано об'єкт, предмет і методи досліджень, сформульована наукова новизна і практичне значення одержаних результатів роботи. Описано особистий внесок у наукові результати і стисло викладено апробацію результатів досліджень.

У першому розділі наведено основні відомості про утворення стічних вод, що містять сполуки міді, класифікація джерел їх надходження, Автором проаналізовано основні методи і технологічні схеми вилучення іонів міді і переробки осадів, які утворюються в процесі очищення. На сьогодні найбільш

перспективним є створення маловідходних і безвідходних комплексних технологій очищення стоків, які виключають скид стічних вод до міської каналізації і у водні об'єкти з можливістю вторинного використання води і продуктів очистки у виробництві.

У другому розділі представлено лабораторні установки, пристрої та обладнання для виконання комплексних досліджень, наведені методики виконання експериментів. Виконано планування серії експериментів з визначення залишкової концентрації міді в залежності від змінних параметрів за двофакторним центральним композиційним ротатабельним планом.

У третьому розділі наведено теоретичне обґрунтування процесів комплексної очистки стічних вод цементациєю та феритизациєю. Досліджено процес контактного відновлення міді з суміші її солей. Обґрунтовано використання залізного порошку як завантаження реактора-цементатора. Встановлено умови ефективного вилучення металевої міді. Отримано емпіричні рівняння, які описують зміни концентрації міді і заліза при цементациї. Розроблено математичну модель процесу очистки стічних вод від міді цементациєю і феритизациєю, яка враховує узагальнені параметри часу, швидкості хімічної реакції, температури, рН, якісного складу розчинів. Приведені теоретичні рішення дозволили комплексно для різних випадків розглянути поведінку системи вода-мідь-залізо в умовах цементациї і феритизациї.

У четвертому розділі представлені комплексні експериментальні дослідження вилучення іонів міді з стічних вод цементациєю та феритизациєю. Проведено дослідження з визначення основних параметрів протікання процесів – величини рН, значення сумарної концентрації іонів міді та заліза, співвідношення іонів, тривалості процесу очистки, температури, аерації. На підставі проведеного аналізу розраховано коефіцієнти математичних моделей. Виконано комплексне дослідження фазового складу та фізико-хімічних властивостей осадів, отриманих за різних умов проведення процесу феритизациї, і запропоновано варіанти їх використання для різних галузей промисловості.

У п'ятому розділі наведено рекомендації до інженерного розрахунку основних технологічних параметрів процесів комплексної очистки стічних вод від сполук міді. Представлено технологічну схему очистки та наведено техніко-економічний розрахунок запропонованої технологічної схеми, використання якої дозволяє отримати значних економічний ефект.

## **Повнота викладених результатів роботи в опублікованих працях**

За темою дисертації опубліковано тринадцять наукових праць, з яких сім у фахових виданнях України і шість у міжнародних виданнях. В опублікованих працях досить повно описані головні наукові здобутки, представлені в розділах дисертації. Особистий внесок дисертанта у цих працях повністю відповідає науковим положенням та практичним результатам поданої до захисту дисертаційної роботи.

## **Структура та завершеність**

Дисертаційна робота Зорі Д.І. представляє собою завершену наукову працю, яка складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел зі 160-ти найменувань, додатків, 70 рисунків, 62 таблиць. Загальний обсяг роботи – 205 сторінок друкованого тексту. Зміст і структура автореферату відображають викладені у дисертації дослідження, основні наукові результати і висновки. Оформлення дисертації відповідає ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення» та вимогам МОН України.

## **Зауваження щодо дисертаційної роботи:**

1. У назві дисертації вказано на комплексну очистку води від міді, очевидно, розуміючи під цим поняттям не тільки видалення іонів міді зі стічних вод, але і отримання металеві міді і феритів як товарних продуктів. При цьому з самої дисертації не зрозуміло, яка частка міді виділяється у вигляді металу і яка маса феритів утворюється на одиницю маси іонів міді у очищуваному розчині.

2. Розділ 2 містить надлишкову інформацію: не тільки опис методик досліджень, але і фізичні основи використаних методів інструментального аналізу. У даному разі достатньо було б посилання на відповідні публікації.

