

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Полтавський державний аграрний університет
Plant and Soil Sciences Department University of Delaware, USA
Department of Forage Crop Production, Institute of Soil Science and
Plant Cultivation - State Research Institute, Pulawy, Poland
Department of Pharmaceutical Sciences, Amedeo Avogadro University of
Eastern Piedmont, Alessandria, Italy
Interdisciplinary Science and Engineering Laboratory, University of Delaware,
Newark, USA
Micro Tracers Inc. San Francisco, USA
Department of Animal Genetics and Conservation, Institute of Animal Sciences,
University of Life Sciences, Warsaw, Poland
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
Department of Electrical Engineering, Azerbaijan Technical University, Baku,
Azerbaijan
Інститут фізики НАН України
University of West of England UWE, Bristol, UK
Universita' del Piemonte Orientale, Novara, Italy



ІХ МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

15-16 травня 2025 року



Полтава—2025

активністю. Завдяки високому вмісту вторинних метаболітів, таких як флавоноїди, фенольні сполуки та терпеноїди, екстракти цих мохів ефективно пригнічують ріст і розвиток широкого спектра фітопатогенних грибів, у тому числі *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria brassicicola* та *Curvularia lunata*. Антимікробна дія проявляється як через інгібування проростання спор, так і через руйнування гіф та клітинної структури патогенів, що робить мохи актуальним об'єктом досліджень у контексті створення нових екологічно безпечних засобів захисту рослин. Наведені дані підтверджують доцільність подальших досліджень у цьому напрямі з метою розробки ефективних біофунгіцидів для сільського господарства.

Перспективою розвитку у цьому напрямку є можливість комбінування екстрактів мохів з метою отримання кращих результатів.

Список використаних джерел:

1. Commisso M., Guarino F., Marchi L., Muto A., Piro A., Degola F. Bryo-Activities: A Review on How Bryophytes Are Contributing to the Arsenal of Natural Bioactive Compounds against Fungi. *Plants*. 2021. Vol. 10. P. 203–221.
2. Peters K., Gorzolka K., Bruelheide H., Neumann S. Seasonal Variation of Secondary Metabolites in Nine Different Bryophytes. *Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 8. P. 9105–9117.
3. Shen Haiyu, Fu Jing, Han Chao, et al. Antifungal Activity of Ethanol Extract of *Polytrichum commune* Hedw. Against Four Plant Pathogenic Fungi. *Science and Technology of Food Industry*. 2024. Vol. 45, No. 14. P. 147–154. (In Chinese with English abstract).
4. Deora G. S., Guhil N. Studies on Antifungal Potential of *Bryum cellulare* (a Moss) Crude Extracts against Spore Germination of Fungus *Curvularia lunata*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research (IJPSR)*. 2016. Vol. 7, No. 1. P. 353–357.
5. Mohammed A., Mekuria T., Steiner U., Hindorf H., Dehne H.-W. Bryophyte Extracts with Activity against Plant Pathogenic Fungi. *SINET: Ethiopian Journal of Science*. 2003. Vol. 26. P. 55–62.

ІНТЕГРАЦІЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С. (м. Біла Церква)

Тимошок Н.О. (м. Київ)

Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, пов'язаними з накопиченням забруднювачів у ґрунтах, воді та агроєкосистемах. Надмірне використання агрохімікатів, зокрема пестицидів та хімічних добрив,

спричиняє деградацію ґрунтів, забруднення водних ресурсів, а також накопичення токсичних речовин у харчових ланцюгах [1]. Це не тільки погіршує якість продукції, але й становить серйозну загрозу для здоров'я людини та біорізноманіття. Наприклад, важкі метали, такі як свинець, кадмій та ртуть, можуть кумулюватися в ґрунті протягом десятиліть, знижуючи його родючість та забруднюючи ґрунтові води. У сучасних умовах війни забруднення земель боєприпасами, вибуховими залишками та важкими металами підвищує актуальність розробки нових методів утилізації забруднювачів. Відновлення екосистем та забезпечення сталого розвитку агросектору вимагає інтеграції хімічних та біотехнологічних підходів. Ефективна ремедіація забруднених територій є не лише питанням екологічної безпеки, але й важливим аспектом забезпечення продовольчої безпеки в постконфліктних регіонах [2].

