

До разової спеціалізованої вченої ради PhD 14288
Тернопільського національного педагогічного
університету імені Володимира Гнатюка
(46027, м. Тернопіль, вул. Максима Кривоноса, 2)

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Чвалюк Галини Василівни на тему: «Використання зелених мікроводоростей для покращення стану прісних водойм на прикладі водосховища «Тернопільський став», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 09-«Біології» за спеціальністю 091-«Біологія»

Робота Чвалюк Галини Василівни присвячена вирішенню гострої екологічної проблеми — евтрофікації та антропогенної деградації міських водойм. На прикладі Тернопільського ставу автор досліджує методи «зеленої» біотехнології, зокрема використання мікроводорості *Chlorella sp.*, для відновлення екосистем із багатофакторним навантаженням. В умовах постійного зростання урбанізованого та аграрного пресингу розробка біологічних методів очищення води є надзвичайно своєчасною

Дисертаційна робота виконувалась у рамках науково–дослідної теми «Альгологізація Тернопільського ставу зеленими мікроводоростями (хлорела і сценедесмус)» (договір № 21 ТНПУ ім. В Гнатюка з КП «ОПКіВ м. Тернополя, від 10.02. 2022 р.). За результатами якої було патент Спосіб оптимізації екологічного стану води у водосховищах: пат. 162855 Україна: C02F 3/34 (2023.01) A61K 36/05 (2006.01) / Чвалюк Галина Василівна (UA), Хоменчук Володимир Олександрович (UA), Боднар Оксана Ігорівна (UA), Грубінко Василь Васильович (UA), Калінін Ігор Васильович (UA), Томчук Віктор Анатолійович (UA); володілець Національний університет біоресурсів і природокористування України. – №u202505563, заявл.13.11.2025, опубл. 30.04.2026, Бюл. №17.

Наукова новизна роботи полягає в тому, авторкою вперше теоретично обґрунтовано та практично реалізовано підхід «адресної» альгологізації для Тернопільського ставу. Розроблено диференційовані графіки внесення біомаси

мікроводоростей залежно від температурного режиму та специфіки локального забруднення (зони «Галичина», «Опілля» тощо). Важливим здобутком є доведення ефективності хлорели не лише як конкурента ціанобактерій, а й як агента біосорбції важких металів.

Практичне значення одержаних результатів. Авторкою розроблений технологічний регламент та методичні рекомендації можуть бути впроваджені в практику роботи водоохоронних організацій та комунальних підприємств для оздоровлення міських водойм. Результати щодо біосорбції металів можуть використовуватися для очищення стічних вод.

Виходячи із зазначеного дисертанткою досягнуто поставлених теоретичних і практичних завдань, зміст досліджень розкриває проблему, що розглядається, глибина досліджень достатня для обґрунтування гіпотези та формулювання зроблених висновків.

Дисертаційна робота Чвалюк Г.В. викладена на 206 сторінках комп'ютерного тексту і складається зі вступу, огляду літератури, опису матеріалів і методів досліджень, результатів роботи та їх обговорення, аналізу та узагальнення, висновків, списку використаних джерел, який включає 145 посилань (з них 68 латиною), 20 додатків. Робота ілюстрована 64 рисунками.

В огляді літератури проводиться детальний аналіз екологічних факторів та біохімічних процесів, що визначають стан прісноводних екосистем в умовах інтенсивного антропогенного тиску. Автор розглядає роль мікроводоростей, зокрема *Chlorella vulgaris*, у регулюванні кисневого режиму, деструкції органіки та біогеохімічній трансформації металів, таких як магній, ферум і цинк. Окрема увага приділяється морфометричним, гідрологічним та історичним особливостям Тернопільського водосховища, що сформувалося на заплавних територіях річки Серет і потерпає від хронічної евтрофікації. Огляд завершується характеристикою біологічних об'єктів дослідження та аналізом конкурентних взаємодій між зеленими мікроводоростями й токсичними ціанобактеріями за трофічні ресурси. Літературний огляд достатньо інформативний, базується на посиланнях останніх років і побудований таким чином, що з нього логічно витікають завдання дослідження.

Розділ «матеріали та методи» детально висвітлює всі практичні процедури з постановки експериментів, фізико-хімічного та статистичного аналізу.

