

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»



Іван ДЕМИДОВ

2025 р.

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
«Підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем шляхом знешкодження
техногенного забруднення біологічним методом»
здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
101 Екологія (галузь знань 10 Природничі науки)**

Мандрик Соломії Тарасівни

**наукового семінару кафедри екології та збалансованого природокористування
Навчально – наукового інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола**

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 важливою проблемою людства. Промислові газові викиди, як інгредієнтні забрудники та електромагнітне короткохвилене 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 вирішенні 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 мікроводоростей можна переробити у біопаливо, що теж є дуже важливим чинником при виборі саме культури мікроводоростей. 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. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційна робота виконана згідно наукового напряму кафедри екології та збалансованого 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 мікроводоростей у природоохоронних технологіях», № державної реєстрації – 0123V101710

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Особистий внесок Мандрик С.Т. полягає в опрацюванні літературних джерел за темою дисертації, проведенні експериментальних досліджень, обробці та систематизації отриманих результатів та обґрунтуванні їх у висновках. Участь у підготовці для подання матеріалів патенту України на корисну модель. Постановка завдань, їхнє обговорення, планування експериментальних досліджень, формулювання ідей, контроль графіку виконання здійснено під керівництвом д.т.н., проф. Дячка В.В. Експериментальні та польові дослідження виконувались самостійно.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів підтверджується використанням перевірених теоретичних і експериментальних методів дослідження, статистичною обробкою даних та математичним моделюванням. Аналітичні рішення, отримані в ході моделювання, підтверджують відтворюваність результатів і їх відповідність природним процесам, що забезпечує наукову обґрунтованість висновків. Отримані результати апробовані в умовах промислових підприємств, а саме ТзОВ «Компанії «Центр ЛТД». Їх впровадження в освітній процес також свідчить про наукову та практичну цінність запропонованих рішень.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Ступінь новизни основних результатів дисертації полягає у подальшому розвитку та суттєвому вдосконаленні методів та заходів підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем біологічними методами. 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.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні положення та результати дисертації повністю відображені в наступних наукових працях:

Статті у наукових журналах, що входять до бази даних Scopus:

1. Dyachok V., Mandryk S., Katysheva V., Huhlych S.(2019). Effect of fuel combustion products on carbon dioxide uptake dynamics of chlorophyll synthesizing microalgae. *Journal of Ecological Engineering*. Volume 20, Issue 6, p. –18-24. <https://doi.org/10.12911/22998993/108695>.

2. Dyachok V.V., Mandryk S.T., Huhlych S.I., Slyvka M.M. (2020) Study on the impact of activators in the presence of an inhibitor on the dynamics of carbon dioxide absorption by

chlorophyll-synthesizing microalgae. *Journal of Ecological Engineering*. Volume 21, Issue 5, p. – 189-196. <https://doi.org/10.12911/22998993/122674>.

3. Dyachok V.V., Huhlych S.I., Mandryk S.T. (2021) About the optimal ratio inhibitor and activators of carbon dioxide sorption process by using chlorophyll-synthesizing *Chlorella* microalgae. *Journal of Ecological Engineering*. Volume 22, Issue 5, p.26-31. <https://doi.org/10.12911/22998993/135900>.

Статті у наукових фахових виданнях України:

4. Дячок В.В., Катишева В.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т. (2018). Інгібітори та активатори процесу поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. *Наукові праці ОНАХТ*. Том 82.- Вип.1. - С. 77-82. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v82i1.1010>.

5. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Катишева В.В., Гуглич С.І. (2018) Дослідження впливу оксидів нітрогену на швидкість поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями у водному середовищі. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» серія: «Хімія, технологія речовин та їх застосування»*. Том 886, с. 171-176.

6. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. (2018). Вивчення впливу електромагнітного випромінювання на приріст хлорофілсинтезуючих мікрободоростей. *Chemistry, Technology and Application of Substances / Хімія, технологія речовин та їх застосування*. Випуск 1, Номер 2: с.124-131.

7. Dyachok V., Mandryk S., Huhlych S. (2019). Activator of carbon dioxide absorption by chlorophyll-synthesizing microalgae. *Environmental Problems/ Екологічні проблеми*. Volume 4. – Number 2. – p. 63-67 <https://doi.org/10.23939/ep2019.02.063>.

8. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. (2019). Активатори процесу поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. *Наукові праці ОНАХТ*. Том 83.- Вип.1. - С.51-56. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1417>

9. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. (2019). Дослідження впливу оксиду фосфору на ефективність поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. *Chemistry, Technology and Application of Substances / Хімія, технологія речовин та їх застосування*. Випуск 2, Номер 2: с.142-147. <https://doi.org/10.23939/ctas2019.02.142>.

10. Дячок В.В., Мандрик С.Т. (2019). Вплив оксидів азоту на динаміку поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями за присутності оксиду сульфору. *Науковий вісник НЛТУ України*. Том 29. - № 9. - с. 46-49. <https://doi.org/10.36930/40290908>.

