

ВІДГУК

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора кафедри екології та
збалансованого природокористування

Сабадаш Віри Василівни

на дисертаційну роботу

Мандрик Соломії Тарасівни

**“ Підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем шляхом
знешкодження техногенного забруднення біологічним методом”**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 10 *“Природничі науки”*

за спеціальністю 101 *“Екологія”*

1. Актуальність теми дисертації

Антропоєкосистеми на сьогоднішній день є осередками з підвищеним вмістом промислових забруднювачів інгредієнтного та параметричного характеру . Це забруднення в першу чергу стосується атмосфери (першого її шару – тропосфери), або іншими словами атмосферного повітря. Критичний стан атмосфери на даний час є топовою проблемою людства. Промислові газові викиди, як інгредієнтні забрудники та електромагнітне короткохвильове випромінювання як параметричне забруднення атмосфери викликають глибоке занепокоєння екологічної спільноти . Дуже важливо знайти шляхи подолання цієї проблеми. Міжнародні угоди, такі як Паризька угода (підписана 196 сторонами), яку ратифікувала Верховна Рада України та кліматична конференція ООН (Конференція сторін, COP 26) у Глазго (2021), підкреслюють значення антропогенної зміни клімату, як реальної глобальної соціальної проблеми. У вирішені цієї проблеми все більшої популярності набирають біологічні методи очищення та знешкодження викидів парникових газів без подальшої шкоди довкіллю.

Одним із таких методів є очищення промислових газових викидів за участі мікроводоростей *Chlorella vulgaris*. Основною перевагою мікроводоростей *Chlorella vulgaris* над наземними рослинами є те, що вони

здатні поглинати в десятки разів більше парникових газів і краще адаптуються до несприятливих умов середовища. Після очищення промислових газових викидів, накопичену біомасу мікродоростей можна переробити у біопаливо, що теж є дуже важливим чинником при виборі саме культури мікродоростей. В результаті ми створюємо умови кругообігу основних біогенних елементів у штучних, напівпромислових умовах, тим самим запобігаємо додатковому використанню викопного палива, спалювання якого є основним джерелом парникових газів. Досліджуваний в дисертаційній роботі метод поглинання парникових газів та використання отриманих продуктів, підвищує рівень екологічної безпеки антропоєкосистем.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та запропоновані у дисертації ідеї є науковими й теоретично обґрунтованими.

Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри “Екологія та збалансоване природокористування” Національного університету “Львівська політехніка”: «Розроблення інженерних методів захисту довкілля для забезпечення збалансованого розвитку суспільств», а також в межах науково-дослідної роботи кафедри – «Застосування одноклітинних хлорофілсинтезуючих мікродоростей у природоохоронних технологіях», № державної реєстрації – 0123V101710

Дисертація Мандрик С.Т. складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел який включає 156 найменувань і додатків. Робота викладена на 187 сторінках основного тексту, містить 45 рисунки, 21 таблицю і додатки на 3 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, наведено методи дослідження та визначено наукову новизну і практичне значення роботи.

У першому розділі проведено літературний огляд загальної характеристики мікродоростей *Chlorella vulgaris*, їх застосування для

поглинання парникових газів та електромагнітного випромінювання та подальше використання біомаси мікроводоростей.

У другому розділі приведено методики та описано використані методи експериментальних досліджень, що застосовувались для досягнення поставленої мети дисертаційного дослідження.

У третьому розділі вивчено вплив електромагнітного випромінювання на приріст біомаси мікроводоростей *Chlorella vulgaris*.

У четвертому розділі вивчено кінетику приросту мікроводоростей при поглинанні парникових газів, а саме оксидів нітрогену N_xO_y , оксиду фосфору P_2O_5 та діоксиду сульфуру SO_2 . Також представлено математичне моделювання приросту біомаси мікроводоростей *Chlorella vulgaris* за встановлених сумарних значень концентрацій SO_2 , N_xO_y і P_2O_5 .

У п'ятому розділі розроблено технологію поглинання вуглекислого газу за присутності інших парникових газів із залученням мікроводоростей *Chlorella vulgaris*. Вивчено можливість застосування біомаси мікроводоростей *Chlorella vulgaris* як біопалива та застосування біомаси мікроводоростей *Chlorella vulgaris* для очищення стічних вод.

Висновки за результатами виконання дисертації підтверджують наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

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

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає встановленим вимогам МОН України.

3. Наукова новизна результатів дослідження

Основні наукові положення, висновки та пропозиції, висунуті здобувачем характеризуються науковою новизною та є індивідуальним внеском дисертанта.

Нижче наведено основні наукові результати рецензованих досліджень дисертанта:

вперше:

- запропоновано математичний опис поглинання парникових газів мікроводоростями *Chlorella vulgaris* за присутності певних значень

концентрацій активаторів та інгібітора поглинання вуглекислого газу та отримано його аналітичне рішення;

- на основі математичної обробки результатів експериментальних досліджень встановлено коефіцієнти приросту мікроводоростей за присутності певних значень концентрацій активаторів та інгібітора поглинання вуглекислого газу;
- визначено оптимальне значення енергії мікрохвильового електромагнітного опромінення мікроводоростей *Chlorella vulgaris* для максимального поглинання парникових газів;
- встановлено оптимальне співвідношення концентрацій (N_xO_y : P_2O_5 : SO_2) за яких поглинання вуглекислого газу та приріст біомаси мікроводоростей є максимальним;
- визначено значення концентрацій сірководню H_2S та аміаку NH_3 за яких значення коефіцієнту приросту мікроводоростей має оптимальне значення;
- змодельовано метод очищення промислових газових викидів із залученням МЕМ опромінення від парникових газів за участі мікроводоростей *Chlorella vulgaris* з подальшою переробкою використаної біомаси у біопаливо.