Експериментальні результати та їх обговорення подані в розділі 3, де ґрунтовно описано особливості моніторингу та аналізу фізико- і гідрохімічних показників Тернопільського ставу протягом 2023–2025 років у порівнянні з референтним 2020 роком. Проведено аналіз сезонної динаміки температури води, яка визначена як ключовий регулятор гідрохімічних процесів. Встановлено, що попри міжрічні коливання, температурний розподіл по акваторії залишався синхронним і однорідним. Було встановлено, що водневий показник протягом усього періоду досліджень був у межах нормативів ГДК (6,5-8,5 од.).

У розділі оцінено інтенсивність деструкційних процесів за показниками БСК та ХСК. Встановлено, що під впливом альголізації кисневий баланс водойми суттєво покращився – вміст розчиненого кисню зріс до 8,5-12,5 мгО₂/дм³, що свідчить про активну біологічну аерацію.

Було досліджено трансформацію нітратного, амонійного азоту та фосфору фосфатів. Зафіксовано перехід від прогресуючого евтрофування (у 2020 р.) до спрямованої оліготрофізації та деєвтрофікації водойми завдяки асиміляції нутрієнтів введеною культурою хлорели.

Окрему увагу в розділі приділено здатності мікроводоростей до біосорбції та іммобілізації металів, що дозволило значно знизити концентрацію йонів заліза та цинку в акваторії. Загальним підсумком розділу є твердження про поступове вирівнювання основних гідрохімічних показників та перехід екосистеми до стану керованого відновлення.

Четвертий розділ дисертаційної роботи Г. В. Чвалюк був приурочений аналізу сезонної динаміки фітопланктону та оцінці ефективності впровадженої технології альголізації в різні пори року протягом 2023-2025 років у порівнянні з контрольним 2020 роком. Авторкою зафіксовано статистично значуще зростання чисельності *Chlorella sp.* порівняно з 2020 роком, що свідчить про життєздатність введеної культури навіть за низьких температур. Паралельно спостерігалось стійке пригнічення ціанобактерій, чисельність яких зменшилася. Встановлено поступову перебудову структури фітопланктону. У 2024-2025 роках чисельність

хлорели зросла майже вдвічі порівняно з референтним періодом, що супроводжувалося достовірним пригніченням розвитку синьо-зелених водоростей. Літній період характеризувався найбільш значущою перебудовою альгоценозу. Середня чисельність *Chlorella sp.* зросла з 1,14 млн кл/дм³ (у 2020 р.) до пікових 12,44 млн кл/дм³ (у 2023 р.), що дозволило ефективно контролювати евтрофікацію водойми в умовах найвищих температур. Результати моніторингу в осінній період підтвердили збереження домінантної ролі хлорели. Було відмічено стабільно високі показники біомаси введеної мікроводорості та мінімальну присутність токсичних видів фітопланктону, що свідчить про стійкість екосистеми перед зимовим сезоном.

Загалом у розділі обґрунтовано, що керована альголізація забезпечує цілорічну трансформацію структури фітопланктону, де домінуюча роль переходить від ціанобактерій до зелених мікроводоростей, що є основою для покращення екологічного стану водойми.

У п'ятому розділі дисертації Чвалюк Г. В. проводиться узагальнення результатів багаторічного моніторингу з біотехнологічного відновлення Тернопільського ставу.

Авторка зазначає, що деградація водойми зумовлена поєднанням природних чинників та кумулятивного антропогенного тиску (аграрні змиви та урбанізовані стоки м. Тернопіль). У розділі доводиться, що кероване введення *Chlorella vulgaris* дозволило змінити метаболічний вектор екосистеми. Встановлено, що мікроводорості успішно адаптувалися до специфічних умов ставу, забезпечивши стабілізацію рН та радикальне покращення кисневого режиму (зростання вмісту кисню до 8,5-12,5 мгО₂/дм³).

В розділі аналізуються дані щодо біологічної асиміляції нутрієнтів та детоксикації середовища. Авторка доводить, що створення домінанти хлорокових водоростей призвело до пригнічення токсичних ціанобактерій у 2,5-3 рази через жорстку трофічну конкуренцію за азот і фосфор. Значна увага приділяється здатності хлорели до біосорбції металів, особливо в літній період. Узагальнюється досвід локального внесення біомаси у стратегічно важливі зони («Галичина», «Опілля», пляж «Циганка»), що дозволило вирівняти якість води по

всій акваторії до нормативних вимог ГДК та критеріїв «доброго екологічного стану» згідно з Директивою 2000/60/ЕС.

