



ЗАТВЕРДЖУЮ

Професор з наукової роботи
Національного університету
"Львівська політехніка"

Іван ДЕМІДОВ

2024 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації доцента кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету "Львівська політехніка", кандидата сільськогосподарських наук Івана ТИМЧУКА

на тему "Науково-методологічні основи біологічної рекультивації та ремедіації із використанням техногенних органовмісних відходів", поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету "Львівська політехніка" (протокол № 10 від 26 березня 2023 р.) рецензенти, а саме:

- **Бордун Ігор Миколайович**, старший науковий співробітник кафедри екології та збалансованого природокористування, доктор технічних наук, доцент;
 - **Дячок Василь Володимирович**, професор кафедри екології та збалансованого природокористування, доктор технічних наук, професор;
 - **Гумницький Ярослав Михайлович**, професор кафедри екології та збалансованого природокористування, доктор технічних наук, професор,
- розглянувши докторську дисертацію ТИМЧУКА Івана Степановича "Науково-методологічні основи біологічної рекультивації та ремедіації із використанням техногенних органовмісних відходів" (тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Національного університету "Львівська політехніка" "27" жовтня 2020 р., протокол №66), наукові публікації, в яких висвітлено основні наукові результати, а також за результатами фахового семінару кафедри екології та збалансованого природокористування Інституту сталого розвитку ім. В. Чорновола Національного університету "Львівська політехніка" (протокол № 2 від 29 березня 2024 р.), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів докторської дисертації:

1. Дисертація Івана ТИМЧУКА на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 *Екологічна безпека*, є кваліфікованою науковою працею, представленою у вигляді наукової доповіді, характеризується єдністю змісту, відповідає принципам академічної доброчесності, підготовлена здобувачем самостійно. За обсягом, актуальністю, рівнем наукової новизни та практичної цінності робота відповідає вимогам п. 7-9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

2. **Актуальність теми дослідження.** Утворення та накопичення відходів є однією із найголовніших проблем сучасного суспільства. Накопичуючись в місцях спеціального та несанкціонованого зберігання ці відходи негативно впливають не лише на стан навколишнього середовища (можливість виникнення пожеж, виділення парникових газів, забруднення ґрунтів та підземних вод важкими металами та іншими небезпечними речовинами), а й на здоров'я людей. Одним із видів таких небезпечних відходів є органічні відходи. Тому впродовж останніх десятиліть багато науковців приділяють увагу можливості їх вторинного використання. Особливу увагу можливості повторного використання відходів надають осадам стічних вод (ОСВ), які утворюються після стадії біологічного очищення стічних вод. У розвинених країнах світу вже давно успішно використовують осади стічних вод в різних галузях промисловості: як добриво у сільському господарстві, як компонент живильних сумішей для рекультивації кар'єрів та звалищ, для виробництва будівельних матеріалів, для отримання біопалива та електроенергії та для виділення цінних компонентів (азоту, фосфору тощо). В Україні, на відміну від багатьох країн світу, ситуація із використанням осадів стічних вод є досить актуальною, оскільки, на її території накопичено вже більше 1 млрд. т. осадів, до яких щороку додається ще близько 40–50 млн. м³ ОСВ вологістю 97 % або 1,2–1,5 млн. т. осадів у перерахунку на суху речовину. У зв'язку з цим виникає необхідність визначити оптимальний спосіб їх утилізації. Одним із таких способів може стати використання осадів у складі субстрату для проведення біологічної рекультивації порушених земель. Використання такого способу дозволить вирішити одразу декілька екологічних та економічних проблем: зменшення кількості осадів, відновлення порушених земель та зниження затрат, необхідних для проведення біологічної рекультивації.

3. **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка» з назвою «Природоохоронні технології з використанням природних

дисперсних сорбентів та мінеральних добрив пролонгованої дії» та виконувалась в межах науково-дослідної роботи кафедри екології та збалансованого природокористування «Науково-теоретичні основи створення засобів біологічної рекультивації із використанням техногенних відходів», номер державної реєстрації 0119U101394. Дослідження проводились в межах виконання проекту Національного фонду досліджень України, конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих вчених» (реєстраційний номер 2020.02/0177), «Розробка комплексної технології отримання та використання субстратів на основі органовмісних відходів і природних сорбентів для потреб біологічної рекультивації та ремедіації техногенно порушених земель» (Державний реєстраційний номер: 0120U105238) та госпдоговірної роботи «Розробка рекомендацій щодо перспективних шляхів використання заскладованого на Львівських КОС відпрацьованого активного мулу» (замовник ТЗОВ «Компанія «Центр ЛТД»).

4. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів. Дисертанту належить ідея досліджень і планування напрямків досліджень. Всі експерименти виконувалися здобувачем особисто або за безпосередньої участі із співавторами статей. Особисто здобувачем проводились теоретичні узагальнення та експериментальні дослідження процесів утилізації органічних відходів з метою створення субстратів для біологічної рекультивації, а також формувались висновки та узагальнення на основі аналізу проведених досліджень. У всіх наукових роботах, опублікованих у співавторстві, автор дисертації безпосередньо брав участь у постановці завдань, проведенні експериментальних та теоретичних досліджень, обробці, аналізі, інтерпретації результатів, формулюванні висновків робіт. Внесок автора у працях, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

5. Ступінь використання у дисертації матеріалів і висновків кандидатської дисертації здобувача. У докторській дисертації «Науково-методологічні основи біологічної рекультивації та ремедіації із використанням техногенних органовмісних відходів» матеріали кандидатської дисертації «Агроекологічна оцінка капсульованих мінеральних добрив в умовах заходу України» Тимчука Івана Степановича не використовувались.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації. Висвітлені в дисертації Тимчука І.С. наукові положення, висновки та рекомендації є експериментально та теоретично обґрунтованими, достовірними та апробованими. Обґрунтування наукових положень, розвинутих в дисертації, базується на глибокому теоретичному аналізі

досліджених явищ та процесів у комплексі експериментальних досліджень, які було проведено на сучасному рівні. Останнє підтверджується значним обсягом експериментальних досліджень, отриманих із використанням сучасного науково-дослідного обладнання та сучасних контрольно-вимірювальних приладів, та забезпечується використанням фундаментальних положень процесів очищення та рекультивації порушених земель, а також зіставлення отриманих результатів із даними інших дослідників. Отримані результати апробовані на авторитетних міжнародних вітчизняних та закордонних конференціях.

7. Наукова новизна одержаних результатів.

