



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
INSTITUTE OF AGROECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УНІВЕРСИТЕТ КОІМБРИ
UNIVERSITY OF COIMBRA

УНІВЕРСИТЕТ КОБЕ ГАКУІН
KOBÉ GAKUIN UNIVERSITY

УНІВЕРСИТЕТ МАКГІЛЛА
MCGILL UNIVERSITY

ЖЕШУВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
UNIVERSITY OF RZESZÓW

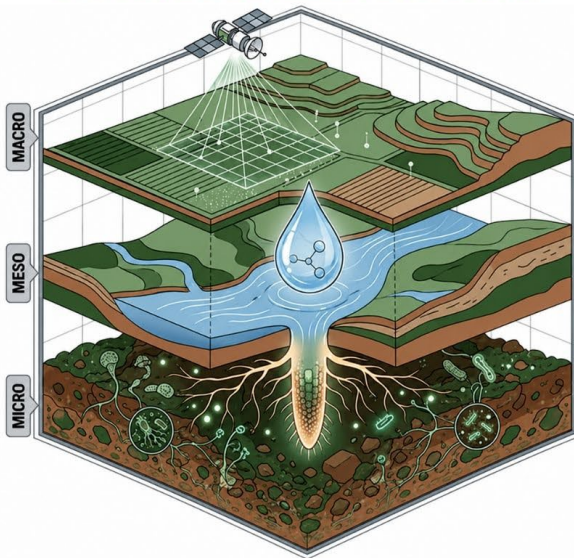
БАТУМСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАВІГАЦІЇ
BATUMI NAVIGATION UNIVERSITY

ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ
«АСОЦІАЦІЯ АГРОЕКОЛОГІВ УКРАЇНИ»
ALL-UKRAINIAN NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATION
"ASSOCIATION OF AGROECOLOGISTS OF UKRAINE



Міжнародна науково-практична конференція The International Research-to-Practice Conference

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ ENVIRONMENTAL SAFETY AND BALANCED NATURE-USE IN AGROINDUSTRIAL PRODUCTION



Київ, Україна, 7-8 липня 2026
Kyiv, Ukraine, July 7-8, 2026

УДК 63.002.2:504

ISBN

DOI:

Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві: матеріали Міжнародної науко-практичної конференції (Україна, Київ, 7–8 липня 2026 р.). Частина 1. Київ: НУБіП. 2026 р. 353 с.

У збірнику представлено матеріали конференції «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві», в яких висвітлено результати досліджень із проблем екологічної безпеки аграрного виробництва, отримання якісної і безпечної сільськогосподарської продукції, збалансованого природокористування, управління агроландшафтами, охорони навколишнього природного середовища, подолання наслідків війни та повоєнної відбудови України.

Ключові слова: екологічна безпека, збалансоване природокористування, охорона навколишнього природного середовища, сільське господарство, агротехнології, біорізноманіття, пестициди, біопрепарати, якість та продуктивність сільськогосподарських культур.

Укладачі: Матусевич Г., Мазур С. / за ред. академіка НААН
О. Дребот

Матеріали подаються в авторській редакції

ЗМІСТ

<i>GÉLINAS BÉLANGER Jérôme, PUIGSEGUR Robin, BELLANDE Kevin, BOTT Sébastien, NAGAROTTO Doriane, HANAISHI Shona, TASSAINT Morgane, AUBERT Willy, GASSER Mélanie, DUTILLEUL Pierre, HAN Liwen, PÉRET Benjamin</i> ENGINEERING THE NEXT GENERATION OF WHITE LUPIN	12-16
<i>GLUKHOVETS Denys</i> ECONOMIC EFFICIENCY OF CORN GROWING USING A CHEMICAL PROTECTION SYSTEM	16-19
<i>GOLIKOVA Olha, KARPENKO Olha</i> INTEGRATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC APPROACHES IN THE CONSERVATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS: THE EXPERIENCE OF THE STURNET PROJECT	19-24
<i>GUMENIUK Iryna, SHERSTOBOEVA Olena</i> ECOLOGICAL-TROPHIC GROUPS OF SOIL MICROORGANISMS AS BIOINDICATORS OF AGROECOSYSTEM CONDITION	25-29
<i>DREBOT Oksana, VYSOCHANSKA Mariia</i> ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC FACTORS OF ENSURING ENERGY EFFICIENCY IN THE AGRICULTURAL SECTOR	30-34
<i>HANAISHI Shona, GÉLINAS BÉLANGER Jérôme, PÉRET Benjamin</i> TOWARD HARMONIZED GOLDEN GATE CLONING FRAMEWORKS FOR PLANT SYNTHETIC BIOLOGY AND GENOME ENGINEERING	34-38
<i>HAVRYLIUK Liliia</i> BIOPESTICIDE POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS OF PLANTS OF THE APIACEAE FAMILY IN AGROCEANOSES	38-43

<i>KHOMIAK Ivan</i> VEGETATION SELF-RENEWAL IN POST-INDUSTRIAL LANDSCAPES AS AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL RECLAMATION	43-47
<i>KOROL Oleksiy</i> CHANGES IN SOIL CHEMICAL PROPERTIES UNDER MILITARY IMPACT	48-54
<i>KRYUKOVA Iryna, POTYSHNYAK Olena</i> ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT OF AGRI-FOOD PRODUCTION	54-60
<i>LEBEDENKO Ievgen, Donald L. SMITH</i> APPLICATION OF INDIGENOUS SOIL BACTERIA STRAINS TO IMPROVE GROWTH, STABILITY AND YIELD OF CANADIAN POTATO VARIETIES	60-62
<i>LEVISHKO Alla, DVORETSKA Olena</i> SOIL MICROBIOME AS A BIOINDICATOR OF AGROECOSYSTEM HEALTH	63-69
<i>АДАМЧУК-ЧАЛА Надія, ІЛЬЄНКО Тетяна</i> СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСІВ ОПУСТЕЛЮВАННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ: НАУКОВО- МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ	70-73
<i>БАКУМЕНКО Ольга, ЛАГОВСЬКА Оксана</i> СИНЕРГЕТИЧНИЙ ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ, ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ АГРОЕКОСИСТЕМ	74-80