Хімічні методи утилізації забруднювачів охоплюють нейтралізацію, осадження важких металів, окислювально-відновні процеси та електрохімічне осадження [3]. Одним із найбільш ефективних підходів є хімічна екстракція з використанням хелатуючих агентів, таких як EDTA (етилендіамінтетраацетат) або ДТРА (діетилентриамінпентаацетатна кислота), що дозволяють видаляти токсичні метали з ґрунту та води. Хелатування іонів металів дозволяє утворювати розчинні комплекси, які легко видаляються з ґрунтових структур. Електрохімічне осадження, зокрема електродіаліз, забезпечує ефективне видалення важких металів шляхом їх міграції до катоду. Хімічна оксидація з використанням озону, перманганату калію або пероксиду водню дозволяє розкладати стійкі органічні забруднювачі, такі як пестициди та нафтопродукти, до безпечних компонентів. У дослідженнях продемонстровано, що застосування наночастинок оксиду заліза сприяє пришвидшенню процесу відновлення іонів важких металів у ґрунтах, забруднених військовими боєприпасами.

Комбіновані хімічні методи, такі як поєднання озонування з ультразвуковим опроміненням, демонструють підвищену ефективність у

детоксикації складних органічних забруднювачів [4]. Озонування дозволяє здійснювати глибоке окислення вуглеводнів, фенолів та інших стійких забруднювачів, у той час як ультразвук сприяє деструкції макромолекул, підвищуючи доступність речовин для окислення. У Франції подібні підходи застосовуються для очищення промислово забруднених ґрунтів, що містять залишки бензолу та толуолу. Позитивний ефект досягається за рахунок посилення процесів деструкції органічних молекул і прискорення їх деградації.

Біотехнологічні підходи включають фітобіотехнології, біоремедіацію та інженерію ферментів [5, 6]. Фітобіотехнології базуються на використанні рослин для поглинання та накопичення важких металів та органічних забруднювачів [7]. Фітоекстракція, фітодеградація та фітостабілізація забезпечують ефективне вилучення токсикантів із ґрунтів і води [8, 9]. Успішні приклади включають використання соняшника (*Helianthus annuus*) для видалення свинцю та кадмію і гірчиці (*Brassica juncea*) для очищення ґрунтів від миш'яку. У Китаї реалізовано масштабні проекти з використанням птерису (*Pteris vittata*) для очищення ґрунтів від миш'яку. Успішність технології підтверджується її застосуванням на промислових ділянках, де концентрація миш'яку перевищувала допустимі норми у кілька разів. Є приклади використання фіторемедіації у зонах військових конфліктів. Так у постраждалих регіонах Хорватії після війни 1990-х років фіторемедіація стала основним методом очищення ґрунтів від вибухонебезпечних залишків та важких металів. Подібні підходи починають впроваджувати в Україні для відновлення сільськогосподарських земель, постраждалих від бойових дій.

Розширене використання біотехнологій включає також розробку трансгенних рослин, здатних підвищено поглинати метали або розкладати органічні забруднювачі [10, 11]. Зокрема, використання генів стійкості до важких металів у рослин дозволяє їм витримувати високі концентрації свинцю, цинку та кадмію без втрати життєздатності. Такі рослини активно

досліджуються у США, де вони застосовуються для рекультивації забруднених військових полігонів. Біоремедіація передбачає використання мікроорганізмів для біодеградації органічних забруднювачів [12]. Мікроорганізми *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis* та *Rhodococcus erythropolis* демонструють високу ефективність у розкладанні ПАВ, пестицидів та нафтопродуктів. Також активно досліджуються методи консорціальної біоремедіації, коли декілька видів мікроорганізмів діють синергічно для прискорення детоксикації. Наприклад, у Канаді реалізовано проект із застосуванням консорціумів бактерій для очищення озер від нафтового забруднення.