У роботі вперше:

- розроблено науково-теоретичні основи системного підходу до створення рекультиваційних субстратів на основі осадів стічних вод, утворених за різних умов і різних технологій очищення каналізаційних стічних вод, що дозволяє утилізувати відходи, накопичення і складування яких спричиняє екологічну небезпеку;
- встановлено оптимальні параметри для створення стабільного за властивостями субстрату на основі компонентів “осади стічних вод – природні сорбенти – ґрунт” методом прямого перемішування, що дозволяє впровадити технологічні рішення його застосування та зменшення екологічних ризиків під час утилізації осадів;
- розроблено математичну модель адсорбції забруднювачів сорбентами, які є компонентами ростового субстрату для рекультивації, що дозволило визначити оптимальний час для адсорбційного видалення іонів важких металів під час ремедіації;
- експериментально встановлено та визначено оптимальні параметри аеробного біокомпостування сумішей, на основі композиції “осади стічних вод – подрібнена деревина – активований біокомпост”, це дозволило розробити екологічно безпечний метод переробки осадів стічних вод, із отриманням вискоєфективного субстрату для відновлення деградованих земель;
- розроблено типові рецептури ростових субстратів на основі біокомпостів, необроблених та анаеробно зброджених осадів стічних та природних сорбентів для біологічної рекультивації та ремедіації різних типів техногенно порушених земель;
- експериментально підтверджено якісні характеристики розробленого ростового субстрату для біологічної рекультивації та ремедіації шляхом аналізу даних дрібноділянкових польових та біоіндикаційних лабораторних досліджень;
- встановлено оптимальні технологічні параметри для створення гранульованого органо-мінерального добрива тривалої дії на базі курячого

посліду та природних сорбентів, що дозволило розробити екологічно безпечний спосіб утилізації відходів птахофабрик внаслідок застосування їх у рекультиваційних технологіях.

Отримало подальший розвиток:

- дослідження фізико-хімічних та санітарно-мікробіологічних параметрів заскладованих осадів стічних вод мулового поля ЛМКП «Львівводоканал»;
- дослідження мікробіологічного складу та біоіндикаційні дослідження компостів, одержаних із сумішей осадів стічних вод різного складу, для створення ростових субстратів;
- дослідження впливу параметрів аеробного біокомпостування та анаеробного зброджування на зміну санітарних мікробіологічних показників для органо-мінеральних сумішей на основі осадів стічних вод;
- дослідження використання ростових субстратів на основі осадів стічних вод та органо-мінеральних добрив, створених із використанням відходів птахофабрик, як компонентів для біологічної стадії рекультивації.

8. Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати досліджень можуть бути використані: органами державної та виконавчої влади, місцевого самоврядування, приватними інвесторами та підприємствами, які займаються гірничодобувною та геологорозвідувальною роботою для проведення біологічної рекультивації порушених земель (териконів, покинутих кар'єрів, сміттєзвалищ). Результати досліджень захищені чотирма патентами України на корисну модель.

Результати досліджень передані ТзОВ «Компанія «Центр ЛТД» для використання у заходах із утилізації ОСВ, що підтверджується відповідним актом. Результати встановлення оптимальних параметрів для проведення процесу аеробного біокомпостування за різних рецептур сировини передані ЛКП «Зелене місто», яке є оператором першої в Україні компостувальної станції, а також Грибовицького полігону ТПВ. Передано результати дисертаційної роботи Департаменту екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації, які можуть використовуватися для утилізації органічних відходів та при плануванні оптимальних технологій рекультивації відпрацьованих полігонів ТПВ. Результати проведеного раціонального балансування складу та підбору відповідних компонентів для створення субстратів з ціллю вирішення завдань рекультивації та ремедіації об'єктів різних типів передано до Лабораторії екології, Інституту сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використані у навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка», що

підтверджується відповідним актом, у програмі лекційних курсів: «Основи розробки екобезпечних виробництв»; «Біомоніторинг навколишнього середовища»; «Інновації в стратегіях захисту довкілля» для студентів спеціальності 101 *Екологія*; у програмі лекційного курсу «Інженерні основи екологізації виробництва» (тема «Управління відходами» та в програмі практичних занять цього курсу); а також у програмі лекційного курсу «Агроекологія» (тема «Рекультивация ґрунтів», а також в програмі практичних занять цього курсу).

9. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях. Дисертація Тимчука Івана Степановича містить особисто отримані здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць, опублікованих за її матеріалами, відповідають постанові Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року “Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів”, що затверджує “Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”.

Основні положення й наукові результати дисертації викладено у 121 науковій праці, з яких: одна колективна монографія, 14 розділів в колективних монографіях, 66 наукових статей, зокрема 35 статей у наукових виданнях, що входять у наукометричну базу даних SCOPUS, 31 стаття у наукових фахових виданнях України, 36 тез доповідей на міжнародних, всеукраїнських конференціях, семінарах та чотири патенти на корисну модель.

Статті у наукових виданнях, що входять у наукометричну базу даних SCOPUS

1. **Тимчук І., Shkvirko O., Sakalova Г., Malovanyu M., Dabizhuk T., Shevchuk O., Matviichuk O., Vasylynych T.** Wastewater a source of nutrients for crops growth and development. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, iss. 5. P. 88–96.
2. **Katkov M., Yurchenko A., Ponomarenko I., Malovany M., Tymchuk I.** Innovative bioremediation technology of lands polluted with chlororganic pesticides. *Ecologia Balkanica*. 2020. Vol. 12, iss. 2. P. 21–30.
3. **Malovanyu M., Palamarchuk O., Trach I., Petruk H., Sakalova H., Soloviy K., Vasylynych T., Tymchuk I., Vronska N.** Adsorption extraction of chromium ions (III) with the help of bentonite clays. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, iss. 7. P. 178–185.
4. **Malovanyu M.S., Synelnikov S.D., Nagurskiy O.A., Soloviy K.M., Tymchuk I.S.** Utilization of sorted secondary PET waste - raw materials in the context of sustainable development of the modern city. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 907: Innovative technology in architecture and design (ITAD 2020), 21–22 May 2020, Kharkiv, Ukraine, 012067.
5. **Тимчук І., Malovanyu M., Shkvirko O., Vankovych D., Odusha M., Bota O.** Monitoring of the condition of the accumulated sludge on the territory of Lviv

wastewater treatment plants. GeoTerrace-2020: міжнародна науково-технічна конференція молодих професіоналів, 7–9 грудня 2020 р., Львів. 2020, Vol. 2020, P.1–5

6. **Tymchuk I.**, Malovanyy M., Shkvirko O., Zhuk V., Masikevych A., Synelnikov S. Innovative creation technologies for the growth substrate based on the man-made waste - Perspective way for Ukraine to ensure biological reclamation of waste dumps and quarries. International Journal of Foresight and Innovation Policy. 2020. Vol. 14, iss. 2-4. P. 248–263.

7. Malovanyy M., Moroz O., Popovich V., Kopyi M., **Tymchuk I.**, Sereda A., Krusir G., Soloviy C. The perspective of using the "open biological conveyor" method for purifying landfill filtrates. Environmental, Nanotechnology, Monitoring and Management. 2021. Vol. 16. 100611.

8. Shkvirko O., **Tymchuk I.**, Malovanyy M., Bota O. Content of heavy metals in sewage sludge at silt fields of Lviv wastewater treatment plants. GeoTerrace-2021: міжнародна науково-технічна конференція молодих професіоналів, 4–6 жовтня 2021 р., Львів, Україна. 2021. Vol. 2021, p.1–5

9. Nykyforov V., Maznytska O., Novokhatko O., Pasenko A., Malovanyy M., **Tymchuk I.** Laser pretreating of cyanobacteria biomass to produce lipids as a renewable energy source. Environmental Engineering and Management Journal. 2021. Vol. 20, iss. 8. P. 1255–1262.

