

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**доктора технічних наук, професора, директора Інституту інженерії та інформаційних технологій Київського національного університету технологій та дизайну Ігоря Васильовича Панасюка на дисертацію Тарасенко Наталії Владасівни на тему «Створення хемосорбційних композиційних матеріалів на основі волокнистих відходів для очищення водних розчинів від іонів важких металів», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»**

### **I. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

В сучасному світі, проблема забруднення водних ресурсів іонами важких металів є питанням високої актуальності та значущості. Здатність важких металів накопичуватися в природних водоймах створює потенційну загрозу для екосистем. Тому необхідно надавати пріоритетне значення розробці та впровадженню ефективних методів видалення іонів важких металів з водних ресурсів з метою підвищення якості води.

Однією з можливих стратегій у боротьбі з даною проблемою є застосування відходів хімічних волокон для створення нових композиційних матеріалів, що здатні адсорбувати іони важких металів з водних розчинів. Цей підхід дозволяє не лише дати друге життя волокнистим відходам, але й сприяє покращенню ефективності очищення води від потенційно небезпечних речовин.

Проведення наукових досліджень та створення ефективних хемосорбційних композиційних матеріалів на основі відходів хімічних волокон та глинопорошків, це новий підхід для збільшення ефективності очищення, зменшення викидів в навколишнє середовище та покращення якості води. Результати цих досліджень можуть мати далекосяжні наслідки і сприяти вирішенню однієї з найважливіших проблем сучасності – збереження чистої води для майбутніх поколінь.

Отже, тема дисертаційної роботи Тарасенко Наталії Владасівни щодо створення хемосорбційних композиційних матеріалів з використанням волокнистих відходів актуальна, а результати дисертаційного дослідження роблять важливий внесок у розв'язання актуальної екологічної проблеми, що сприяє подальшому розвитку наукових інновацій в цій сфері.

### **II. СТУПІНЬ ОБГРУНТОВАНOSTІ І ДОСТОВІРНОСТІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ**

Проведені автором теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях хімічної технології та інженерії. При

цьому у роботі враховані узагальнений досвід та наукові здобутки вітчизняних та закордонних вчених, зокрема досягнення наукових шкіл Київського національного університету технологій і дизайну.

Достовірність та обґрунтованість основних наукових положень, висновків та рекомендацій підкріплюється використанням широкого спектру загальнонаукових та спеціалізованих методів дослідження, а саме: аналітичних методів для визначення сорбційної здатності хімічних волокон; методу ІЧ-спектроскопії для визначення природи взаємодії рослинних поліфенолів із іонами важких металів і функціональними групами хімічних волокон; морфометричного аналізу і оптичної поляризаційної мікроскопії для дослідження глинистих мінералів. Здобувачем цілком доцільно використані достатньо нові методи BET і DFT для визначення площі поверхні пор, їх загального об'єму, середніх діаметрів та розподілу за розмірами. Визначення фізико-механічних характеристик композиційних матеріалів проведено за стандартними методиками.

Обґрунтованість висновків та рекомендацій, які представлені у дисертації, відповідає результатам, отриманим в різних розділах дослідження. Застосування широкого спектру наукових методів та систематичний підхід до аналізу даних забезпечують адекватність висновків до проведених досліджень.

### **ІІІ. НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

У роботі вирішено важливе науково-практичне завдання щодо встановлення закономірностей формування сорбційних властивостей композиційних матеріалів, розроблених на основі відходів комплексних поліуретан-поліамідних хімічних волокон при введенні різних типів та кількості глинистих адсорбентів, включаючи модифіковані, з використанням різних методів їх введення та фіксації.

При цьому вперше встановлена можливість регулювання сорбційних властивостей нетканих матеріалів на основі відходів поліуретан-поліамідних хімічних волокон розчинами рослинних поліфенолів різної природи. Визначено, що взаємодія  $Fe^{3+}$  з функціональними групами хімічних волокон відбувається в результаті утворення хімічних зв'язків різних типів, в тому числі за участі СО-груп поліамідних і поліуретанових волокон.

Доведена можливість підвищення сорбційної здатності волокнистих матеріалів відносно барвника метиленового синього шляхом наповнення глинами монтморилонітового та палигорськітового типу. Виявлено, що багат шарова будова монтморилоніту, на відміну від шарувато-стрічкової будови з вкрапленнями голчатих кристалітів у палигорськітової глини, сприяє більш ефективній сорбції.

Визначений ефект впливу природи водорозчинних полімерів, як зв'язуючої речовини для закріплення глинопорошків в структурі нетканої основи композиційного матеріалу, на його фізико-механічні і сорбційні властивості.

Отримали подальший розвиток уявлення про властивості глинистих мінералів, як мінеральних адсорбентів, зокрема в частині впливу процесів механічної і кислотної активації на розмірні характеристики та форму частинок глинопорошків та їх сорбційні властивості. В результаті кислотної активації збільшуються площа поверхні і загальний об'єм пор, зростає ефективність сорбції зростає на 6-14% в порівнянні з немодифікованими зразками, що визначається тривалістю обробки та типом глини.