<i>БЕЗНОСКО Ірина, САГАНОВСЬКА Вікторія</i> РЕГУЛЯЦІЯ ІНФЕКЦІЙНОГО МІКОБІОМУ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ ТРИХОДЕРМІН БТ	80-85
<i>БЕЛІМЕНКО Сергій</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ОПОДАТКУВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	86-90
<i>БІЛОТІЛ Валентина</i> ВОДОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК СКЛАДОВА «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ДЕФІЦИТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	91-96
<i>БОЛОХОВСЬКА Валентина, НАГОРНА Ольга, ХОМЕНКО Тетяна, БОЛОХОВСЬКИЙ Владислав, БОРОДАЙ Віра, ВОЛОЩУК Наталія, СТЕРЛІКОВА Оксана, ЯКОВЕНКО Дмитро, ЖУРБА Михайло, ПИРІГ Олександр, ОМЕЛЬЯНЕНКО Олександр</i> БІОТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА АНТИФУНГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ШТАМІВ-ПРОДУЦЕНТІВ ПРЕПАРАТУ ЕКОСТЕРН ТРИХОДЕРМА	97-102
<i>БОЦУЛА Олександр, ГОЛОВІНА Олена</i> ІНСТИТУЦІЙНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РЕФОРМУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	103-106
<i>БРОВКО Дмитрій, БЕРЕЖНЯК Євгеній</i> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ДЛЯ ПРИРОДНИХ ЗАПОВІДНИКІВ У СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ, СПРИЧИНЕНІ ВОЄННИМИ ДІЯМИ	107-113

<i>БУНАС Альона, ДВОРЕЦЬКИЙ Михайло, БОНДАРЕНКО Кирило, ШЕРСТОБОЄВА Олена</i> ПРИЖИВЛЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ-АГЕНТІВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОВЕРХНІ ЛИСТКІВ ВЕГЕТУЮЧИХ РОСЛИН: ДИНАМІКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ	114-120
<i>ВАСІЛЬЄВ Дмитро, ІЛЬЄНКО Тетяна</i> МОЖЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	120-127
<i>ВЕРНІГОРОВА Наталія</i> ПЕРСПЕКТИВИ МІЖНАРОДНОЇ СПІВПРАЦІ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧИХ ЛІСІВ В УКРАЇНІ	127-134
<i>ВИГЕРА Сергій, КЛЮЧЕВИЧ Михайло, КОВАЛЬЧУК Руслан, ВЕНГЕР Олег</i> ГАРМОНІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЇ, БІОЛОГІЇ ТА ТРОФОЛОГІЇ В МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОМУ НАПРЯМКУ ВІТАЛОГІЯ	135-142
<i>ВІТЕР Надія</i> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ ТА ЇХ ПІСЛЯВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ	142-148
<i>ГЛУШАКОВ Володимир, САСІНА Тетяна, ШЕВЧЕНКО Людмила, ВОЛКОГОН Катерина</i> ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ АЗОФОСКИ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	148-151
<i>ГОЛЯН Василь, БАРДАСЬ Вадим, КОРОБКА Ростислав</i> ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ: ІНСТИТУТИ, ТРЕНДИ, ВИКЛИКИ	152-158

ГОНЧАРЕНКО Ігор, ОСЬКІНА Марина ЗАБРУДНЕНА БІОМАСА ЯК ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РЕСУРС І ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК У ПОВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ	159-165
ГОРГАН Тетяна, БІЛЕНЬКА Ольга, ШИЛО Марія АЛЕЛОПАТИЧНА АКТИВНІСТЬ РИЗОСФЕРНОГО ҐРУНТУ РОСЛИН <i>ALLIUM</i> <i>CERA</i> L. РІЗНОГО СЕЛЕКЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ	166-172
ГОРОДИСЬКА Інна, КРАВЧУК Юрій ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ	173-175
ГУЛИЧ Ольга ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ РОСЛИН В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	175-179
ГУМЕННИЙ Данило, ГОРГАН Тетяна, БЕЗОБЧУК Марія ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТІВ У ПРИГНІЧЕННІ СПОРОУТВОРЕННЯ ЗБУДНИКА СУХОЇ ПЛЯМИСТОСТІ ТОМАТА <i>ALTERNARIA ALTERNATA</i>	179-183
ГУЦУЛЯК Григорій, ВИСОЧАНСЬКА Марія, ГУЦУЛЯК Юрій ВПЛИВ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ДЕМОГРАФІЧНИЙ РОЗВИТОК УКРАЇНИ	184-191
ДАВИДЮК Ганна, ШКАРІВСЬКА Людмила, КЛИМЕНКО Ірина, ДОВБАШ Надія ВМІСТ СПОЛУК АЗОТУ У ПРИРОДНИХ ВОДАХ АГРОЛАНДШАФТІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	191-198

ДЕЙНЕКО Людмила, ДЕЙНЕКО Олександр РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ	198-205
ДОМБРОВСЬКИЙ Петро ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ТА МІКРОДОБРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЖИТА ОЗИМОГО В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	205-208
ДОМБРОВСЬКИЙ Костянтин, ТЕРТИЧНА Ольга, ДЕНЕЖКІН Віталій ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ МОКРА ЗА ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ	209-215
ДОРОНІН Андрій ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА У БІОЕНЕРГЕТИЦІ	215-221
ЗАБАРНИЙ Олексій ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ В УКРАЇНІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІПАКУ ОЗИМОГО	222-225
ЗІНОВЧУК Наталія, МІШЕНІН Євген ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ : РАДІАЛЬНА МОДЕЛЬ	225-229
КАЛИНА Тетяна, АРЗУМАНЯН Тетяна ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СИСТЕМІ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ГРОМАД В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ	230-235

