

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу  
Вдовиченко Альони Андріївни  
на тему «Утилізація газових викидів мікроводоростями»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія  
за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія

### **Актуальність теми дисертації.**

Зменшення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері є важливим кроком до вирішення проблеми глобального потепління та зміни клімату. За оцінками спеціалістів станом на 2023 рік обсяг глобальних щорічних викидів  $\text{CO}_2$  перевищив 32 мільярди тонн, в той час як його утилізація ледве сягала 200 мільйонів тонн. Ці дані свідчать про потребу у впровадженні нових, ефективних методів зниження парникових газів.

На разі розроблено ряд технологій для уловлювання вуглекислого газу з атмосфери, але найбільш практичними вважають методи уловлювання та утилізації  $\text{CO}_2$  безпосередньо на місці його утворення, а саме згоряння палива. Також актуальним є використання мікроводоростей, які завдяки високій здатності до поглинання  $\text{CO}_2$  та стійкості до зовнішніх умов, можуть ефективно очищати промислові газові викиди. Розвиток таких технологій сприятиме виконанню Україною міжнародних кліматичних зобов'язань, зокрема Паризької угоди та рішень Давоського форуму 2020 року.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у встановленні граничних концентрацій оксидів сульфуру та нітрогену у викидах, які не пригнічують розвиток *Chlorella vulgaris*, а також у визначенні оптимального розміру отворів дифузора для максимального приросту біомаси під час барботування  $\text{CO}_2$ .

Основні положення та висновки дисертації обґрунтовані достатньою кількістю якісно проведених досліджень. Автором дисертації чітко окреслені мета та завдання дослідження. Дисертаційна робота Вдовиченко А. А. є оригінальною науковою працею, яка виконана на належних методичному та теоретичному рівнях. Робота має послідовну та логічну структуру і є комплексним та завершеним науковим дослідженням. Зазначене вище свідчить про обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, що

викладені у дисертаційній роботі. Сформульовані основні наукові положення та висновки ґрунтуються на використанні адекватних щодо поставлених завдань методів дослідження. Викладене вище дає змогу оцінити одержані результати, основні наукові положення та висновки досліджень, проведених Вдовиченко А.А., як достовірні. Під час детального аналізу дисертаційної роботи не виявлено висновків або тверджень, які б викликали сумніви.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативної теми «Розробка наукових засад переробки відходів різного походження з одержанням корисних продуктів НДР № 0121U113603» (2021-2026 рр.) та на кафедрі інженерії навколишнього середовища інституту інженерії і охорони навколишнього середовища факультету геоінженерії Вармінсько-Мазурського університету в Ольштині (Республіка Польща) в рамках гранту №2022/01/4/NZ9/00019 для науковців з України, які не мають ступеня *PhD* від Національного Наукового Центру (NCN, Республіка Польща) та Грантів Європейської Економічної Зони і Норвегії (EEA and Norway Grants) під керівництвом зав. кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.т.н., доцента Голуб Наталії Борисівни.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання, а саме розробка біотехнології утилізації газових викидів за допомогою мікроводоростей, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Вдовиченко А.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Біотехнології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям біотехнології.

Всі отримані автором результати є новими, достовірними та належно обґрунтованими.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Вдовиченко Альони Андріївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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

Структурно дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 174 сторінки.

У вступі визначено актуальність роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено предмет і об'єкт дослідження, перелічено методи аналізу, зазначено наукову новизну та практичну цінність роботи.

Розділ 1 присвячено передумовам необхідності утилізації газових викидів, огляду технологій використання мікроводоростей для утилізації газових викидів, впливу окремих компонентів газових викидів на мікроводорості, а також досвіду використання газових викидів при культивуванні мікроводоростей *Chlorella vulgaris*.

У розділі 2 наведено методи аналізу, описано дослідні установки, обґрунтовано вибір біологічних агентів.