#### **IV. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вперше запропоновано спосіб переробки відходів поліуретан-поліамідних хімічних волокон для одержання композиційних матеріалів із сорбційними властивостями.

Запропоновано метод спрямованого регулювання сорбційних властивостей композиційних матеріалів шляхом наповнення волокнистої основи глинистими мінералами після їх механічної і кислотної активації. Для підсилення механічної міцності одержаних композиційних матеріалів доцільно використати трикотажну основу, а введення глинистих мінералів у волокнисту основу композиційних матеріалів у складі дисперсій водорозчинних полімерів не тільки забезпечує надійне закріплення часточок глини в структурі, але й підвищує сорбційну здатність отриманого композиційного матеріалу.

Запропоновано алгоритм технологічного процесу створення хемосорбційних композиційних матеріалів на основі відходів хімічних волокон, наповнених глинопорошками. На думку здобувача, введення в волокнисті матеріали високодисперсних частинок наповнювачів-адсорбентів дозволить поєднувати сорбційні і фільтрувальні властивості, що підвищить ефективність очистки стічних вод підприємств легкої і хімічної промисловості від іонів важких металів. Отримані матеріали можуть бути в подальшому використані для розробки ефективних та екологічно безпечних технологій водоочищення для забезпечення населення чистою водою для різних потреб і збереження водних ресурсів.

Укладений ліцензійний договір № 31-08/23 від 31.08.2023 р. про продаж не виключної ліцензії на використання корисної моделі за патентом України № 147134 “Спосіб визначення текстурних характеристик

композиційного матеріалу” за заявкою № u202007326 з пріоритетом від 17.11.2020 р.

Результати досліджень впроваджені в освітній процес підготовки фахівців за спеціальністю 161 – хімічні технології та інженерія, за освітньою програмою «Хімічні технології полімерних і композиційних матеріалів» на кафедрі хімічних технологій та ресурсозбереження КНУТД, використовуються при підготовці курсових, дипломних робіт, кваліфікаційних робіт магістрів.

## **V. ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДИСЕРТАЦІЇ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ**

Основні положення та отримані наукові результати дисертаційної роботи достатньою мірою висвітлено у 16 наукових роботах, зокрема 6 статей у фахових виданнях, 1 стаття у зарубіжному виданні з науково-метричної бази Scopus, 2 статті в інших виданнях, 1 патент на корисну модель, 6 тез доповідей на всеукраїнських та міжнародних конференціях.

В цілому, опубліковані наукові роботи сповна відображають зміст дисертаційного дослідження, його наукову новизну основні та основні результати.

## **VI. АНАЛІЗ ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (157 посилань) та 3 додатків. Повний обсяг дисертації 174 сторінки. Дисертація містить 20 таблиць та 47 рисунків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету роботи та задачі, які вирішувалися для досягнення поставленої мети. Визначено об'єкт та предмет досліджень, відображено наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів, вказано особистий внесок здобувача, подано інформацію щодо апробації результатів дослідження.

У *першому розділі* представлено аналіз теоретичних основ створення хемосорбційних композиційних матеріалів, розглянуто можливості застосування волокнистих відходів для отримання таких хемосорбційних композиційних матеріалів з наведенням переваг та недоліків для технологій водоочищення. На основі аналізу літературних даних сформульований висновок про необхідність проведення досліджень в цьому напрямку, окреслено основні напрямки дисертаційної роботи.

У *другому розділі* представлено характеристики об'єкту і предмету дослідження, ретельно розглянуто і обґрунтовано методи проведення

досліджень різних матеріалів і процесів, пов'язаних із створенням хемосорбційних композитних матеріалів. Зокрема, описані методи визначення концентрації важких металів у водних розчинах, метод підготовки природних глин, методи морфометричного аналізу і визначення показників пористої структури глинистих мінералів, метод визначення сорбційних властивостей композиційних матеріалів; ІЧ-спектроскопії, визначення реологічних властивостей розчинів полімерів, методи аналізу фізико-хімічних і механічних властивостей композиційних матеріалів.

У *третьому розділі* наведені результати дослідження процесу модифікації волокнистих матеріалів розчинами рослинних поліфенолів різної природи та аналіз їх сорбційної здатності до іонів  $\text{Cr}^{3+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$ . Наведені результати спектроскопічних досліджень взаємодії волокнистих матеріалів, модифікованих розчинами рослинних поліфенолів, з іонами  $\text{Fe}^{3+}$ .