Інженерія ферментів у біотехнології має велике значення для підвищення швидкості та специфічності розкладу токсичних речовин. Сучасні підходи включають модифікацію ферментів за допомогою генної інженерії та іммобілізацію на наноматеріалах для підвищення їхньої стабільності в екстремальних умовах. Зокрема, іммобілізовані пероксидази, ліпази та оксидази здатні ефективно розкладати нафтопродукти, фосфорорганічні сполуки та стійкі органічні забруднювачі. Використання наночастинок оксидів заліза, церію та титану дозволяє не тільки підвищити активність ферментів, але й забезпечити їхню стабільність у ґрунтових та водних середовищах [13]. Інженерія ферментів у біотехнології має велике значення для підвищення швидкості та специфічності розкладу токсичних речовин. Модифікація ферментів за допомогою наночастинок дозволяє збільшити їхню стабільність та тривалість дії у ґрунтових і водних середовищах, що суттєво підвищує ефективність очищення [14].

Таким чином, інтеграція хімії та біотехнології відкриває нові можливості для ефективної утилізації забруднювачів у сільському господарстві. Комбіновані методи дозволяють не лише зменшити вплив шкідливих речовин, але й сприяти відновленню природних ресурсів. Подальші дослідження у цій сфері здатні забезпечити стале використання аграрних земель та підвищити екологічну

безпеку агросектору, що є важливою умовою сталого розвитку сільськогосподарських регіонів.

Список використаних джерел:

1. Рибалова, О.В., Мацак, А.О., & Курочка, М.О. (2024). Екологічна небезпека забруднення ґрунтів важкими металами. *The 5th International scientific and practical conference "Innovative development of science, technology and education"* (February 15-17, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. p. 239–248.
2. Tsekhmistrenko, S., Bityutskyy, V., & Tsekhmistrenko, O. (2024). The use of nanoparticles for remediation of the ecological environment of Ukraine caused by war. *Proceedings of the VI International Conference on European Dimensions of Sustainable Development*, May 15–17, 2024, Kyiv, 44.
3. Liu, Y., Shi, J., Jin, H., & Guo, L. (2024). Chemical recycling methods for managing waste plastics: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(1), 149–169.
4. Andini, E., Bhalode, P., Gantert, E., Sadula, S., & Vlachos, D. G. (2024). Chemical recycling of mixed textile waste. *Science Advances*, 10(27), eado6827.
5. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С. (2025). Новітні біотехнології у захисті рослин. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф., (БНАУ, 27 березня 2025 р.)*, 262–265.
6. Lavanya, M. B., Viswanath, D. S., & Sivapullaiah, P. V. (2024). Phytoremediation: An eco-friendly approach for remediation of heavy metal-contaminated soils-A comprehensive review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 100975.
7. Tsekhmistrenko, S., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, O., Merzlo, S., Tymoshok, N., Melnichenko, A., ... & Yakymenko, I. (2021). Bionanotechnologies: synthesis of metals' nanoparticles with using plants and their applications in the food industry: A review. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(6), e1513.
8. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., & Мельниченко О.М. (2022). Екологічні біотехнології "зеленого" синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270.
9. Chawla, N., Kumar, S., & Gupta, L. (2024). Advancing Phytoremediation from Lab Research to Field Applications. In *Environmental Engineering and Waste Management: Recent Trends and Perspectives* (pp. 471–498). Cham: Springer Nature Switzerland.
10. Бітюцький, В.С., Цехмістренко, С.І., Веред, П.І., & Онищенко, Л.С. (2024). Використання зелених нанотехнологій для контролю забруднення та екологічного відновлення. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 3 жовтня 2024 р. Біла Церква*, 17–19.
11. Цехмістренко, С.І., & Бітюцький, В.С. (2025). Роль біохімії та біотехнології для органічного виробництва сільськогосподарських культур. *Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин*, 25–29.
12. Dinakarkumar, Y., Gnanasekaran, R., Reddy, G. K., Vasu, V., Balamuruqan, P., & Murali, G. (2024). Fungal bioremediation: An overview of the mechanisms, applications and future perspectives. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*.
13. Tsekhmistrenko O.S., Tsekhmistrenko S.I., Bityutskyy V.S. Melnichenko O.M., & Oleshko O.A. (2018). Biomimetic and antioxidant activity of nanocrystalline cerium dioxide. *World of Medicine and Biology*, 14(63), 196–201.
14. Hussain, N., Shahbaz, A., Malik, H. A., Ehsan, F., dos Santos, J. C. S., & Balčiūnaitė, A. (2024). Porous Nanomaterials for Enzyme Immobilization and Bioremediation Applications. *Microbes Based Approaches for the Management of Hazardous Contaminants*, 146–161.