КАРАБАЧ Катерина, КУЛІЧЕВСЬКИЙ Владислав ВПЛИВ МІЛІТАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАН ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ	236-241
КАРПЕНКО Юрій, АСМАКОВСЬКИЙ Євгеній, ЯКОВЕНКО Олександр ФІТОСОЗОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЛУЧНИХ ЕКОСИСТЕМ В ОКОЛИЦЯХ С. КРЕХАЇВ (ОСТЕРСЬКА МІСЬКА ТЕРИТОРІАЛЬНА ГРОМАДА, ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛАСТЬ)	242-247
КИТАЙГОРА Антон, СПИЧАК Юрій, КОТЕНКО Віталій ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ	247-252
КІЧІГІНА Ольга, ЮЛА Анастасія БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОРІАНДРУ ПОСІВНОГО (<i>CORIANDRUM SATIVUM</i> L.)	252-257
КОВАЛІВ Олександр КЛЮЧОВІ КОНСТИТУЦІЙНО-ЗЕМЕЛЬНІ ІМПЕРАТИВИ В УКРАЇНІ: НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ КОМЕНТАР	257-264
КОВБАСА Владислав БАНКІВСЬКЕ ЗЕЛЕНЕ ФІНАНСУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТИМУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ВІДПОВІДАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	264-268
КОКОВІН Максим ПЕРСПЕКТИВА РЕГУЛЯЦІЇ СТРЕСОСТІЙКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН КОМПОЗИТАМИ ВУГЛЕЦЕВИХ ЦИБУЛЕПОДІБНИХ НАНОЧАСТИН ТА ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН	269-273

КОЛОСОВИЧ Микола, ШЕВЧЕНКО Тетяна ІНТРОДУКЦІЯ <i>MENTHA SERVINA</i> L. В УМОВАХ ДОСЛІДНОЇ СТАНЦІЇ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН	274-277
КОНИЩУК Василь, МАРТИНЕНКО Василь, КОНИЩУК Мар'яна, КОНЯКІН Сергій ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДРЕВЛЯНСЬКИЙ» ЗА ВОЄННОГО СТАНУ	278-287
КОНИЩУК Василь, ШУМИГАЙ Інна, МАРТИНЕНКО Василь, ДУШКО Павло ЕКОЦИД І БЕЛІГЕРАТИВНІ ЛАНДШАФТИ УКРАЇНИ	287-293
КОРОЛЬ Олексій, ГЛУЩЕНКО Людмила ПОСТПІРОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ	294-301
КОТЕНКО Віталій, СПИЧАК Юрій, КИТАЙГОРА Антон СОНЯШНИК (<i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L.) ЯК ПЕРСПЕКТИВНА КУЛЬТУРА ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ	301-304
КРАВЕЦЬ Артем ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЯШНИКУ	305-310
КРАВЧЕНКО Юрій ВИКОРИСТАННІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СУКЦЕСІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ ҐРУНТУ	310-314

<i>КРАВЧЕНКО Наталія, МОЖАРІВСЬКА Інна, ФУРДИГА Микола, БОНДУС Росина</i> ІНТРОГРЕСІЯ ГЕНІВ ДИКИХ ВИДІВ КАРТОПЛІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОВИРОБНИЦТВА	315-322
<i>КРАВЧЕНКО Олександр, САХАРНАЦЬКА Людмила</i> МІЖНАРОДНІ МЕХАНІЗМИ КОМПЕНСАЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ, ЗАВДАНИХ ЗЕМЛЯМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ	322-327
<i>КРОХТЯК Олександра, ОЛЬХОВИЧ Світлана</i> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ПЛОДОВОГО САДІВНИЦТВА В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	327-330
<i>КУЗЬМІНЕЦЬ Оксана, МАКАРОВА Дар'я, ІГНАТЕНКО Ольга</i> ХОЛОДОСТІЙКІСТЬ АБРИКОСА ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ САДІВНИЦТВА В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	330-335
<i>КУКОЛ Катерина, ОБЕЗЬЮК Іван, КУДРЯВЧЕНКО Людмила</i> ВПЛИВ НАНОКАРБОКСИЛАТІВ МЕТАЛІВ НА РІСТ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ СОЇ	336-341
<i>ЛАГОВСЬКА Оксана, БАКУМЕНКО Ольга</i> ЗГУБНИЙ ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ ТА МЕТОДИ РЕМЕДІАЦІЇ	342-345
<i>ЛІЩУК Алла</i> МОДЕЛЬ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ	345-352

ENGINEERING THE NEXT GENERATION OF WHITE LUPIN

Jérôme GÉLINAS BÉLANGER¹

Robin PUIGSEGUR¹

Kevin BELLANDE¹

Sébastien BOTT¹

Doriane NAGAROTTO¹

Shona HANAISHI²

Morgane TASSAINT¹

Willy AUBERT¹

Mélanie GASSER¹

Pierre DUTILLEUL²

Liwen HAN²

Benjamin PÉRET¹

*¹IPSiM, Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro
Montpellier, FRANCE*

*²Department of Plant Science, McGill University,
Montréal, QC, CANADA*

White lupin (*Lupinus albus*) has emerged as a powerful model for understanding how plants remodel root system architecture in response to nutrient limitation, particularly phosphorus deficiency. One of the most remarkable adaptive responses is the formation of cluster roots, specialized structures that enhance nutrient acquisition through tightly coordinated developmental, metabolic, and physiological processes. Elucidating the molecular and genetic mechanisms underlying this developmental plasticity represents a major challenge for the

design of crops better adapted to low-input and sustainable agricultural systems.

To address this challenge, our team has established an integrated research framework combining natural diversity, high-throughput phenotyping, genetics, and functional genomics to dissect the regulation of cluster root development. Using a diversity panel of 220 accessions from the PULSAR project – including 192 accessions conserved at the INRAE CRB Protéagineux and sequenced in collaboration with the UMR Agroécologie in Dijon – we developed dedicated phenotyping infrastructures and advanced imaging pipelines specifically tailored for large-scale quantification of cluster root traits. These platforms enable robust and reproducible characterization of developmental variation across genetically diverse accessions while providing unprecedented resolution for investigating root architectural responses to phosphorus stress. In parallel, we established a high-throughput image analysis workflow based on RhizoVision Explorer to phenotype cluster root architecture and quantify key morphological traits with high accuracy and reproducibility. This pipeline significantly increases phenotyping throughput and generates standardized quantitative descriptors suitable for large-scale genetic and developmental analyses.

We are also developing an automated phenotyping platform, termed “PhenoRoot”, designed to enable daily monitoring of root system development under controlled nutritional conditions. By integrating automated imaging with temporal analysis, this device captures dynamic changes in root architecture in response to specific nutrient regimes, thereby providing a powerful framework for investigating developmental

plasticity and nutrient-dependent root responses at high temporal resolution.