11. Dyachok V., Mandryk S., Huhlych S. (2020) The impact of microwave radiation in the processes of carbon dioxide absorption by chlorophyll-producing microalgae. *Environmental Problems/ Екологічні проблеми*. Volume 5. – Number 1. – p. 14-18. <https://doi.org/10.23939/ep2020.01.014>.

12. Дячок В.В., Мандрик С.Т. (2020) Роль оксидів нітрогену за присутності діоксиду сульфору в динаміці поглинання діоксиду карбону хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. *Chemistry, Technology and Application of Substances / Хімія, технологія речовин та їх застосування*. Volume 3. – Number 2. – p. 114-120. <https://doi.org/10.23939/ctas2020.02.114>.

13. Dyachok V., Mandryk S., Huhlych S. (2021) To the problems of wastewater treatment from mineral pollutants with the use of microalgae. *Environmental Problems/ Екологічні проблеми*. Volume 6. – Number 1. – p. 15-20. <https://doi.org/10.23939/ep2021.01.015>

Розділи колективних монографій

14. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. (2020). Застосування одноклітинних хлорофілсинтезуючих мікрободоростей *Chlorella* в природоохоронних технологіях. В: Колективна монографія «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування.» Львів: с.436-450.

15. Dyachok V.V., Mandryk S.T., Huhlych S.I., Vronska N. Yu. (2020) Application of the *chlorella* type microalgae for the wastewater treatment. Monografie «Water supply and

wastewater disposal: Designing, Construction, Operation and Monitoring» Politechnika Lubelska. – p.63-74.

16. Дячок В.В., Мандрик С.Т. (2023) В: Колективна монографія «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг»/ Water supply and wastewater disposal: designing, construction, operation and monitoring» Київ: Яроченко Я.В., 342 с.

17. Дячок В.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т. (2024) Вплив диоксиду сульфуру на процеси поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. В: Колективна монографія «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування.» Львів: 277-301.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

18. Дячок В.В., Катишева В.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т. Інгібітори та активатори процесу поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. XVII Міжнародна наукова конференція «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3-8 вересня 2018 року Одеса, Україна) с.77-82.

19. Дячок В.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т. Катишева В.В. Вивчення факторів впливу на процес поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями типу *Chlorella*. 5-й Міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (26-29 вересня 2018 року Львів, Україна).

20. Dyachok V., Mandryk S. Investigation of the influence of nitrogen oxides to increase chlorophyll synthesizing microalgae in aquatic environment. VIII Міжнародний молодіжний науковий форум “LITTERIS ET ARTIBUS” (22-24 листопада 2018 року Львів, Україна) с. 282-283.

21. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. Активатори процесу поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. VII Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні енерготехнології» (9-13 вересня, ОНАХТ, 2019 року, Одеса, Україна).

22. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. Застосування мікрободоростей типу *Chlorella* для очищення стічних вод. III Міжнародна науково-технічна конференція «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг» (23-25 жовтня, Національний університет «Львівська політехніка» 2019 року, Львів, Україна).

23. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. Інгібітори та активатори процесу поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями. Міжнародний науковий семінар в Інституті сталого розвитку ім. В. Чорновола (Національний університет «Львівська політехніка» 2019 року, Львів, Україна).

24. Dyachok V., Mandryk S. Influence of phosphorus oxide on the process of absorption of greenhouse gases by chlorophyll-synthesizing microalgae. IX Міжнародний молодіжний науковий форум “LITTERIS ET ARTIBUS” (21-23 листопада 2019 року, Львів, Україна) с.220-221.

25. Dyachok V., Mandryk S., Huhlych S. Influence of nitrogen oxides on the process of absorption of greenhouse gases by chlorophyll-synthesizing microalgae. 2-га Міжнародна наукова конференція “Хімічна технологія та інженерія – 2” (24-28 червня 2019 року, Львів, Національний університет «Львівська політехніка») с. 345-347 <https://doi.org/10.23939/cte2019.01.345>.

26. Дячок В.В., Мандрик С.Т., Гуглич С.І. Вплив оксиду фосфору на динаміку поглинання вуглекислого газу хлорофілсинтезуючими мікрободоростями за присутності діоксиду сульфуру. VI Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (23-25 вересня 2020 року Львів, Україна).

27. Мандрик С. Т., Дячок В. В., Гуглич С. І. Застосування мікрободоростей у відновлювальних та нетрадиційних джерелах енергії. Збірник матеріалів VIII Міжнародного

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації.

У кожному розділі дисертації вказуються публікації, у яких відображено результати досліджень цього розділу. Опубліковані роботи відображають основні положення дисертації. Аналіз їх змісту свідчить, що усі результати є повністю опубліковані та апробовані.

