

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

*Бадехи Андрія Васильовича*

на тему «**Теплотехнологія утилізації шламів очистки стічних вод полігонів твердих побутових відходів**»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14–Електрична інженерія  
за спеціальністю 144–Теплоенергетика

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність переробки фільтратів, утворених на сміттєзвалищах, зумовлена їх значним негативним впливом на навколишнє середовище та здоров'я населення. У процесі накопичення та розкладання твердих побутових відходів на полігонах утворюються висококонцентровані стічні води – фільтрати, які містять органічні забруднювачі, важкі метали, токсичні сполуки, амонійний азот, патогенні мікроорганізми та інші небезпечні речовини. У разі потрапляння таких стоків у ґрунти, поверхневі та підземні води відбувається їх забруднення, що створює серйозну екологічну небезпеку.

Переробка та очищення фільтратів є необхідними для зменшення антропогенного навантаження на довкілля та забезпечення екологічної безпеки. Сучасні методи очищення, зокрема мембранні, біологічні, сорбційні та реагентні технології, дозволяють значно знизити концентрацію небезпечних речовин і забезпечити повторне використання очищеної води. Крім того, у процесі переробки фільтратів можливе отримання вторинних ресурсів, зокрема осадів, придатних для енергетичного використання, що сприяє реалізації принципів ресурсозбереження та циркулярної економіки.

Тому поставлена задача в дисертаційній роботі з розробки теплотехнології утилізації шламів очистки стічних вод полігонів твердих побутових відходів є актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше використано метод фільтрування стічних вод полігонів твердих побутових відходів з віддувкою аміаку, який показав високу ефективність застосування у технології очищення води від сполук амонію з подальшим уловлюванням для отримання амонійних добрив;

- у процесі віддувки аміаку в лужному середовищі встановлені об'єм повітря та швидкість його подачі та оптимальні температурні параметри;

- виконано математичний розрахунок та прогнозування ходу процесу віддувки аміаку осадів стічних вод полігонів твердих побутових відходів, який дозволяє графічно визначати величини, необхідні для подальших технологічних розрахунків;

- встановлено, що осад після отримання фільтрату стічних вод з екологічної та економічної точки зору раціонально використовувати для отримання термічним способом оксиду кальцію, який можна повторно використовувати на стадії очищення води реагентами в технологічній схемі;

- виконано термогравіметричні дослідження осаду стічних вод твердих побутових відходів, які показали повне розкладання осадів до оксиду кальцію, що спостерігається уже при 700°C в статичних умовах термообробки протягом 3 год;

- за результатами вперше проведених досліджень тепломасообмінних процесів при сушінні композитної сировини на основі осадів стічних вод твердих побутових відходів, фрезерного торфу та решток посівів кукурудзи, визначено та узагальнено кінетичні закономірності їх конвективного сушіння.

Достовірність отриманих результатів під час проведення комплексу експериментальних досліджень підтверджується отриманим патентом, а також розробленою технологією, яка полягає у комплексній переробці осадів. Отриманий матеріал може використовуватися як паливо під час сушіння в сушарках з теплогенератором.

Наукові дослідження були виконані здобувачем у відділі тепломасоперносу в теплотехнологіях ІТТФ НАН України в рамках НДР 7.9/25-П «Розвиток розподіленої енергетики на основі використання газотурбінних і газопоршневих технологій та місцевих альтернативних видів палива в період воєнного стану і відновлення України» (ДР 0126U001587).

Отже, в дисертаційній роботі поставлене завдання по розробці енергоефективної теплотехнології утилізації шламів очистки стічних вод полігонів твердих побутових відходів виконано повністю.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Бадехи А.В. відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144–Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми ІТТФ НАН України зі спеціальності 144 Теплоенергетика.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яке підтверджує вагомий особистий внесок здобувача у розвиток наукового напрямку, пов'язаного зі збереженням природних ресурсів та охороною навколишнього середовища.

За результатами аналізу звіту подібності щодо перевірки дисертації на текстові збіги встановлено, що робота Бадехи Андрія Васильовича виконана самостійно та не містить ознак фальсифікації, фабрикації, компіляції, плагіату чи неправомірних запозичень. Усі використані наукові ідеї, результати досліджень і текстові матеріали інших авторів супроводжуються належними посиланнями на відповідні джерела.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріали дисертації розміщено послідовно з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації – 103 сторінки.