To further extend the dimensionality and precision of root phenotyping, we are currently establishing an international collaboration with Pierre Dutilleul at McGill University focused on the implementation of advanced 3D scanning and spatial analysis approaches for white lupin root systems. This collaboration aims to combine high-resolution three-dimensional imaging with quantitative modelling and statistical analysis to better capture the complexity of cluster root architecture and its dynamic responses to nutrient stress. Beyond methodological innovation, this partnership will create new opportunities at the interface of developmental biology, computational phenotyping, and multiscale analysis of root system organization.

A major strength of this program lies in the availability of unique genetic resources for rapid gene discovery and functional validation. These include a large EMS mutant population and a FIND-IT/TILLING platform developed in partnership with the seed company Cérieence, enabling efficient identification of causal alleles associated with root developmental phenotypes. Together, these resources establish a powerful pipeline bridging forward genetics, candidate gene validation, and translational applications for legume improvement.

Alongside, we are developing innovative transformation approaches in white lupin to accelerate the functional characterization of genes controlling root development and nutrient responses. To support this effort, we assembled a comprehensive atlas of in planta transformation strategies comprising more than 380 scientific articles, providing a valuable

knowledge base for the optimization of transformation methodologies in legumes. In particular, we are exploring in planta transformation strategies using the visible RUBY reporter system as a rapid selection marker, combined with developmental regulators such as IPT and WUS to enhance regeneration and transformation efficiency. These efforts will serve as the foundation for future genome-editing protocols, and our team is currently cloning multiple endogenous white lupin promoters for Cas9 expression (e.g., UBQ promoters) and guide RNA expression (e.g., U3/U6 promoters). Together, these approaches aim to overcome current bottlenecks in white lupin genetic engineering and establish versatile tools for functional genomics in this emerging legume model.

To support these developments, we have also established a comprehensive compendium of Golden Gate-compatible cloning toolkits and standardized genetic modules, including promoters, coding sequences, selectable markers, reporter constructs, and regulatory elements. This modular cloning resource provides a flexible and scalable framework for rapid construct assembly and synthetic biology applications in white lupin and related legumes. The integration of transformation technologies, modular cloning resources, mutant populations, and diversity panels will ultimately provide a comprehensive platform for mechanistic studies of root developmental plasticity.

Altogether, this work contributes to positioning white lupin as a tractable and innovative model for studying adaptive root development under nutrient stress, while opening new opportunities to translate fundamental discoveries into breeding

strategies targeting nutrient use efficiency and resilient crop production systems.

ECONOMIC EFFICIENCY OF CORN GROWING USING A CHEMICAL PROTECTION SYSTEM

GLUKHOVETS Denys

PhD candidate

Institute of Agroecology and Environmental

Management of NAAS

Kyiv, UKRAINE

Maize cultivation is one of the leading sectors of grain production in Ukraine, and ensuring its high economic efficiency remains a key objective of modern crop production. Alongside increasing grain yield, particular attention should be paid to optimizing production costs, which allows producers to achieve maximum economic returns through the rational use of material and technical resources. One of the most cost-intensive components of maize cultivation technology is the chemical crop protection system. At the same time, the application of modern plant protection products provides effective control of weeds, pests, and diseases, thereby facilitating the realization of the genetic yield potential of maize hybrids. Therefore, the economic evaluation of different chemical protection systems is an essential component of improving modern maize cultivation technologies.

The results of the economic assessment demonstrated that the implementation of chemical protection systems significantly

increased the economic efficiency of maize production compared with the untreated control. Although production costs increased, the additional expenditures were fully compensated by a substantial increase in grain yield, resulting in higher gross production value, conditional net profit, and profitability.

In the control treatment, grain yield of the studied hybrids ranged from 3,86 to 4,02 t ha⁻¹, while profitability reached only 35–41%. Conditional net profit varied between UAH 8,000 and 9,266 ha⁻¹, indicating relatively low economic efficiency of maize cultivation without the application of plant protection products.

The implementation of Protection System 1 substantially improved all economic indicators. Grain yield increased to 6.32–7.72 t ha⁻¹, gross production value reached UAH 51,254–61,119 ha⁻¹, and conditional net profit increased to UAH 21,294–31,159 ha⁻¹. Despite the rise in production costs to UAH 29,960 ha⁻¹, profitability reached 71–104%, which was almost twice as high as in the untreated control.

Further improvement of the protection strategy in Protection System 2, which included the pre-emergence herbicide Akris combined with the post-emergence herbicide Stellar Plus, resulted in even higher economic performance. Grain yield increased to 6,77–8,18 t ha⁻¹, while profitability reached 76–107%. The increase in production costs to UAH 31,200 ha⁻¹ was fully offset by higher yields and an increase in gross production value to UAH 54,818–64,761 ha⁻¹.

The highest economic performance was achieved under Protection System 3, which involved the application of the soil-applied herbicide Akris before crop emergence followed by the post-emergence herbicide Stellar Plus. This integrated protection

strategy provided the most effective weed control throughout the critical growth stages of maize, thereby ensuring the maximum realization of the crop's productive potential. Grain yield reached 7,13–8,53 t ha⁻¹, gross production value amounted to UAH 57,852–67,532 ha⁻¹, and conditional net profit ranged from UAH 26,282 to 35,532 ha⁻¹. Despite the highest production costs (UAH 31,570 ha⁻¹), this treatment also exhibited the greatest profitability (83–113%).

The application of integrated chemical protection systems proved to be economically justified in maize cultivation, as it significantly increased grain yield and improved the principal economic indicators of production. The highest economic efficiency was achieved with the protection system combining the pre-emergence application of Akris, followed by the post-emergence herbicide Stellar Plus, together with insecticide and fungicide treatments. This system provided the maximum conditional net profit (UAH 35,532 ha⁻¹) and the highest profitability (113%) for the Kasandro hybrid. The obtained results indicate that the additional costs associated with the integrated crop protection strategy were fully compensated by increased crop productivity, demonstrating the feasibility of its implementation in commercial maize production.

References

1. Крутякова В.І., Пиляк Н.В., Нікіпелова О.М. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрих на основі осадів стічних вод *Вісник аграрної науки*. 2021. № 2. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234458>

2. Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Базиленко Є.О., Марченко В.Д., Лавриненко Ю.О. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 138. С. 115–124. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.14>.

INTEGRATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC APPROACHES IN THE CONSERVATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS: THE EXPERIENCE OF THE STURNET PROJECT

GOLIKOVA Olha

PhD in Economics

Scientific Secretary of Institute, Researcher

KARPENKO Olha

PhD in Economics, Senior Researcher

*Institute of Market and Economic & Ecological Researches
of the NAS of Ukraine*

Odesa, UKRAINE

Modern environmental challenges require an integrated approach to natural resource management that combines ecological and economic mechanisms. This issue is particularly relevant for aquatic ecosystems, which are experiencing significant anthropogenic pressure due to climate change, river flow regulation, water pollution, degradation of natural habitats, and the overexploitation of biological resources. Sturgeon species

are among the oldest representatives of ichthyofauna and, at the same time, belong to the most vulnerable components of aquatic ecosystems in the Black Sea Basin. The decline in their populations serves as an indicator of the deterioration of the ecological condition of riverine and coastal ecosystems and highlights the need to improve environmental protection policies.

An important example of implementing an integrated approach to the conservation of aquatic ecosystems is the international project “Network for the Preservation of Sturgeon and for the Sustainability of the Black Sea Basin Ecosystem” (SturNet, BSB00172), supported by the Interreg NEXT Black Sea Basin Programme. The project brings together scientific institutions and environmental organizations from Bulgaria, Romania, Moldova, Greece, Türkiye, and Ukraine with the aim of developing common approaches to sturgeon conservation and ensuring the sustainable functioning of aquatic ecosystems within the Black Sea Basin [1].

The aquatic ecosystems of the Lower Danube and the Dnipro River are characterized by high biodiversity and perform important ecological functions, including maintaining hydrological regimes, conserving biological resources, supporting natural water purification processes, and providing habitats for numerous species of flora and fauna [2]. At the same time, monitoring studies conducted within the SturNet project indicate several negative trends. The major threats include habitat degradation, changes in water temperature regimes, reduced water availability, fragmentation of fish migration routes, and accidental sturgeon by-catch in commercial fishing gear.

The combination of climate change and anthropogenic impacts poses a particular threat. Rising water temperatures and decreasing river discharge lead to the reduction of suitable habitats, the concentration of sturgeon populations in a limited number of deep-water areas, and an increase in their vulnerability to external pressures.

The Dnipro Basin has also undergone significant environmental transformation due to the construction of a cascade of reservoirs. Flow regulation restricts sturgeon migration opportunities, alters benthic habitats, and affects the natural reproduction conditions of sturgeon populations. One of the key activities of the SturNet project is the implementation of comprehensive environmental monitoring. The use of modern field research methods, spatial analysis, and mapping techniques makes it possible to obtain up-to-date information on the status of sturgeon populations and their habitats.

Monitoring activities include the assessment of hydrochemical parameters, temperature regimes, water levels, the spatial distribution of fish populations, and by-catch incidents. The collected data help identify critical ecosystem areas, determine migration corridors, and evaluate the effectiveness of conservation measures.

An important outcome of the research has been the identification of a strong relationship between the spatial distribution of sturgeon and changes in hydrological conditions. During periods of high water availability, sturgeon expand their distribution range, whereas during low-water periods they become concentrated in narrow river sections. Similarly, temperature anomalies create areas that are less suitable for sturgeon

habitation, thereby affecting population structure and distribution. Thus, environmental monitoring serves not only as an observational tool but also as an essential component of water resource management systems.

Traditionally, environmental protection measures have been regarded as additional costs for governments and economic stakeholders. However, the modern concept of sustainable development recognizes natural capital and ecosystem services as important components of social and economic well-being [3].

Aquatic ecosystems provide a wide range of services, including water quality maintenance, biodiversity conservation, recreational opportunities, climate regulation, and support for fisheries. The degradation of these ecosystems results in economic losses that significantly exceed the costs of their conservation.

Particular attention should be paid to assessing the economic consequences of sturgeon by-catch. The mortality of mature individuals reduces the reproductive potential of populations and negatively affects their recovery prospects. The loss of juvenile fish limits the formation of future generations, which in the long-term leads to a decline in fishery productivity.

At the same time, the introduction of selective fishing methods, the establishment of protected areas, and the improvement of monitoring systems contribute to reducing environmental risks and generating long-term economic benefits.

The experience of the SturNet project demonstrates the effectiveness of combining ecological and economic instruments in natural resource management. The use of monitoring results to support management decisions helps ensure a balance between economic activities and biodiversity conservation needs.

Among the most promising directions are the implementation of ecosystem-based approaches to water resource management, the development of science-based conservation programmes, the improvement of international cooperation mechanisms, and the enhancement of environmental awareness among local communities and stakeholders [4]. Particular importance should be given to incorporating the economic value of ecosystem services into environmental policy-making processes. This approach increases the effectiveness of management decisions and supports the long-term conservation of aquatic ecosystems.

The results of the SturNet project confirm the necessity of integrating ecological and economic approaches in the conservation of aquatic ecosystems. The combination of comprehensive monitoring, ecosystem service assessment, and economic analysis provides a scientific basis for effective environmental decision-making.

The conservation of sturgeon as an indicator component of aquatic ecosystems is an important prerequisite for maintaining ecological balance and ensuring sustainable regional development. The experience of the SturNet project demonstrates that environmental protection measures can be not only ecologically necessary but also economically justified, contributing to the development of sustainable natural resource management models.

References

1. Interreg (Interreg VI-B) NEXT Black Sea Basin Programme. *SturNet - Network for the Preservation of Sturgeon*

and for the Sustainability of the Black Sea Basin Ecosystem. URL:
<https://www.blacksea-cbc.net/interreg-next-bsb-2021-2027/projects/bsb00172>

2. International Commission for the Protection of the Danube River. (2018). *Sturgeon strategy for the Danube River Basin*. ICPDR Secretariat.
<https://www.icpdr.org/main/publications/sturgeon-strategy-danube-river-basin>

3. Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J. et al (2013). *The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands*. Institute for European Environmental Policy; Ramsar Convention Secretariat.
<https://ieep.eu/publications/the-economics-of-ecosystems-and-biodiversity-teeb-for-water-and-wetlands/>

4. European Commission (2020). EU Biodiversity Strategy for 2030.
https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

ECOLOGICAL-TROPHIC GROUPS OF SOIL MICROORGANISMS AS BIOINDICATORS OF AGROECOSYSTEM CONDITION

GUMENIUK Iryna

PhD

SHERSTOBOEVA Olena

Doctor of Agricultural Sciences, professor

*Institute of Agroecology and Environmental Management
of NAAS*

Kyiv, UKRAINE

Assessing the condition of soil agroecosystems is impossible without a deep understanding of the role of the main ecological-trophic groups of microorganisms, whose abundance, activity and ratio are sensitive bioindicators of soil process dynamics. These groups play a decisive role in key biogeochemical cycles, regulating the availability of nutrients for plants and determining the phytosanitary condition of the soil [1].