У шостому розділі дисертаційного дослідження розглядається комплексна стратегія практичного застосування альголізації для відновлення екосистеми Тернопільського ставу. Авторка описує термін початку робіт та необхідну концентрацію біомаси для створення стійкої домінанти зелених мікроводоростей, обґрунтовує стратегію впливу хлорели, згідно з якою суспензію слід вносити у найбільш вразливі зони акваторії (мілководдя, зони зі слабким водообміном, місця впадіння зливових стоків та рекреаційні зони, такі як пляж «Циганка»). Було запропоновано схему регулярного екологічного контролю, що включає відбір проб у дев'яти моніторингових точках для оперативного коригування обсягів альголізації залежно від гідрохімічних показників (вмісту кисню, азоту та фосфору).

Одержані дисертанткою дані ґрунтовно проаналізовані, обговорені, пов'язані з літературними повідомленнями. Висновки дисертації повністю витікають з експериментальних даних. Заслуговує на увагу опрацювання значної кількості наукової літератури, яка безпосередньо стосується досліджуваної теми. Це свідчить про високу обізнаність, скрупульозність та наукову відповідальність авторки.

Разом з тим до роботи можна висловити окремі зауваження та запитання:

1. Хотілося б більш детально почути про механізми вилучення металів так як у роботі зазначено високу ефективність *Chlorella* sp. щодо іммобілізації важких металів, проте недостатньо розкрито подальшу долю накопичених металів у трофічних ланцюгах після відмирання мікроводоростей або їхнього споживання гідробіонтами.

2. Авторка досліджує міграцію магнію, цинку та феруму у Тернопільському ставу. Хотілося б почути чому саме ці метали біло обрано і чому не моніторили динаміку кальцію як ключового іону прісноводних екосистем.

3. В роботі Вами доведено пригнічення токсичних ціанобактерій, разом з тим менше уваги приділено впливу масової інтродукції хлорели на інші види природного фітопланктону. Як культивування хлорели на на Вашу думку може

впливати та загальне біорізноманіття водойми Тернопільського ставу?

4. Робота містить глибокий біотехнологічний аналіз, проте недостатньо розрахунків економічної ефективності запропонованого способу альголізації порівняно з традиційними методами механічного або хімічного очищення? Чи плануєте ви такого виду дослідження в подальшому?

5. У висновках до роботи зазначено про перехід гідроекосистеми до фази саморегуляції, однак залишається відкритим питання якою має бути частота повторних циклів альголізації для підтримки цього стану в умовах незмінного антропогенного тиску з боку р. Серет та міських стоків.

6. Поясніть, будь ласка, розрахунок співвідношення продукційно-деструкційних процесів та на основі яких досліджень (авторів) ви використали цей коефіцієнт? Скажіть для водойми є позитивним високий вміст біогенних елементів та органічних речовин чи є певні ліміти вмісту, а їх високі концентрації руйнують функціонування самої системи?

7. Хотілося б почути, які особливості (механізми) розпилення суспензії хлорели з плавзасобів Ви рекомендуєте? Уточніть вимоги до технічних засобів (наприклад, яка необхідна концентрація суспензії у вихідному розчині для запобігання надмірному осадженню.

Проте, зауваження і побажання не зменшують цінність дисертаційної роботи, а лише дають змогу провести цікаву наукову дискусію із зазначеної тематики дослідження.

Апробація роботи. За матеріалами дисертації опубліковано 22 праці: 4 статті у фахових виданнях, з яких 2 у виданнях що індексуються в базах даних Scopus, 1 патент та 17 матеріалів і тез доповідей на з'їздах і конференціях.

Анотація у повній мірі відображає зміст роботи. Вона не містить тверджень чи ідей, які не наведені в основному тексті дисертації.

Праця написана змістовно, літературною мовою, стиль викладення матеріалу науковий, думки висловлені логічно та послідовно.

На основі всього вище переліченого вважаю, що дисертаційна робота дисертаційної роботи Чвалюк Галини Василівни на тему «Використання зелених мікроводоростей для покращення стану прісних водойм на прикладі водосховища

«Тернопільський став», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. №44 та сучасним вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40, а її авторка заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія».

Рецензент:

доктор філософії, доцент кафедри геоекології
та гідрології Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Ігор КУЗИК