У вступі розкрито актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету та основні завдання роботи, наведено інформацію щодо зв'язку дослідження з науковими програмами. Окрему увагу приділено висвітленню наукової новизни та практичної цінності отриманих результатів, а також подано відомості про апробацію результатів дисертації та наукові публікації автора.

У першому розділі здійснено огляд і аналіз науково-технічних джерел, присвячених проблемам очищення осадів стічних вод полігонів твердих побутових відходів та отриманню альтернативного композитного палива. На основі проведеного аналізу обґрунтовано можливість створення теплотехнології утилізації шламів очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів, що сприятиме підвищенню екологічної безпеки та впровадженню сучасних світових технологічних рішень.

У другому розділі наведено характеристику експериментального обладнання, вимірювальних приладів і методик дослідження, використаних під час проведення експериментів та обробки отриманих результатів.

У третьому розділі представлено результати дослідження комплексного очищення стічних вод із використанням процесу вапнування на етапі передмембранної підготовки та подальшої термічної утилізації шламів. Встановлено, що мінімальна залишкова концентрація амонійного азоту досягається за максимальної дози оксиду кальцію, при цьому вплив температури на процес є незначним. Для кількісного опису процесів віддування проведено математичне моделювання. Із застосуванням методів термогравіметричного та диференційного термічного аналізу досліджено властивості осадів. Виявлено, що повне розкладання шламових осадів до оксиду кальцію відбувається вже за температури 700 °С упродовж трьох годин термічної обробки.

У четвертому розділі досліджено процеси тепломасообміну під час сушіння композитної сировини, виготовленої на основі осадів фільтратів полігонів

твердих побутових відходів, торфу та рослинних залишків кукурудзи. Проведено поетапне підвищення ефективності конвективного сушіння сумішей та визначено оптимальний режим сушіння. Також проаналізовано вплив температури теплоносія на тривалість сушіння різних композицій і їх компонентів. Результати дослідження процесу горіння композитної сировини підтвердили перспективність її використання у різних технологіях спалювання палива та при створенні нових способів термічної утилізації.

У п'ятому розділі на підставі комплексного дослідження процесів переробки фільтратів полігонів твердих побутових відходів розроблено технологію очищення фільтратів і теплотехнологію переробки осадів у паливну сировину.

У висновках узагальнено основні наукові положення та практичні результати дисертаційної роботи.

В додатках наведені публікації здобувача, копії патентів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті представлені у виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази даних *SCOPUS (Q4)*; 3 статті у наукових спеціалізованих виданнях України, перелік яких затверджено МОН України; 4 тези виступів на наукових конференціях; 1 патент України на винахід.

Результати дисертації були апробовані на 4 наукових конференціях.

Усі публікації розкривають наукові здобутки отримані під час роботи над дисертацією та мають вагомий особистий внесок. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Для аналізу сучасного стану проблеми (Розділ 1) використано всього 28 літературних джерел, що занадто мало для висвітлення такого важливого питання.
2. В підписах до рис. 2.1 та 2.2 для кращого сприйняття варто було додати підписуночі підписи.
3. Некоректна назва рисунків 4.1 та 4.2, оскільки представлено вплив вологості на кінетику та швидкість сушіння, а не температури теплоносія.
4. В підрозділі 4.2 на стор. 78–79 зазначається, що «для сушіння трикомпонентної суміші представленої в розділі 4.3 відбулось зниження

температури теплоносія від 120 до 100°C для того, щоб понизити втрату летких компонентів при сушінні і таким чином збільшити теплоту згоряння отриманого трикомпонентного палива». Які саме леткі компоненти маються на увазі, адже відомо, що в подібних сумішах до досягнення ~160 °C видаляється тільки вода. Це також підтверджується дериватограмою вологого шламу на рис. 3.12.

5. Варто було б розширити розділ 5. Представлено надто короткий опис технологій комплексної переробки фільтратів та комплексної переробки осадів фільтратів на паливо.
6. В тексті зустрічаються описки та стилістичні неточності.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Бадехи Андрія Васильовича на тему «Теплотехнологія утилізації шламів очистки стічних вод полігонів твердих побутових відходів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для теплоенергетичної галузі. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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.

Здобувач **Бадеха Андрій Васильович** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14–Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

### **Рецензент:**

ст. наук. співр. ІТТФ НАН України,  
к.т.н., ст. досл.

*Т.К.*

Тетяна КОРІНЧЕВСЬКА