The key functional groups used for soil diagnosis are ammonifiers, responsible for the primary stage of organic nitrogen mineralisation; their high activity directly indicates intensive nitrogen turnover and the initial nitrogen nutrition of plants [2]. Oligotrophs and nitrogen fixers enrich the soil with nitrogen by fixing atmospheric N₂ into plant-available forms, and a decrease in their numbers under excessive mineral fertilisation or chemical pollution may indicate disturbance of the nitrogen cycle [3]. Micromycetes decompose complex and resistant polymers such as cellulose and lignin and thus contribute to humus formation,

but this group also includes phytopathogenic species whose increase signals a disturbance of microbial balance and a higher risk of disease in cultivated plants. Actinomycetes likewise decompose resistant organic substances, form humus and act antagonistically against some pathogens, which supports phytosanitary stability [4]. Amylolytic bacteria reflect the rate of utilisation of readily available carbohydrates, while the ratio between trophic groups indicates the overall nutrient saturation of the soil: dominance of oligotrophs signals soil poverty or degradation, whereas an increase in coprophiles indicates a fresh influx of organic residues [5].

The study of these functional groups allows an in-depth assessment of soil condition in four main areas that exceed the capabilities of purely chemical analysis [6, 7]. First, microorganisms reflect the biological activity and potential fertility of the soil: high activity of ammonifiers and amylolytics indicates rapid, efficient decomposition of plant residues, while the nitrogen-fixation potential, correlating with the number of free and symbiotic nitrogen fixers, indicates the natural supply of available nitrogen [2, 3]. Second, the microbial complex is a sensitive indicator of resistance to anthropogenic stress, since a decrease in the total microbial population or the dominance of stress-resistant oligotrophs may signal toxic effects of heavy metals or pesticides, whereas biological products such as *Trichoderma* raise overall biological activity while suppressing phytopathogens such as *Fusarium* [4, 7]. Third, the ratio between pathogens and their antagonists characterises the phytosanitary status of the agroecosystem, and an increase in phytopathogenic Micromycetes indicates increased biological pollution caused by

anthropogenic pressure and the selection of more aggressive strains [4]. Finally, analysis of the microbial complex enables an objective assessment of how tillage systems, crop rotations, cover crops and fertiliser types affect the biological condition, stability and self-regeneration capacity of the soil [3, 6].

These conclusions are supported by field studies. Analysis of DNA from 216 soil samples across Australia, using 16S rRNA sequencing for bacteria and 18S rRNA for protists, revealed strong correlations between bacterial diversity and functional protist groups (consumers, parasites, phototrophs), with bottom-up control of bacteria over protists enhancing ecosystem multifunctionality, organic decomposition and biogeochemical cycling [8]. In chernozem, dark-grey and sod-podzolic soils, total microbial biomass and the ratio of trophic groups (mineralisation–immobilisation) serve as criteria for diagnosing ecological status, and exopolysaccharide-producing microorganisms, structurally linked to all trophic groups, proved to be the main block-forming factor; the microbiocenosis of sod-podzolic soil responded most clearly to fertiliser application and hydrothermal factors [3]. Under oats on acidic soils, a decline in ammonifier numbers accompanied by rising protease activity acted as a bioindicator of suppression and adaptation of the microbiocenosis [2]. Shifts among ecological-trophic groups also signal degradation caused by anthropogenic impact, while in arid pastures low nitrogen-fixer numbers and catalase activity, alongside preserved urease activity, support a strategy of agricultural biologisation through organo-microbial complexes to raise yields and restore ecological stability [4, 5].

Thus, ecological-trophic groups of soil microorganisms function as sensitive, integrative bioindicators that simultaneously reveal soil fertility, resistance to anthropogenic stress, phytosanitary status and the effectiveness of agricultural technologies, making microbiological diagnosis an essential tool for monitoring soil health and optimising sustainable, biologised farming systems.

References

1. Levishko, A., Gumeniuk, I., Sherstoboeva, O. (2026). Soil microorganisms as bioindicators of agroecosystem condition: a review of their ecological and trophic groups, functional roles, and the impact of anthropogenic factors. *EQA - International Journal of Environmental Quality*, 73, 72–84. <https://doi.org/10.60923/issn.2281-4485/24117>
2. Pesakovic M., Mandic L., Djukic D. (2003). Soil ammonification activity in the conditions of mineral and organic fertilizer use. *Acta Agriculturae Serbica*, 8(16), 49–56.
3. Demyanyuk O.S., Patyka V.P., Sherstoboeva O.V., Bunas A.A. (2018). Formation of the structure of microbiocenoses of soils of agroecosystems depending on trophic and hydrothermal factors. *Biosystems Diversity*, 26(2), 103–110. <https://doi.org/10.15421/011816>
4. Symochko L., Bugyna L., Hafiyak O. (2021). Ecological aspects of biosecurity in modern agroecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 11(1), 181–186. <https://doi.org/10.31407/ijees11.124>

5. Baimagambetova Z.A., Kalymbetov G.Y., Seitkarimov A., Sapargaliyeva B.O., Sartayev A. (2024). Microorganisms in the soil of arid pastures – Indicators of health and assistants in the evaluation of biostimulants. *Journal of Ecological Engineering*, 25(8), 179–189.
<https://doi.org/10.12911/22998993/190132>
6. Patyka V.P., Volkogon V.V. (Eds.) (2024). Microorganisms in the stabilisation of agroecosystems. Nizhyn: Publisher PP Lysenko M.M. Retrieved from:
https://imv.org.ua/wp-content/uploads/2025/02/Monografia_2024.pdf
7. Bhaduri D., Sihi D., Bhowmik A., Verma B. C., Munda S., Dari B. (2022). A review on effective soil health bio-indicators for ecosystem restoration and sustainability. *Frontiers in microbiology*, 13, 938481.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.938481>
8. Nguyen T.B.A., Chen Q.L., Yan Z.Z., Li C., He J.Z., Hu H.W. (2023). Trophic interrelationships of bacteria are important for shaping soil protist communities. *Environmental microbiology reports*, 15(4), 298–307.
<https://doi.org/10.1111/1758-2229.13143>

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC FACTORS OF ENSURING ENERGY EFFICIENCY IN THE AGRICULTURAL SECTOR

DREBOT Oksana

*Doctor of Economics, Professor, Academician of the
National Academy of Sciences of Ukraine*

VYSOCHANSKA Mariia

Doctor of Economics, senior researcher

*Institute of Agroecology and Environmental Management
of the National Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, UKRAINE*

Energy transformation of the agricultural sector is one of the key areas for ensuring the balanced development of the Ukrainian economy in the face of climate change, rising costs of energy resources, increased environmental requirements and the need to adapt to European management standards. The low level of energy efficiency of agricultural production, high energy intensity of technological processes and insufficient use of renewable energy sources necessitate the formation of effective environmental and economic mechanisms for managing energy consumption.