В розділі 3 наведено результати дослідження впливу параметрів подачі CO<sub>2</sub> на процес культивування мікроводоростей, а саме розміру дифузорів, швидкості та періодичності подачі вуглекислого газу, також розглянуто різні варіанти його рециркуляції. В результаті встановлено раціональні параметри процесу.

В розділі 4 дисертантка наводить результати досліджень утилізації газових викидів мікроводоростями *Chlorella vulgaris*. Визначено вплив сульфатної та азотної кислот на культивування мікроводоростей, а також вплив рециркуляції газових викидів на синтез ліпідів мікроводоростями. Показано вплив газових викидів з вугільної ТЕЦ для культивування мікроводоростей, а також вплив газових викидів після спалювання біогазу на культури мікроводоростей *Chlorella vulgaris* і ціанобактерій *Arthrospira platensis*.

Розділ 5 містить результати розробки технологічної схеми стадії утилізації газових викидів мікроводоростями та дослідно-промислової установки BOR-100, також наведено розрахункову собівартість утилізації газових викидів з заданими параметрами на одній установці BOR-100.

Дисертаційне дослідження завершується розгорнутими висновками, які є цілісними, логічними та обґрунтованими, відповідають меті та завданням дослідження.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Результати роботи подано логічно, послідовно та змістовно завершено з дотриманням вимог наукового стилю викладу; при їхньому описі використано загальноприйняту термінологію.

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 3 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 0 патентів на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосуються наукових результатів дисертації; 0 патентів України на корисну модель; 0 одноосібних монографій, що рекомендовані до друку Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та пройшли рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

На підставі аналізу опублікованих автором робіт можна стверджувати, що матеріали дисертації повно висвітлені у публікаціях, самі публікації мають високий науковий рівень, дисертантом дотримано принципів академічної доброчесності. Особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих за темою дисертації, є суттєвим.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

1. В рівнянні 2 на сторінці 38 пропущено коефіцієнт 2 перед протоном.
2. На рисунку 3.14 (б) показано подачу  $\text{CO}_2$  від балона до фотобіореакторів 1 і 2 одночасно, хоча по опису там влаштовано рециркуляцію і газ із фотобіореактора 1 надходить в фотобіореактор 2.
3. На рисунку 3.22 (а) є одруківка і вісь ординат підписана як  $N \times 10^6$ , кліт./ $\text{cm}^3$ , а потрібно було  $N \times 10^{-6}$ , кліт./ $\text{cm}^3$  чи  $N, (\times 10^6 \text{ кліт./cm}^3)$ .
4. На сторінці 115 написано твердження «Хлорела, що піддавалась впливу димових газів, містить вищий вміст азоту, карбону та водню (табл. 4.10), порівняно з контролем, а отже багата пігментами та білком», бажано було додати посилання на літературу, де показано, що високий вміст азоту, карбону та водню свідчить саме про високий вміст пігментів, а не якихось інших сполук.
5. В таблиці 4.17 використано терміни «Тверді летючі речовини» та «Тверді мінеральні речовини», що є калькою з англійськомовних термінів *Volatile solids* та *Mineral solids*, в українській мові для цих понять використовують терміни *Вміст сухої органічної речовини* та *Зольність*.

6. В розділі 4 в дослідженнях використано азотну та сірчану кислоту як продукт реакції оксидів нітрогену та сульфуру з водою. Доцільно було б навести в додатках до дисертації перерахунок концентрацій цих газів у кислоти.

7. Бажано було б додати в літературний огляд інформацію про вплив конфігурацій дифузорів на розчинення  $\text{CO}_2$  у водних розчинах або зазначити, що це питання ще досі не вивчалось.

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 Вдовиченко Альони Андріївни на тему «Утилізація газових викидів мікроводоростями» 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 галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія. 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 Вдовиченко Альона Андріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі 16 Хімічна та біоінженерія за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія.

### **Рецензент:**

доцент кафедри біоенергетики,  
біоінформатики та екобіотехнології  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
к.т.н, доцент

М.П.

«28» травня 2025 року

*Катерина ЦУРСЬКА*