Основний зміст роботи, теоретичні та практичні результати, висновки і дослідження, які представлено до захисту, одержані автором особисто. Особисто здобувачеві належать наступні наукові результати: математичне моделювання приросту біомаси мікроводоростей *Chlorella vulgaris* за встановлених сумарних значень концентрацій SO_2 , N_xO_y і P_2O_5 ; розроблення технології поглинання вуглекислого газу за присутності інших парникових газів із залученням мікроводоростей *Chlorella vulgaris*.

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних та науково-технічних конференціях:

1. XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3-8 вересня 2018 року Одеса, Україна, с.77-82);

2. 5-му Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (26-29 вересня 2018 року Львів, Україна);

3. VIII Міжнародному молодіжному науковому форумі “LITTERIS ET ARTIBUS” (22-24 листопада 2018 року Львів, Україна, с. 282-283);

4. VII Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (9-13 вересня, ОНАХТ, 2019 року, Одеса, Україна);

5. III Міжнародній науково-технічній конференції «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг» (23-25 жовтня, Національний університет «Львівська політехніка» 2019 року, Львів, Україна);

6. Міжнародному науковому семінарі в Інституті сталого розвитку ім. В. Чорновола (Національний університет «Львівська політехніка» 2019 року, Львів, Україна);

7. IX Міжнародному молодіжному науковому форумі “LITTERIS ET ARTIBUS” (21-23 листопада 2019 року, Львів, Україна с.220-221); 2-га Міжнародна наукова конференція “Хімічна технологія та інженерія – 2” (24-28 червня 2019 року, Львів, Національний університет «Львівська політехніка», с. 345-347);

8. VI Міжнародному конгресі «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (23-25 вересня 2020 року Львів, Україна);

9. VIII Міжнародному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (16–18 жовтня 2024, Україна, Львів. – 2024. С. 115.)

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Наукове значення виконаного дослідження полягає у розробленні методів та заходів підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем біологічними методами. Отримані результати мають міждисциплінарний характер і можуть бути використані в таких наукових галузях:

- екологічна безпека (розроблення методів очищення антропогенного забруднення атмосферного повітря біологічними методами);
- технічна екологія (удосконалення обладнання та технологій очищення повітря

біологічними методами);

Результати дослідження можуть бути інтегровані в освітній процес при викладанні навчальних курсів:

- «Екологічна безпека промислових підприємств» (розділи, пов'язані з способами знешкодження антропогенного забруднення біологічними методами);
- «Техногенна екологія та сталий розвиток» (тема скорочення викидів парникових газів в атмосферу).

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Показана можливість очищення газу біометанізації від сірководню та аміаку за участі мікроводоростей *Chlorella vulgaris*.

Отримані результати експериментальних досліджень дозволили змоделювати метод очищення промислових газових викидів із залученням МЕМ опромінення 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 та покращити стан антропоєкосистем.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Структура дисертації викладена послідовно. Дисертація складається із анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, рисунків, таблиць, додатків. Написана українською мовою, читається порівняно легко, стиль викладення є доступним. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

Під час обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо сутності роботи.

11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри екології та збалансованого природокористування Навчально – наукового інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола ухвалили:

11.1. Дисертація Мандрик Соломії Тарасівни на тему «Підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем шляхом знешкодження техногенного забруднення біологічним методом» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання щодо розроблення методів та заходів підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем біологічними методами, а саме вивчення впливу електромагнітного випромінювання на приріст біомаси мікроводоростей, а також дослідження що до поглинання вуглекислого газу та супутніх парникових газів, а саме оксидів нітрогену, оксидів фосфору, диоксиду сульфуру та сірководню мікроводоростями *Chlorella vulgaris*, що має важливе значення для галузі знань *10 Природничі науки*.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 17 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, зокрема 3, що належать до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 10 наукових статей у наукових фахових виданнях України, 4 розділи у монографіях.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення

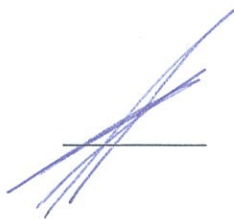
академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Мандрик Соломії Тарасівни дисертація на тему «Підвищення рівня екологічної безпеки антропоєкосистем шляхом знешкодження техногенного забруднення біологічним методом» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	(сімнадцять)
проти	-	(немає)
утримались	-	(немає)

Головуючий
на міжкафедральному науковому
семінарі Інституту сталого розвитку
ім. В'ячеслава Чорновола,
професор кафедри екології та
збалансованого природокористування,
д.т.н., професор



МирославМАЛЬОВАНІЙ

Рецензенти:

професор кафедри екології та
збалансованого природокористування,
д.т.н., професор



Віра САБАДАШ

старший науковий співробітник
кафедри екології та збалансованого
природокористування,
д.т.н., доцент



Ігор БОРДУН

Відповідальний у ННІ за атестацію
PhD,
професор кафедри екології та
збалансованого природокористування,
д.т.н., професор



Віра САБАДАШ

" 24 " 04 2025р.