This issue becomes particularly relevant in the conditions of martial law and post-war reconstruction of Ukraine, when ensuring the energy security of the agricultural sector directly affects the food security of the state, the competitiveness of agricultural producers and the environmental sustainability of agroecosystems. In these conditions, the role of comprehensive

consideration of ecological and economic factors that determine the efficiency of energy resources use, the level of environmental load and the economic results of enterprises is increasing. In our opinion, ensuring energy efficiency in the agricultural sector should be considered as a comprehensive ecological and economic process based on the coordination of economic, ecological, technological and institutional factors. In this context, the key ecological and economic factors are the level of energy intensity of production, the efficiency of natural resources use, the share of renewable energy sources in the energy balance of enterprises, the level of innovative activity, the volume of investments in the modernization of production, as well as the effectiveness of the state policy of stimulating energy saving. Comprehensive consideration of these factors allows not only to save energy resources, but also to increase the environmental sustainability and competitiveness of agricultural production.

Solving the outlined problem requires the introduction of modern organizational and economic instruments to increase energy efficiency, stimulate the use of energy-saving technologies, develop bioenergy and renewable energy sources, as well as integrate environmental and economic criteria into the agricultural production management system. The implementation of such approaches will contribute to reducing the energy intensity of production, minimizing the negative impact on the environment, increasing the economic efficiency of the agricultural sector and achieving sustainable development goals.

Solving the outlined problem involves the formation of a comprehensive ecological and economic approach to energy efficiency management, which combines economic incentives,

environmental requirements and modern innovative technologies. Important components of such an approach are the improvement of the energy management system, the introduction of energy-saving technologies, digital monitoring of the use of energy resources and mechanisms for assessing energy efficiency at the level of agricultural enterprises.

The development of economic mechanisms to stimulate energy efficiency is of great importance, in particular, expanding state support for investments in the modernization of production, the introduction of tax and financial and credit instruments aimed at the use of renewable energy sources, bioenergy plants, energy-saving equipment and circular economy technologies. This will contribute to reducing energy costs, reducing greenhouse gas emissions and increasing the competitiveness of agricultural products.

An important element of the implementation of these approaches is the introduction of a system of ecological and economic monitoring of energy efficiency, which will provide an assessment of the effectiveness of the use of energy resources based on a system of indicators. It is advisable to use an integrated energy efficiency indicator that will take into account the economic results of production, the level of energy intensity of products, the environmental consequences of the use of energy resources and the reduction of greenhouse gas emissions. This will create an information basis for making effective management decisions at the level of enterprises and state administration bodies.

An equally important direction is the integration of environmental and economic criteria into the system of strategic

management of the agricultural sector in accordance with the goals of the European Green Deal and the policy of sustainable development. The formation of an effective organizational and economic mechanism for ensuring energy efficiency will allow to increase the level of energy security of agricultural production, strengthen the resilience of enterprises to modern economic and climatic challenges, as well as ensure the rational use of natural resources and long-term environmental and economic effectiveness of the functioning of the agricultural sector.

Prospects for further research are related to the development of integrated models for assessing energy efficiency in the agricultural sector, which will combine economic, environmental, technological and social indicators. Special attention requires the formation of a system of energy efficiency monitoring indicators, which will allow to carry out a comprehensive assessment of the effectiveness of the implementation of energy-saving measures at the level of enterprises, regions and the industry as a whole.

In the future, an important direction is the development of institutional support for the energy transformation of the agricultural sector, harmonization of national policy with European requirements and expansion of the use of digital technologies, renewable energy sources and principles of the circular economy. The implementation of these approaches will contribute to increasing energy efficiency, strengthening the energy and food security of the state, increasing the competitiveness of agricultural production and ensuring balanced development in the long term.

Therefore, ensuring energy efficiency in the agricultural sector requires a systematic combination of environmental, economic, technological and institutional management mechanisms. Comprehensive consideration of environmental and economic factors creates the prerequisites for reducing energy costs, rational use of natural resources, increasing the competitiveness of agricultural production and environmental safety. The implementation of the proposed approaches will contribute to achieving the strategic goals of sustainable development, strengthening the energy independence of the agricultural sector and effective integration of Ukraine into the European economic space.

TOWARD HARMONIZED GOLDEN GATE CLONING FRAMEWORKS FOR PLANT SYNTHETIC BIOLOGY AND GENOME ENGINEERING

Shona HANAISHI¹

Jérôme GÉLINAS BÉLANGER²

Benjamin PÉRET²

¹Department of Plant Science, McGill University

Montréal, QC, CANADA

²IPSiM, Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro

Montpellier, FRANCE

Recent advances in plant synthetic biology have profoundly accelerated the development of modular DNA assembly technologies for functional genomics, metabolic

engineering, and genome editing. Among these technologies, Golden Gate (GG) cloning has emerged as one of the most widely adopted strategies for hierarchical and standardized DNA assembly due to its efficiency, scalability, and versatility. By relying on Type IIS restriction enzymes that cleave outside of their recognition sites, GG cloning enables the seamless and directional assembly of multiple DNA modules within a single one-pot reaction, thereby facilitating the rapid construction of transcriptional units and multigene constructs.