У *четвертому розділі* представлено порівняльний аналіз розмірних характеристик частинок гібридних та мінеральних адсорбентів. Досліджено вплив механічної активації на розмірні характеристики та форму частинок глинопорошків монтморилонітового і палигорськітового типу, і в подальшому на сорбційні властивості волокнистих матеріалів. Наведені результати досліджень впливу кислотної активації на пористу структуру та адсорбційні властивості глинопорошків. Для визначення структурно-сорбційних характеристик зразків мінеральних глин монтморилонітового і палигорськітового типу було проведено дослідження сорбції-десорбції азоту на приладі Quantachrome NOVA 2200e. Площу поверхні пор розраховували методом Brunauer-Emmette-Teller (BET), загальний об'єм, середні діаметри і розподіл пор за розмірами були отримані за допомогою методу Density Functional Theory (DFT). Здобувачем доведено, що кислотна активація глин суттєво підвищує їх сорбційну здатність. Роль кислотної активації по суті зводиться до удосконалення пористої структури зразків через збільшення простору між шарами глинистих мінералів за рахунок вимивання з міжшарового простору глинистого мінералу водорозчинних солей металів, які утворюються в результаті взаємодії з хлоридною кислотою.

У *п'ятому розділі* досліджені особливості регулювання сорбційної здатності комбінованих волокнистих матеріалів, наповнених глинистими мінералами. Представлені результати мікроструктурного аналізу плівок з наповнених дисперсій крохмалю і ПВС різних концентрацій. Здобувачем показано, що зростання концентрації ПВС і крохмалю та вмісту глини призводить до збільшення агрегативних процесів в полімерній матриці. Це важливо враховувати в технологічних процесах

одержання композиційних матеріалів при виборі обладнання для нанесення дисперсій.

Наведені результати застосування наповнених дисперсій водорозчинних полімерів для функціоналізації волокнистих матеріалів, зокрема для підвищення їх сорбційної здатності. Зокрема здобувачем зазначається, що реологічні властивості розчинів композицій на основі крохмалю і ПВС визначають найбільш раціональний спосіб формування волокнистого композиту, що в свою чергу обумовлюються особливостями їх структури. Встановлено, що при вмісті глини 10% в'язкість композиції не залежить від типу полімеру. Як було показано в розділі дисертації 5.1, обробка волокнистої основи 3%-вими дисперсіями ПВС і крохмалю, наповненими глинистими мінералами, сприяє підвищенню сорбційної здатності отриманих матеріалів, а введення 5% монтморилонітової глини в 3%-ві дисперсії полімерного сполучного дозволяє отримати матеріали з кращими фізико-механічними характеристиками.

Запропоновано технологічну послідовність отримання композиційного матеріалу із сорбційними властивостями на основі волокнистих відходів і надані практичні рекомендації щодо його застосування для технологій водоочищення.

У *додатках* наведено акт впровадження в навчальний процес і наукову діяльність, ліцензійний договір про продаж корисної моделі за патентом, перелік публікацій автора.

## **VII. ДИСКУСІЙНІ МОМЕНТИ ТА ЗАУВАЖЕННЯ ДО РОБОТИ**

Незважаючи на досягнутий рівень вирішених у дисертаційній роботі завдань, окремі їх положення вимагають уточнення, а, отже, є підстави зробити низку зауважень:

1. Наукова новизна отриманих результатів не викликає сумнівів, але самі формулювання різних пунктів наукової новизни мають бути більш лаконічними.
2. В роботі немає достатнього обґрунтування вибору полімерного сполучного для просочення волокнистої основи сорбційного матеріалу.
3. В алгоритмі технологічного процесу одержання композиційних матеріалів із сорбційними властивостями наведена загальна послідовність різних технологічних етапів, але не приділено достатньо уваги щодо їх апаратного оформлення.
4. У п. 7 висновків зазначено, що наповнення глинопорошками дозволяє покращити сорбційну здатність матеріалу завдяки збільшенню площі

питомої поверхні, що підвищить ефективність очистки стічних вод. Це твердження безумовно правильне, але не підтверджено практичними результатами в роботі.

5. В роботі зустрічаються деякі граматичні і стилістичні помилки, хоча робота написана грамотною інженерною мовою.

Однак, зазначені вище недоліки не зменшують наукового внеску та практичної цінності дисертаційної роботи, не знижують позитивного враження від дисертаційної роботи.

## **VIII. ВИСНОВКИ**

Дисертаційна робота Тарасенко Н.В. за темою «Створення хемосорбційних композиційних матеріалів на основі волокнистих відходів для очищення водних розчинів від іонів важких металів» є кваліфікованою науковою працею, виконано особисто здобувачем у вигляді рукопису, вона містить висунуті здобувачем нові науково обґрунтовані результати досліджень, які у комплексі вирішують актуальне науково-прикладне завдання щодо підвищення сорбційної здатності хемосорбційних композиційних матеріалів на основі відходів поліуретан-поліамідних хімічних волокон для очищення водних розчинів від іонів важких металів. Наведені вище зауваження не знижують загального позитивного враження від роботи, а можуть бути предметом дискусії та побажаннями для подальшої творчої дослідницької роботи.

Враховуючи актуальність теми, науково-практичні результати, відповідність вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а здобувач Тарасенко Наталія Владасівна, на основі публічного захисту заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія.

Офіційний рецензент:

доктор технічних наук, професор,  
директор Інституту інженерії та  
інформаційних технологій,  
Київського національного  
університету технологій та дизайну

Ігор ПАНАСЮК