10. Korbut M., Malovanyy M., Davydova I., Grechanik R., **Tymchuk I.**, Popovych O. Assessment of the condition of pine plantations in the area of influence of municipal waste landfills on the example of the Zhytomyr landfill, Ukraine. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2021. Vol. 22, iss. 5. P. 40–46.

11. Malovanyy M., Kanda M., Paraniak R., Odnorih Z., **Tymchuk I.** The strategy of environmental danger minimization from poultry farms waste. Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22, iss. 5. P. 229–237.

12. **Tymchuk I.**, Malovanyy M., Shkvirko O., Yatsukh K. Sewage sludge as a component to create a substrate for biological reclamation. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2021. Vol. 22, iss. 4. P. 101–110.

13. Malovanyy M., Korbut M., Davydova I., **Tymchuk I.** Monitoring of the influence of landfills on the atmospheric air using bioindication methods on the example of the Zhytomyr landfill, Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22, iss. 6. P. 36–49.

14. **Tymchuk I.**, Malovanyy M., Shkvirko O., Chornomaz N., Popovych O., Grechanik R., Symak D. Review of the global experience in reclamation of disturbed lands. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2021. Vol. 22, iss. 1. P. 24–30.

15. Vankovych D., Bota O., Malovanyy M., Odusha M., **Tymchuk I.**, Sachnyk I., Shkvirko O., Garasymchuk V. Assessment of the prospects of application of sewage sludge from Lviv wastewater treatment plants for the purpose of conducting the

- biological reclamation. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22, iss. 2. P. 134–143.
16. Rusyn I., Malovanyy M., **Tymchuk I.**, Synelnikov S. Effect of mineral fertilizer encapsulated with zeolite and polyethylene terephthalate on the soil microbiota, pH and plant germination. *Ecological Questions*. 2021. Vol. 32, iss. 1. P. 1-12.
17. Malovanyy M., Voytovych I., Mukha O., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Soloviy C. Potential of the co-digestion of the sewage sludge and plant biomass on the example of Lviv WWTP. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 23, iss. 2. P. 107–112.
18. Havryshko M., Popovych O., Yaremko Г., **Tymchuk I.**, Malovanyy M. Analysis of prospective technologies of food production wastewater treatment. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 23, iss. 2. P. 33–40.
19. Kovalenko Y., Katkov M., Ponomarenko I., Malovanyy M., **Tymchuk I.** Utilization of drainage water heat in flooded urban areas. *Ecological Questions*. 2022. Vol. 33, iss. 2. P. 31-41.
20. **Tymchuk I.**, Malovanyy M., Bota O., Shkvirko O., Popovych O. Biological reclamation using a sewage sludge-based substrate – a way to ensure sustainable development of urban areas. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 23, iss. 1. P. 34–41.
21. Malovanyy M., Zhuk V., Boichyshyn L., **Tymchuk I.**, Vronska N., Grechanik R. Integrated aerobic-reagent technology for the pre-treatment of leachates from municipal solid waste landfills. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 23, iss. 1. P. 135–141.
22. Malovanyy M., Chornomaz N., Bordun I., **Tymchuk I.**, Zaharko J. Integrated process of ammonium ion adsorption by natural dispersed sorbents. *Key Engineering Materials*. 2022. Vol. 925. P. 125–133.
23. Malovanyy M., Masikevych A., Masikevych Y., Blyzniuk M., **Tymchuk I.**, Zhuk V., Hnatush S., Kharlamova O., Iurchenko V., Vlasyk L. Use of microbiocenosis immobilized on carrier in technologies of biological treatment of surface and wastewater. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23, iss. 9. P. 34–43.
24. Malovanyy M., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Grechanik R., Sereda A., Sliusar V., Marakhovska A., Vronska N., Kharlamova O., Heletiy V. Efficiency of two-stage aerobic-reagent technology for the pre-treatment of different age leachates of municipal solid waste landfills. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2022. Vol. 6. 100255.
25. Malovanyy M., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Sliusar V., Vronska N., Marakhovska A., Sereda A. Optimal parameters for reagent treatment of Hrybovychi landfill leachates at the pilot-scale treatment plant. *Ecological Questions*. 2022. Vol. 33, iss. 3. P. 89–97.
26. Malovanyy M. S., Odnorih Z. S., **Tymchuk I. S.**, Dziurakh Y. M., Wojciech L. Investigation of clinoptylolite on exchange capacity relative to copper and zinc ions in conditions of ideal intermixing mode. *Key Engineering Materials*. 2022. Vol. 925. P. 151–158.

27. Storoshchuk U., Malovanyy M., **Tymchuk I.** Substrates based on composted sewage sludge for land recultivation. *Ecological Questions*. 2022. Vol. 33, iss. 4. P. 1–16.
28. Burdenyuk I., Masykevich A., Dombrovskiy K., Rylskiy O., Masikevych Y., Deyneka S., Malovanyy M., **Tymchuk I.** Sanitary, microbiological condition, and ecological state of surface water quality in the upper Siret River basin (Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. Vol. 24, iss. 9. P. 55–63.
29. Malovanyy M., Paraniak R., **Tymchuk I.**, Zhuk V., Ablieieva I., Korbut M., Dziurakh Y., Zhylishchych Y. Disposal of pine wood waste by pelleting with sulphate soap binder. *Pollack Periodica*. 2023. Vol. 19: №1, P. 47–52
30. Malovanyy M., Storoshchuk U., **Tymchuk I.**, Popovych V., Yevtushenko S., Lutek W. Strategic planning for solving problems in the field of municipal solid waste management as a necessary condition for sustainable development of the city. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2490, iss. 1: 5th International scientific and practical conference "Innovative technology in architecture and design" (ITAD-2021), 20–21 May 2021, Kharkiv, Ukraine. 060020.
31. Malovanyy M., **Tymchuk I.**, Zhuk V., Kochubei V., Balandiukh I., Grechanik R., Kopyi M. Mesophilic anaerobic digestion of broadleaf cattail suspensions using the fermented residues of yeast production as inoculum *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2023. Vol. 8. 100360.
32. Malovanyy M., Vronska N., **Tymchuk I.**, Zhuk V., Moroz O., Chornomaz N. The use of binders of natural origin to improve the technology of creating fuel briquettes from wood waste. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24, iss. 11. P. 314–320.
33. Malovanyy M., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Grechanik R., Sliusar V., Vronska N., Marakhovska A., Sereda A. Pilot-scale modelling of aerated lagoon technology for the treatment of landfill leachate: Case study Hrybovychi Plant. *Environment and Natural Resources Journal*. 2023. Vol. 21, iss. 1. P. 1–8
34. Malovanyy M., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Zavoyko B., Grechanik R., Sliusar V., Vronska N., Marakhovska A., Sereda A. Optimal pre-treatment of moderately old landfill leachate at the pilot-scale treatment plant using the combined aerobic biochemical and reagent method. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, iss. 6. e16695.
35. **Tymchuk I.**, Malovanyy M., Zhuk V., Kochubei V., Yatsukh K., Luchyt L. Towards increasing the utilization of anaerobic digestate from biogas production in agrotechnologies. *Ecological Questions*. 2023. Vol. 34, iss. 4. P. 1–18.