отримало подальший розвиток:

- вчення про інгібування та активування процесів поглинання парникових газів мікроводоростями *Chlorella vulgaris*;
- знання про залучення вуглекислого газу та інших біогенних елементів у штучні кругообіги в антропоєкосистемах тим самим скорочення використання викопного палива;
- застосування мікроводоростей *Chlorella vulgaris* для очищення стічних вод.

4. Значущість результатів дослідження для науки і практики

Отримані результати експериментальних досліджень дозволили змодельовати метод очищення промислових газових викидів за участі мікроводоростей *Chlorella vulgaris* з подальшою переробкою використаної

сировини мікроводоростей у біопаливо. Такий спосіб очищення можна застосовувати на підприємствах паливно-енергетичного комплексу та ТзОВ «Компанії «Центр ЛТД», чим скоротити викид парникових газів в атмосферу і покращити стан антропоєкосистем.

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень розроблено спосіб очищення промислових газових викидів за участі мікроводоростей *Clorella vulgaris*, на який подано патент України на корисну модель № заявки u202404039.

Спосіб очищення промислових газових викидів від парникових газів за участі мікроводоростей із залученням МЕМ опромінення в літературі не описано, що дозволяє стверджувати, що аналогів такої системи очищення в Україні немає.

Розроблено та впроваджено у навчальний процес методичні вказівки «Вплив мікрохвильового електромагнітного випромінювання на хлорофілсинтезуючі мікроводорості *Chlorella*» з дисципліни «Екологія людини» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти Е2 Екологія.

Також результати дисертації використані у програмі лекційного курсу «Технологічні процеси охорони навколишнього середовища», для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти Е2 Екологія, оскільки вони стосуються очищення промислових газових викидів та зменшення забруднення атмосфери вуглекислим газом та іншими парниковими газами в межах роботи промислових підприємств.

5. Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих автором дисертації працях

За темою дисертації опубліковано наступні наукові праці:

- 17 статей у наукових фахових виданнях України, та тих, що включені до наукометричних баз даних, зокрема 3, що належать до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 10 наукових статей у фахових виданнях України, 4 розділи у монографіях.

- 10 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях та матеріалів конференцій.

6. Мова та стиль дисертаційної роботи

Текст дисертаційної роботи викладено українською мовою. Дисертація написана зрозуміло, доступно, на належному технічному рівні з використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 101 "Екологія", галузі знань 10 Природничі науки.

7. Дискусійні положення та зауваження до дисертації

1. Некоректне використання хімічного запису: у тексті часто вживається "оксид фосфору P_2O_5 ", однак при розчиненні у воді P_2O_5 утворює фосфорну кислоту (H_3PO_4), відповідно, джерелом фосфат-аніонів є саме вона. Варто уточнити, що у воді P_2O_5 гідролізується з утворенням H_3PO_4 , яка дисоціює до фосфат-аніонів.

2. Різке зниження в пробі №5: для проби з найвищою концентрацією ($0,1 \text{ мг/м}^3$) спостерігається пригнічення росту, навіть негативне значення μ . Це важливе спостереження, але варто було б обговорити можливі механізми токсичного впливу фосфатів у високій концентрації.

3. Використання « SO_2 », « N_xO_y », «аніон», «оксид сульфуру» без пояснення, що саме мається на увазі, ускладнює сприйняття. Наприклад, не зовсім коректно говорити про «аніон SO_2 », оскільки в реальному середовищі сірка у воді присутня у вигляді сульфід- або сульфат-аніонів. Це потребує чіткого уточнення.

4. Не наведено жодного статистичного показника (стандартне відхилення, помилка, довірчі інтервали), хоча графік і таблиця містять числові дані.

5. Є лише загальне описове порівняння (зростає/зменшується), але відсутня спроба математично описати ефект (наприклад, через коефіцієнт зміни, приріст у % тощо).

6. Місцями втрачено конкретику: «аніон , » — незрозуміло, про які аніони йдеться. Це може бути технічною помилкою або місце для уточнення формул.

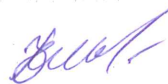
7. Невдалі звороти та тавтологія: Наприклад, «варіюючи значеннями концентрації активатора, при фіксованій концентрації інгібітора» — краще: «варіюючи концентрацію активатора за сталої концентрації інгібітора».

8. Загальний висновок

Приведені вище зауваження не впливають на обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не принижують наукової новизни одержаних результатів. Дисертація Мандрик Соломії на тему «Підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем шляхом знешкодження техногенного забруднення біологічним методом» є завершеною науковою роботою, основні положення якої не викликають заперечень. Здобувач Мандрик Соломія Тарасівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань *10 Природничі науки за спеціальністю 101 Екологія.*

Рецензент

Доктор технічних наук, професор,
професор кафедри екології та
збалансованого природокористування
Національного університету
“Львівська політехніка”



Віра САБАДАШ

Підпис д.т.н., професора
Віри САБАДАШ
“ЗАСВІЧУЮ”
Вчений секретар
Національного університету
“Львівська політехніка”



Роман БРИЛИНСЬКИЙ