3. У процесі цементації іони міді відновлюються до металічної міді, натомість у розчин переходить еквівалентна кількість іонів заліза. Враховуючи високу початкову концентрацію міді – десятки г/дм<sup>3</sup>, концентрація заліза в очищеному розчині повинна зрости відповідно, що призведе до вторинного забруднення очищеної води, однак у роботі не вказано, чи виконувалися вимірювання концентрації іонів заліза в очищеній воді після процесів цементації і феритизації.

4. У Розділі 4 вказано, що в процесі цементації "склад стічних вод, що містять сполуки міді, залишався постійним, змінювалась лише концентрація міді. Кількість металевих порошків по масі під час проведення дослідів

залишалась незмінною." На мою думку, вираз не коректний, оскільки одночасно змінюється і концентрація заліза у розчині, і його вміст у завантаженні.

5. У роботі вказано, що іонна сила розчину розраховувалася за концентрацією іонів міді і заліза і не враховувалася присутність інших іонів, оскільки вони не впливають на протікання досліджуваних процесів. Результатів вимірювань, які б показали відсутність такого впливу, у дисертації не наведено. Крім того, у такому випадку не зрозуміло, навіщо для приготування модельних розчинів використовувати бідистильовану воду.

6. Оскільки в результаті цементації у очищувану воду виділяється велика кількість іонів двовалентного заліза, виникає питання доцільності використання на другій стадії очищення стічних вод – феритизації – спеціально приготованого розчину заліза для отримання феритів.

7. Альтернативними методами очищення концентрованих розчинів іонів важких металів, крім цементації, феритизації, яким присвячена робота, є метод осадження, який використано для порівняння техніко-економічних розрахунків, а також електроліз і екстракція, які також дозволяють отримати товарний метал. На мою думку, економічну ефективність розроблених методів вилучення міді було б доцільно порівнювати саме з електролізом, а не методом осадження.

8. У дисертації не вказано, чи проводилися паралельні вимірювання і статистична обробка результатів з метою розрахунку похибки вимірювань і довірчого інтервалу.

9. Методи спектрофотометрії і атомно-адсорбційної спектроскопії використовуються, як правило, для аналізів розведених розчинів, а у дисертації переважна кількість розчинів містять іони міді у концентрації від кількох сотень  $\text{мг/дм}^3$  до десятків  $\text{г/дм}^3$ . Тобто, для визначення їх концентрації необхідне багатократне розведення, що може стати джерелом помітної помилки у розрахунках.

10. У Розділі 4 показані результати численних досліджень магнітних властивостей і визначення фазового складу отриманих феритних сорбентів, але не пояснено, як ці результати можуть бути враховані при розробці технології вилучення іонів міді.

11. У роботі зустрічаються граматичні помилки, опечатки, некоректні вирази (піддається, являється, в якості, в теперішній час).

Вказані зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертаційної роботи та не знижують наукової новизни і практичної цінності отриманих результатів.

## Висновок

Дисертація Зорі Дмитра Ігоровича «Комплексна очистка стічних вод промислових підприємств від сполук міді» є завершеною науковою працею, в якій науково обґрунтовано результати, що в сукупності вирішують важливу задачу в галузі очистки стічних вод від іонів міді, а саме – розроблено вдосконалену ресурсозберігаючу технологічну схему очистки стічних вод від сполук міді, використання якої забезпечує ефект очистки до 99,9%. Побудовано нові математичні моделі процесів цементації та феритизації, а на їх базі – нову методику інженерного розрахунку основних технологічних параметрів комплексної очистки від сполук міді.

Робота демонструє комплексний науково-методологічний підхід до досліджень, здатність автора аналізувати, узагальнювати. Автор продемонстрував у своїй роботі достатні професійні знання, вміння проводити експериментальні дослідження, виявив аналітичні здібності та показав можливість самостійно ставити та вирішувати наукові питання.

В цілому робота Зорі Д.І. відповідає паспорту спеціальності 05.23.04 – Водопостачання, каналізація, вимогам п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 656 від 19.08.2015 р., що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Зоря Дмитро Ігорович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.04 – Водопостачання, каналізація.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології та технології  
рослинних полімерів

Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

О.П. Хохотва

Підпис Хохотви О.П. засвідчує  
Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського.



В.В. Холявко