Статті у наукових фахових виданнях України

36. Карпенко І. В., Мідяна Г. Г., Карпенко О. Я., **Тимчук І. С.**, Баранов В. І. Перспективи рамноліпідних поверхнево-активних речовин у технологіях вирощування соняшника. *Вісник Національного університету "Львівська*

- політехніка". Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2016. № 841. С. 163–167.
37. **Тымчук І.**, Malovanyu M., Holets N. Decreasing anthropogenic pressure on soil microflora by using capsulated fertilizers. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2017. Vol. 2, № 2. P. 77–81.
38. **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Яцух К. І. Використання капсульованих мінеральних добрив для зниження антропогенного тиску на ґрунтову мікрофлору. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 128–140.
39. Одноріг З. С., **Тимчук І. С.**, Жидун В. І. Використання SimaPro 8 для порівняльного аналізу впливу різних типів автомобілів на довкілля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 11. С. 64–67.
40. **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Яцух К. І. Використання мінеральних капсульованих добрив для оптимізації живлення картоплі та збереження природних ресурсів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 132–144.
41. Shkvirko O., **Тымчук І.**, Malovanyu M. The use of bioindication to determine the possibility of sludge recovery after biological treatment of wastewater. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2018. Vol. 3, № 4. P. 258–264.
42. Kanda M., Malovanyu M., **Тымчук І.**, Odnorih Z. Evaluation of the degree of environmental hazard from environmental pollution in the area of poultry farms impact. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2019. Vol. 4, № 3. P. 161–166.
43. Synelnikov S., Soloviy K., Malovanyu M., **Тымчук І.**, Nahurskyu O. Improvement of environmental safety of agricultural systems as a result of encapsulated mineral fertilizers implementation. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2019. Vol. 4, № 4. P. 222–228.
44. **Тымчук І.**, Kanda M., Malovanyu M. Utilising organic-mineral fertilisers produced from man-made waste of poultry farms. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2019. Vol. 4, № 1. P. 57–62.
45. Shkvirko O. M., **Тымчук І. С.**, Malovanyu M. C. Overview: The prospect of the use of energy crops for biological reclamation of disturbed lands. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2019. Vol. 4, № 2. P. 91–96.
46. Шквірко О. М., **Тимчук І. С.**, Мальований М. С. Адаптація світового досвіду утилізації осадів стічних вод до екологічних умов України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 2. С. 82–87.
47. **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Серета А. С., Яцух К. І. Випробування добрив, покритих оболонкою з техногенних відходів, на посівах сої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 38–53.
48. Nahurskyu O., Malovanyu M., Synelnikov S., **Тымчук І.**, Krylova G. Study of the properties of ANP fertilizer encapsulated with the use of modified waste of PET. *Environmental Problems = Екологічні проблеми*. 2020. Vol. 5, № 1. P. 35–38.

49. Нагурський О. А., **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Синельников С. Д., Крилова Г. В. Технологічні особливості капсулювання гранульованих добрив плівкою на основі модифікованого ПЕТФ. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30, № 2. С. 77–82.
50. Synelnikov S., Malovanyu M., Nahurskyu O., Luchyt L., Petrushka K., **Тимчук І.**, Stokaliuk O. Theoretical and practical aspects of the efficiency of application of mineral fertilizers encapsulated with polyethylene terephthalate. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2020. Vol. 5, № 2. P. 95–101.
51. Storoshchuk U., Malovanyu M., **Тимчук І.** Composting as one of the prospective methods of recycling the organic component of municipal solid waste. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2020. Vol. 5, № 3. P. 167–173.
52. Мальований М. С., Афтаназів І. С., **Тимчук І. С.**, Баландюх Ю. А., Жук В. М., Копій М. Л. Оцінка стадій життєвого циклу гідробіонтів у технологіях очищення поверхневих та стічних вод. Екологічні науки. 2020. № 6 (33). С. 23–28.
53. Malovanyu M., **Тимчук І.**, Balandiukh I., Soloviy K., Zhuk V., Kopyi M., Stokaliuk O., Petrushka K. Optimum collection and concentration strategies of hydrobionts excess biomass in biological surface water purifying technologies. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2021. Vol. 6, № 1. P. 40–47.
54. Афтаназів І. С., Баландюх Ю. А., Мальований М. С., **Тимчук І. С.**, Жук В. М., Копій М. Л. Вплив віброкавітаційного оброблення суспензії ціанобактерій на інтенсивність синтезу біогазу. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. Т. 31, № 1. С. 99–104.
55. Баландюх Ю. А., Мальований М. С., **Тимчук І. С.**, Жук В. М., Копій М. Л. Збір та концентрування гідробіонтів в технології очищення поверхневих та стічних вод методом розімкнутого біологічного конвеєра. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2021. Вип. 1 (126). С. 33–39.
56. Яцук К. І., Ващишин О. А., Пристацька О. Н., **Тимчук І. С.** Ефективність протруйників проти корневих гнилей пшениці озимої. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 70, ч. 1. С. 166–182.
57. Storoshchuk U., Maliovanuu M., **Тимчук І.**, Luchyt L. Analysis of the main methods of solid waste management. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2021. Vol. 6, № 4. P. 238–243.
58. Ratushniak M., **Тимчук І.**, Berezyuk D., Malovanyu M. Improvement of the municipal solid waste disposal system in Ukraine, on the example of the town of Chortkiv, Ternopil region. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2021. Vol. 6, № 4. P. 275–280.
59. Malovanyu M., Zhuk V., **Тимчук І.**, Vronska N., Zavoyko B., Senkovych O. Prospects of cleaning filtrates by aerobic-reagent method on the example of Lviv region. Environmental Problems. 2021. Vol. 6, № 4. P. 264–269.
60. Жук В., Мальований М., Мисак І., **Тимчук І.**, Мушалла Д., Піхлер М. Часова та просторова нерівномірність випадання дощів при моделюванні поверхневого

стоку з урбанізованих територій. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. Т. 31, № 5. С. 67–73.

61. Гречаник Р. М., Мальований М. С., Тимчук І. С., Сторощук У. З. Оцінювання впливу мінеральних добрив і капсульованих ПЕТ на агроєкосистеми біологічної рекультивації порушених земель. Науковий вісник НЛТУ України. 2022. Т. 32, № 2. С. 40–44.

62. Grechanik R., Lutek W., Malovanyu M., Nahurskyu O., **Tymchuk I.**, Petrushka K., Luchyt L., Storoshchuk U. Obtaining environmentally friendly encapsulated mineral fertilizers using encapsulated modified PET. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2022. Vol. 7, № 2. P. 90–96.

63. Kravets I., Malovanyu M., **Tymchuk I.**, Shkvirko O. The influence of terrain, climatic conditions and factors on the atmospheric air monitoring system, based on the implementation of EU legislation on the example of Lviv region. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2023. Vol. 8, № 2. P. 94–100.

64. Liuta O., Malovanyu M., Vnukova N., **Tymchuk I.**, Zhelnovach G., Kordzadze T. Implementation of the European green strategy. synergy of educational, scientific, managerial and industrial components for climate management and climate change prevention. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2023. Vol. 8, № 1. P. 55–62.

65. **Tymchuk I.** Technical and technological aspects of biological reclamation using anthropogenic organic waste in composition with sewage sludge. Environmental Problems = Екологічні проблеми. 2023. Vol. 8, № 2. P. 126–132.

66. Яцух К. І., Пристацька О. Н., Нікішичева К., **Тимчук І. С.** Вплив комплексного застосування протруйника, стимулятора росту та мікродобрив для передпосівної обробки насіння на ураженість кореневими гнилями та продуктивність пшениці озимої. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 74 (1). С. 164–183.

Колективні монографії

67. Лозинський В. А., Мальований М. С., Серeda А. С., Сосса Р. І., **Тимчук І. С.** Наукові засади ведення моніторингу та рекультиваційних робіт на Грибовицькому сміттєзвалищі: колективна монографія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 392 с

Розділи у колективних монографіях

68. **Тимчук І.С.**, Мальований М.С., Бота О.А., Шквірко О.М. Моніторинг стану накопиченого мулу на території очисних споруд ЛМКП “Львівводоканал” / Колективна монографія “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, – Львів ТзОВ "ЗУКЦ" 2020. – С. 288-299.

69. Мальований М.С., Жук В.М., Тимчук І.С., Соловій Х.М., Вронська Н.Ю., Копій М.Л., Стокалюк О.В., Серета А.С. Застосування концепції розімкнутого біологічного конвеєра для очищення забруднених водних середовищ на прикладі фільтратів сміттєзвалищ / Колективна монографія “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, – Львів ТзОВ "ЗУКЦ" 2020. – С. 451-469.
70. Сторощук У.З., Мальований М.С., Тимчук І.С. Переробка органічної складової твердих побутових відходів методом компостування / Колективна монографія “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”, – Львів ТзОВ "ЗУКЦ" 2020. – С. 470-483.
71. Вронська Н.Ю., Бондар О.І., Мальований М.С., Попович О.Р., Тимчук І.С. Актуальні проблеми сталого розвитку. Екологічні та економічні наслідки зміни клімату/ Колективна монографія “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування” / за ред. проф. Мальованого М. С. – Київ : Яроченко Я. В., 2022 – С. 190-201
72. Попович О.Р., Вронська Н.Ю., Мальований М.С., Тимчук І.С. Огляд розвитку вітроенергетики як альтернативного джерела енергії в Україні і світі/ Колективна монографія “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування” / за ред. проф. Мальованого М. С. – Київ : Яроченко Я. В., 2022 – С. 229-242
73. Мальований М.С., Жук В.М., Тимчук І.С., Вронська Н. Ю., Слюсар В. Т., Мараховська А. О., Серета А. С. Технології пом'якшення зміни клімату: технології переробки фільтрату звалищ / Освіта, наука та промисловість на шляху до запобігання, адаптації та пом'якшення змін клімату: колективна монографія. – Харків: Смуґаста типографія, 2023. – С. 136-148.
74. Тимчук І. С., Мальований М. С., Шквірко О. М., Жук В. М. Аналіз відходів від біогазового виробництва та їх вплив на схожість культурних рослин / Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, / за ред. проф. Мальованого М. С. – Київ: Яроченко Я.В., 2023. – С. 283-305
75. Мальований М. С., Вронська Н. Ю., Тимчук І. С., Жук В. М. Використання звязуючого натурального походження для удосконалення технології створення паливних брикетів із деревних відходів/ Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, / за ред. проф. Мальованого М. С. – Київ: Яроченко Я.В., 2023. – С. 91-105
76. Мальований М. С., Тимчук І. С., Слюсар В. Т., Жук В. М., Сторощук У. З., Бойко Р. Я. Дослідження умов аеробного біокомпостування осадів стічних вод різного віку із додаванням рослинної сировини / Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, / за ред. проф. Мальованого М. С. – Київ: Яроченко Я.В., 2023. – С. 255-268
77. Malovanyu M., Tymchuk I., Soloviy Ch., Nykyforova O., Cherepakha D., Wójcik W., Shedreyeva I., Karnakova G.. Prospects for the Use of Cyanobacterial

Waste as an Organo-Mineral Fertilizer / Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals , – London, 2020. – p. 10

78. Zagirnyak M., Nykyforov V., Malovanyy M., **Tymchuk I.**, Soloviy Ch., Bogachuk V., Komada P., Kozbakova A., Amirgaliyeva Z. The Use of Cyanobacteria – Water Pollutants in Various Multiproduction / Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals , – London, 2020. – p. 10

79. Malovanyy M., **Tymchuk I.**, Zhuk V., Storoshchuk U., Grechanik R., Sliusar V., Soloviy Ch., Onyshkevych L. Obtaining compost for reclamation technologies of degraded areas with use of sewage sludge as a raw material/ Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring IV edited by Beata Kowalska and Dariusz Kowalski – Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2022, – P. 118-133

80. Malovanyy M., **Tymchuk I.**, Zhuk V., Mysak I., Pichler M., Muschalla D. Methods of hydrological and hydraulic modelling of the first flush of stormwater runoff from urban catchments: the analysis of Ukraine experience/ Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring IV edited by Beata Kowalska and Dariusz Kowalski – Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2022, – P. 134-152

81. Malovanyy M., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Vronska N., Sliusar V., Marakhovska A., Sereda A. Climate change mitigation technology: landfilled leachate processing technology/ Education, Science and Industry on the path to climate change prevention, adaptation and mitigation: collective monograph edited by N. Vnukova. G. Zhelnovach. Publ. House “Smugasta Typography” 2023, P. 128-140

Наукові праці, які свідчать про апробацію матеріалів дисертації:

82. Мальований М. С., Вольський В., Одуха М., **Тимчук І. С.**, Шквірко О. М., Жук В. М. Налагодження виробництва органо-мінеральних сумішей з осадів стічних вод каналізаційних очисних споруд // Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг : матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 18-20 жовтня 2017 р.). – 2017. – С. 69–70.

83. Мальований М. С., Шквірко О. М., **Тимчук І. С.** Використання техногенних відходів для рекультивациі (ремедіації) порушених земель // Ідеї академіка Вернадського і науково-практичні проблеми сталого розвитку освіти і науки : XVII Міжнародна науково-практична конференція, Кременчук 1-3 червня 2017 р. – 2017. – С. 101.

84. Шквірко О. М., **Тимчук І. С.** Біологічна рекультивациа порушених земель із використанням добрив утворених з техногенних відходів // Семінар "Сталий розвиток - погляд у майбутнє" : збірник матеріалів, Львів, 15 вересня 2017 р. : до 60-річчя доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри екології та збалансованого природокористування, заслуженого діяча науки і техніки України Мирослава Мальованого / Національний університет "Львівська

- політехніка", Інститут сталого розвитку імені Вячеслава Чорновола. – 2017. – С. 22.
85. Іващишин Я. А., **Тимчук І. С.**, Шквірко О. М., Мальований М. С., Попович В. В. Трансформація осадів відпрацьованого активного мулу в субстрат для біологічної рекультивації техногенно порушених земель // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : 5-й Міжнародний конгрес, Львів, 26-29 вересня 2018 р. : збірник матеріалів. – 2018. – С. 75.
86. Мальований М. С., **Тимчук І. С.** Визначення можливості використання осадів з Львівських КОС у якості субстрату для біологічної рекультивації // Проблеми екологічної безпеки : збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-технічної конференції (04–06 жовтня 2018 р., Кременчук). – 2018. – С. 85.
87. **Тимчук І. С.**, Мальований М. С. Можливість утилізації відпрацьованого активного мулу після біологічного очищення стічних вод // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 14 вересня 2018 р.). – 2018. – С. 213.
88. Шквірко О. М., **Тимчук І. С.**, Іващишин Я. А., Мальований М. С., Біннер Е. Біотестування експериментального субстрату на основі ґрунту та техногенних відходів // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : 5-й Міжнародний конгрес, Львів, 26-29 вересня 2018 р. : збірник матеріалів. – 2018. – С. 155.
89. Popovych O., Vronska N., **Tymchuk I.** Disinfection of sewage from municipal wastewater treatment plants of Lviv // Chemical technology and engineering : proceedings of the 2nd International scientific conference, June 24–28th, 2019, Lviv, Ukraine. – 2019. – С. 342–344.
90. Rodzkin A., Malovanyu M., Zhuk V., **Tymchuk I.**, Mukha O. The assessment of fast-growing trees potential, for biological reclamation of soils degraded as a result of mining and industrial activity // Fast-growing trees and plants grown for energy purposes (theory and good practices of growing and energy use of biomass) : international scientific conference, September 4-5, 2019, Nitra. – 2019. – С. 35.
91. Shkvirko O. M., **Tymchuk I. S.**, Malovanyu M. S. Substrate creation from sewage sludge for biological reclamation of land // Ecobaltica: Abstracts Collection of the 16th International Youth Scientific and Environmental Forum of the Baltic Region, October 7-9, 2019, Gdansk. - 2019. - Pp. 92-94.
92. Shkvirko O., **Tymchuk I.**, Malovanyu M. Creation of a substrate for biological reclamation from used sewage sludge // VIII Міжнародний молодіжний науковий форум "Litteris et Artibus" & 13-та Міжнародна конференція "Молоді вчені до викликів сучасної технології" : матеріали, 22–24 листопада, 2018, Львів, Україна. – 2018. – С. 316–317.
93. Shkvirko O., **Tymchuk I.**, Malovanyu M. Substrate creation from sewage sludge for biological soil remediation // Actual environmental problems : proceedings of the

- IX International scientific conference of young scientists, graduates, master and PhD students, November 21–22, 2019 Minsk, Republic of Belarus. – 2019. – С. 216–217.
94. Shkvirko O., **Тимчук І.**, Malovanyu M., Popovych O. Man-made wastes – basis for biological reclamation // 9th International youth science forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Lviv, Ukraine, November 21–23, 2019. – 2019. – С. 224–229.
95. Барз М., Мальований М. С., Войтович І., Кабенгеле Г., Жук В. М., Муха О. В., **Тимчук І. С.** Перспективи впровадження в Україні біогазових установок, що працюють на комбінованій органічній сировині // Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні : збірник наукових праць десятої міжнародної науково-практичної конференції (4–5 квітня 2019 р., Львів). – 2019. – С. 69–70.
96. Мальований М. С., Синельников С. Д., **Тимчук І. С.**, Нагурський Н. О. Екологічно безпечні капсульовані мінеральні добрива пролонгованої дії // Проблеми екології та енергозбереження : матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції, 20–22 вересня 2019 року, Миколаїв. – 2019. – С. 93–94.
97. Мороз О. І., Мальований М. С., Нагурський О. А., Петрушка І. М., **Тимчук І. С.**, Синельников С. Д. Розкриття проблеми застосування інноваційних типів капсульованих добрив пролонгованої дії в навчальному курсі "Агроекологія" // Управління якістю підготовки фахівців : матеріали всеукраїнської науково-методичної конференції, 26–27 березня 2019 р., Україна, м. Одеса. – 2019. – С. 114–116.
98. Попович О. Р., Вронська Н. Ю., **Тимчук І. С.**, Слюсар В. Т. Зниження рівня екологічної небезпеки шляхом очищення муніципальних стічних вод // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : матеріали 79 Міжнародної науково-практичної конференції, 16–17.05.2019, Дніпро. – 2019. – С. 298–299.
99. Попович О. Р., Масловська О. Д., Гнатуш С. О., Вронська Н. Ю., **Тимчук І. С.**, Квасниця Р. В. Біологічні методи очищення промислових вод спиртзаводів // Проблеми екології та енергозбереження : матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції, 20–22 вересня 2019 року, Миколаїв. – 2019. – С. 32–33.
100. Шквірко О. М., **Тимчук І. С.**, Мальований М. С. Осад стічних вод – компонент субстрату для проведення біологічної рекультивациі земель // Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг : матеріали 3-ої Міжнародної науково-практичної конференції, 23-25 жовтня 2019 р., Львів. – 2019. – С. 250–251.
101. **Тимчук І.**, Soloviy S., Malovanyu M. Biological reclamation with the help of a substrate prepared on the basis of wastewater sediments // Inżynieria i kształtowanie środowiska : książka abstraktów IV Konferencji naukowo-technicznej, Zielona Góra, 30.10.2020. – 2020. – С. 78–79.
102. Мальований М. С., Нагурський О. А., Синельников С. Д., **Тимчук І. С.** Забезпечення утилізації відсортованих твердих побутових відходів – неодмінна

умова сталого розвитку сучасного міста // Інноваційні технології в архітектурі і дизайні : тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, 21–22 травня 2020 р., Харків. – 2020. – С. 257–259.

103. Сторощук У. З., Тимчук І. С., Мальований М. С. Актуальність сортування твердих побутових відходів та їх роздільний збір // Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : збірник матеріалів 6-го Міжнародного конгресу, Львів, 23–25 вересня 2020 року. – 2020. – С. 106.

104. Тимчук І., Голець Н., Середа А., Шквірко О. Біологічна рекультивация порушених земель та можливість використання в ній енергетичних культур // Сталий розвиток – стан та перспективи : матеріали II Міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2020, 12–15 лютого 2020 року, Львів-Славське, Україна. – 2020. – С. 93–94.

105. Шквірко О. М., Тимчук І. С., Zhekovich O., Мальований М. С. Перспектива використання осаду стічних вод для біологічної рекультивации порушених земель // Регіональні проблеми охорони довкілля : матеріали міжнародної наукової конференції молодих вчених, 1–3 червня 2020 р., Україна, м. Одеса. – 2020. – С. 174–177.

106. Шквірко О. М., Тимчук І. С., Мальований М. С. Використання субстрату на основі осадів стічних вод для біологічної рекультивации порушених земель // Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу : матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 5–6 грудня 2019 р. – 2019. – С. 133–134.

107. Tymchuk I., Malovanyu M., Zhuk V., Sliusar V., Storoshchuk U., Lyuta O. Composting of organic waste – an effective method of their disposal and a prospective factor of slowing climate change (on the example of Lviv) // Climate services: science and education : conference proceedings of the International research-to-practice conference, 22–24 September 2021, Odesa, Ukraine. – 2021. – С. 57–58.

108. Мальований М. С., Тимчук І. С., Жук В. М., Сторощук У. З., Онишкевич Л. І., Гречаник Р. Комплексна технологія використання субстратів на основі органовмісних відходів і природних сорбентів для потреб біологічної рекультивации та ремедіації техногенно порушених земель // Екологія. Довкілля. Енергозбереження : збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції, присвячена 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2-3 грудня 2021 р. – 2021. – С. 231–233.

109. Тимчук І. С., Мальований М. С., Жук В. М., Сторощук У. З., Люта О. В. Львівський досвід збору та компостування органічних відходів // VIII-ий Міжнародний з'їзд екологів (Екологія / Ecology – 2021) : збірник наукових праць, 22–24 вересня, 2021, Вінниця. – 2021. – С. 162–164.

110. **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Сторощук У. З., Люта О. В. Збір та компостування органічних відходів як запорука сталого розвитку міста // Проблеми сталого розвитку : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 10-й річниці створення інституту (Львів-Зозулі, 22–23 жовтня 2021 р.). – 2021. – С. 33–35.
111. Шквірко О. М., **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Сторощук У. З. Використання субстрату на основі осадів стічних вод для проведення біологічної рекультивації – шлях до забезпечення сталого розвитку // Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 20–22 жовтня 2021 р., Львів. – 2021. – С. 94–95.
112. Мальований М. С., Жук В. М., **Тимчук І. С.**, Попович О. Р., Вронська Н. Ю., Сторощук У. З. Дослідження аеробного біокомпостування сировинної композиції на основі осадів стічних вод // Сталий розвиток – стан та перспективи : збірник матеріалів III Міжнародного наукового симпозіуму (Львів-Славське, 26–29 січня 2022 р.). – 2022. – С. 32–33.
113. Сторощук У. З., Мальований М. С., **Тимчук І. С.**, Жук В. М., Жозвіаковська К., Котис О. М. Утилізація осадів стічних вод технологією компостування - альтернативний метод на шляху до сталого розвитку // Регіональні проблеми охорони довкілля та збалансованого природокористування : матеріали міжнародної наукової конференції за участю молодих науковців 21–22 вересня 2022 р., Україна, Одеса. – 2022. – С. 133–136.
114. **Тимчук І. С.**, Мальований М. С., Вронська Н. Ю., Жук В. М., Серeda А. С. Сучасні підходи до утилізації органовмісних техногенних відходів // Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : збірник матеріалів VII Міжнародного конгресу, 12–14 жовтня 2022, Україна, Львів. – 2022. – С. 65.
115. Мальований М., Білокур М., **Тимчук І.**, Жук В., Бойко Р. Комплексна технологія отримання та використання субстратів на основі органовмісних відходів і природних сорбентів // Перші практичні дії та проблемні питання реалізації Закону України «Про управління відходами» : збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», 21–23 листопада 2023 р., Івано-Франківськ. – 2023. – С. 233–237.
116. **Тимчук І.**, Жук В., Сторощук У., Серeda А., Бордун І., Зима О. Науково-методичні основи біологічної рекультивації із використанням техногенних органовмісних відходів // Environment recovery and reconstruction: war context 2022 : collection of materials of International scientific and practical conference, 17–18 грудня 2022, Полтава. – 2022. – С. 102–103.
117. Мальований М. С., Білокур М., **Тимчук І. С.**, Жук В. М., Бордун І. М., Бойко Р. Я. Субстрати на основі компостованих органовмісних відходів і

природних сорбентів – ефективний матеріал для реанімації порушених воєнними діями земель // Сталій розвиток – стан та перспективи : збірник матеріалів IV Міжнародного наукового симпозиуму в рамках Еразмус+ Модуль Жан Моне «Концепція екосистемних послуг: Європейський досвід» («EE4CES»), 13–16 лютого 2024, Україна, Львів – Славське. – 2024. – С. 26–30.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

118. Никифоров В.В., Мальований М. С., Тимчук І.С., Пасенко А.В., Новохатько О.В. Спосіб вилучення ліпідів з біомаси ціанобактерій із застосуванням лазера : пат. 137244 UA. № u 2019 03571 ; заявл. 08.04.2019 ; опубл. 10.10.2019, Бюл. № 19. 4 с.

119. Мальований М.С., Синельников С.Д., Тимчук І.С., Нагурський О.А., Канда М.І., Шквірко О.М. Полімерна дисперсія для капсулювання добрив : пат. 142218 UA. № u 2019 10785 ; заявл. 31.10.2019 ; опубл. 25.05.2020, Бюл. № 10. 4 с.

120. Мальований М.С., Тимчук І.С., Копій М.Л., Жук В.М., Канда М.І., Святко І.М., Баландюх Ю.А. Спосіб очищення стічних вод за методом відкритого біологічного конвеєра : пат. 148262 Україна. № u202101013 ; заявл. 01.03.2021 ; опубл. 21.07.2021, Бюл. № 29. 4 с.

121. Гречаник Р.М., Мальований М.С., Шквірко О.М., Синельников С.Д., Тимчук І.С. Спосіб отримання полімерної дисперсії для капсулювання добрив: пат. 154870 Україна. № u202302588; заявл. 29.05.2023; опубл. 27.12.2023, бюл. № 52. 4 с.

10. Впровадження результатів наукових досліджень. Рекомендації щодо проектування технологічних схем обробки та утилізації осадів стічних вод та органомісних відходів різного генезису із отриманням субстратів для потреб біологічної рекультивациі та ремедіації техногенно-порушених земель передано в Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації, в Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України, в ТзОВ «Компанія «Центр ЛТД» та ЛКП «Зелене місто», що підтверджується актами передачі. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи використані у навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка».

11. Апробація основних результатів досліджень на конференціях, симпозиумах, семінарах тощо. Результати досліджень дисертаційної роботи було апробовано на XVII Міжнародній науково-практичній конференції “Ідеї академіка Вернадського і науково-практичні проблеми сталого розвитку освіти і науки” (Кременчук 1-3 червня 2017 р.); Науковому семінарі "Сталій розвиток -

погляд у майбутнє" (Львів, 15 вересня 2017 р.); 5-му Міжнародному конгресі "Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" (Львів, 26-29 вересня 2018 р.); XVI Міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми екологічної безпеки"(04–06 жовтня 2018 р., Кременчук); II Міжнародній науково-технічній конференції "Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг" (Львів, 18-20 жовтня 2017 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції "Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи" (Львів, 14 вересня 2018 р.); 2-й Міжнародній науковій конференції "Хімічна технологія та інженерія" (Львів, 24-28 червня 2019 р.); International scientific conference "Fast-growing trees and plants grown for energy purposes (theory and good practices of growing and energy use of biomass)" (Nitra, September 4-5, 2019); 16th International Youth Scientific and Environmental Forum of the Baltic Region "ECOBALTICA" (Gdansk, October 7-9, 2019); VIII Міжнародному молодіжному науковому форумі "Litteris et Artibus" & 13-й Міжнародній конференції "Молоді вчені до викликів сучасної технології" (Львів, 22–24 листопада 2018 р.); IX International scientific conference of young scientists, graduates, master and PhD students "Actual environmental problems" (November 21–22, 2019 Minsk); 9th International youth science forum "Litteris et Artibus" (Lviv, November 21–23, 2019); Всеукраїнській науково-методичній конференції "Управління якістю підготовки фахівців" (Одеса, 26–27 березня 2019 р.); 10-й міжнародній науково-практичній конференції "Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні" (4–5 квітня 2019 р., Львів); 79 Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту" Дніпро, 16–17 травня 2019 р.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми екології та енергозбереження" (Миколаїв, 20–22 вересня 2019 року); XIII Міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми екології та енергозбереження" (Миколаїв, 20–22 вересня 2019 р.); 3-ї Міжнародній науково-практичній конференції "Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг" (Львів, 23-25 жовтня 2019 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції "Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу" (Львів, 5–6 грудня 2019 р.); II Міжнародному науковому симпозиумі SDEV'2020 "Сталий розвиток – стан та перспективи" (Львів-Славське, 12–15 лютого 2020 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції "Інноваційні технології в архітектурі і дизайні" (Харків, 21–22 травня 2020 р.); Міжнародній науковій конференції молодих вчених "Регіональні проблеми охорони довкілля" (Одеса, 1–3 червня 2020 р.); 6-му Міжнародному конгресі "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" (Львів, 23 –25 вересня 2020 р.); IV Konferencji naukowo-technicznej "Inżynieria i kształtowanie

środowiska” (Zielona Góra, October 30, 2020); International research-to-practice conference “Climate services: science and education” (Odesa, 22–24 September 2021); VIII-му Міжнародному з’їзду екологів “Екологія / Ecology – 2021” (Вінниця, 22–24 вересня 2021 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції “Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг” (Львів, 20–22 жовтня 2021 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми сталого розвитку” (Львів-Зозулі, 22–23 жовтня 2021 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції “Екологія. Довкілля. Енергозбереження” (Полтава, 2-3 грудня 2021 р.); III Міжнародному науковому симпозиумі “Сталий розвиток – стан та перспективи” (Львів-Славське, 26–29 січня 2022 р.); Міжнародній науковій конференції за участю молодих науковців “Регіональні проблеми охорони довкілля та збалансованого природокористування” (Одеса, 21–22 вересня 2022 р.); VII Міжнародному конгресі “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування” (Львів, 12–14 жовтня 2022 р.); Національному форумі «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (Івано-Франківськ, 21–23 листопада 2023 р.); International scientific and practical conference “Environment recovery and reconstruction: war context 2022” (Poltava, December 17–18, 2022); Міжнародному науковому симпозиумі в рамках Еразмус+ Модуль Жан Моне «Концепція екосистемних послуг: Європейський досвід» («EE4CES») “Сталий розвиток – стан та перспективи” (Львів – Славське, 13–16 лютого 2024).

12. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення. Дисертація (у вигляді наукової доповіді) викладена професійно, кваліфіковано та грамотно. Матеріали логічно систематизовані та коректно оформлені. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України.

13. Відповідність принципам академічної доброчесності. У процесі перевірки на академічний плагіат дисертації Івана ТИМЧУКА встановлено відповідність електронного варіанту дисертації, наданого здобувачем, паперовому варіанту дисертації. У результаті перевірки дисертації Івана ТИМЧУКА академічного плагіату не виявлено.

14. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту. Робота, підготовлена за спеціальністю 101 *Екологія*, відповідає вимогам паспорту спеціальності 21.06.01 *Екологічна безпека*, зокрема напряму досліджень: “Удосконалення наявних, створення нових екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують

раціональне використання природних ресурсів, дотримання форматів запобігання шкідливого впливу на довкілля та життєдіяльності людини”.

15. Характеристика здобувача, ступінь його наукової зрілості. Проведені дослідження та опубліковані наукові праці характеризують Тимчука Івана Степановича як кваліфікованого фахівця і дослідника. Здобувач на високому рівні володіє методологією наукових досліджень. Йому притаманне логічне мислення, вміння ставити наукові завдання та пропонувати нестандартні шляхи їх вирішення, виділяти основні та вторинні аспекти. Іван ТИМЧУК є сформованим, кваліфікованим науковцем із глибоким теоретичним та практичним рівнем підготовки.

ВИСНОВОК

Дисертація Івана ТИМЧУКА “Науково-методологічні основи біологічної рекультивації та ремедіації із використанням техногенних органовмісних відходів” (у вигляді наукової доповіді) є завершеною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, у якій на основі розроблених науково-практичних основ екологічно безпечної утилізації техногенних органічних відходів запропоновано оптимальний склад композиції ростового субстрату, методом прямого змішування та методом аеробного компостування; розроблено математичну модель процесу сорбції поллютантів природними сорбентами, які внесені у склад субстрату для біологічної рекультивації; встановлено мікробіологічний склад та проведено біоіндикаційні дослідження компостів, отриманих із сировинних сумішей на основі ОСВ різного складу; обґрунтовані параметри технологічного режиму виготовлення органо-мінерального гранульованого добрива пролонгованої дії на основі курячого посліду та суміші природних сорбентів.

У 121 науковій публікації повністю відображені результати дисертації, з них одна колективна монографія, 14 розділів в колективних монографіях, 66 наукових статей, зокрема 35 статей у наукових виданнях, що входять у наукометричну базу даних SCOPUS, 31 стаття у наукових фахових виданнях України, 36 тез доповідей на міжнародних, всеукраїнських конференціях, семінарах та чотири патенти на корисну модель.

Дисертація підготовлена за спеціальністю 101 *Екологія*, відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 *Екологічна безпека* (Перелік наукових спеціальностей, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки України № 1057 від 14.09.2011р) та вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

З урахуванням актуальності теми дослідження, наукової новизни, теоретичного та практичного значення одержаних результатів, впровадження їх у практику, обґрунтованості висновків на основі одержаних достовірних результатів, особистого внеску здобувача у розв'язання важливої науково-технічної проблеми, достатньої повноти викладення матеріалів дисертації, що характеризується єдністю змісту, відповідністю принципам академічної доброчесності, а також беручи до уваги наукову зрілість та професійні якості Івана ТИМЧУКА, рекомендувати дисертацію “ Науково-методологічні основи біологічної рекультивациі та ремедіациі із використанням техногенних органовмісних відходів ” для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 *Екологічна безпека*.

Рецензенти:

Старший науковий співробітник
кафедри екології та збалансованого
природокористування
Національного університету
“Львівська політехніка”,
д.т.н., доц.

 Ігор БОРДУН

Професор кафедри
екології та збалансованого
природокористування
Національного університету
“Львівська політехніка”,
д.т.н., проф.

 Василь ДЯЧОК

Професор кафедри
екології та збалансованого
природокористування
Національного університету
“Львівська політехніка”,
д.т.н., проф.

 Ярослав ГУМНИЦЬКИЙ