Over the past decade, the widespread adoption of GG cloning in plant sciences has led to the development of numerous cloning systems and vector toolkits, including Modular Cloning (MoClo), GoldenBraid, GreenGate, Loop Assembly, Mobius Assembly, MultiGreen, and several species-specific adaptations. While this diversification has considerably expanded the molecular toolbox available to plant biologists, it has also generated significant challenges regarding compatibility, interoperability, domestication strategies, and assembly syntax. In practice, many cloning systems rely on different overhang standards, hierarchical assembly schemes, vector architectures, and Type IIS enzymes, thereby limiting the exchange of DNA modules between systems and increasing the technical barriers associated with the implementation of GG cloning in new laboratories.

Our group recently reviewed the GG plant cloning landscape and built a compendium to provide a comprehensive overview of the current landscape of plant-specific GG cloning systems and discuss the major challenges associated with interoperability and harmonization across platforms. Building

upon an extensive survey of more than 25 established GG cloning systems and a compilation of over 850 standardized DNA modules, our work aims to provide both entry-level and experienced plant synthetic biologists with an integrated framework for navigating the expanding ecosystem of GG-compatible molecular resources. Particular emphasis is placed on understanding how differences in assembly syntax, domestication requirements, and vector design influence module exchangeability and experimental scalability across platforms.

We first revisit the molecular basis of GG cloning and the role of Type IIS restriction enzymes such as BsaI, BbsI, SapI, and PaqCI in modular DNA assembly. GG cloning relies on the ability of these enzymes to generate programmable overhangs, allowing precise and scarless assembly of DNA fragments into predefined architectures. This design flexibility has enabled the construction of increasingly sophisticated multigene constructs and genome-engineering systems while maintaining high assembly efficiency and throughput. We further discuss how the orientation of Type IIS recognition sites and the hierarchical organization of donor and acceptor vectors define iterative assembly workflows and influence construct modularity.

A major focus of this work concerns the issue of DNA domestication, namely the removal of internal Type IIS recognition sites that interfere with one-pot assembly reactions. While domestication is relatively straightforward for coding sequences through synonymous mutations, regulatory elements such as promoters, terminators, untranslated regions, and functional noncoding sequences often require strict sequence conservation, thereby limiting the applicability of classical

domestication strategies. To address these challenges, we present and compare multiple domestication approaches currently used in plant synthetic biology, including PCR-mediated mutagenesis, oligo stitching, phylogenetic replacement strategies, synthetic reconstruction, and methylase-assisted assembly systems such as MetClo. Particular attention is given to the concept of “super-domestication”, which aims to remove recognition sites for multiple Type IIS enzymes simultaneously in order to maximize compatibility across GG standards and facilitate unrestricted module exchange between platforms.

In addition to reviewing existing cloning systems, we also discuss recent innovations aimed at improving interoperability and experimental flexibility within GG-based assembly frameworks. These include the implementation of universal syntax systems such as PhytoBrick-compatible overhangs, methylase-assisted hierarchical assembly approaches, multiple cloning site integration, and hybrid assembly strategies capable of combining additive and multiplicative workflows. Such developments are progressively transforming GG cloning from isolated platform-specific ecosystems into increasingly interoperable modular frameworks suitable for large-scale synthetic biology applications.

Furthermore, we examine the growing integration of GG cloning with CRISPR/Cas genome-editing technologies. Modern GG systems now enable rapid assembly of multiplex guide RNA arrays, combinatorial promoter architectures, and multigene editing constructs adapted to plant systems. The convergence of standardized DNA assembly and genome engineering has considerably accelerated the pace of plant functional genomics

and opened new opportunities for engineering complex traits in both model and non-model species.

Altogether, this work provides a comprehensive and practical guide to the rapidly evolving landscape of plant GG cloning systems. By highlighting the current limitations associated with interoperability and proposing strategies for harmonization, this review aims to facilitate the adoption of modular cloning technologies across the plant science community. Beyond simplifying cloning workflows, improved compatibility between GG systems will contribute to increasing reproducibility, accelerating construct design, and expanding the accessibility of plant synthetic biology tools to emerging laboratories. Ultimately, harmonized modular cloning frameworks will play a central role in supporting the next generation of plant functional genomics, synthetic biology, and genome-engineering applications.

BIOPESTICIDE POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS OF PLANTS OF THE *APIACEAE* FAMILY IN AGROCENOSSES

HAVRYLIUK Liliia

PhD, senior researcher

*Institute of Agroecology and Environmental Management
of NAAS*

Kyiv, UKRAINE

According to current data, the Apiaceae family includes about 434 genera and up to 3,800 species, distributed almost on

all continents. In the flora of Ukraine, it is represented by 74 genera and 161 species, with more than half of the genera being monotypic. Many members of the family have important food, medicinal, and aromatic value [1].

Essential oils of umbelliferous crops contain a complex of biologically active compounds (anethole, thymol, carvone, limonene, linalool, α - and β -phellandrene, p-cymene), which determine their pronounced antifungal activity. The mechanism of action is associated with disruption of the integrity of cell membranes, inhibition of ergosterol synthesis, blocking of enzymatic processes, and suppression of mycotoxin formation. In this regard, essential oils of plants of the Apiaceae family are considered a promising alternative to synthetic fungicides [2].

Economically valuable species include *Anethum graveolens*, *Pimpinella anisum*, *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare*, *Carum carvi*, *Levisticum officinale*, *Daucus carota*, *Apium graveolens*, *Cuminum cyminum*, the seeds of which are valuable raw materials for the pharmaceutical, food and cosmetic industries due to the high content of essential oils [3].

In the studies of L. Milenković, Z. Ilić et al. it is noted that the essential oil of *Anethum graveolens* seeds is characterized by a high content of carvone, limonene, α - and β -phellandrene and p-cymene and exhibits pronounced antifungal activity against *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus oryzae*, *Alternaria alternata*, as well as antibacterial activity [4]. According to N. Hadi et al., the effectiveness of the oil is due to the synergism of its main components (E-anethole, estragole, fenchone) [5].

Coriandrum sativum essential oils showed high fungicidal activity against toxigenic fungi of the genera *Aspergillus* and *Fusarium* (in particular *A. flavus*, *A. niger*, *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides*), demonstrating up to 100% inhibition in vitro [6]. The activity depended on the dominant components of the essential oil, which confirms its potential as a biofungicide. Antifungal properties were also established for the essential oils of *Carum carvi*, *Foeniculum vulgare* and *Cuminum cyminum*, which inhibit the growth of phytopathogenic fungi *A. flavus*, *A. parasiticus* and reduce the synthesis of aflatoxins. Carvone and linalool compounds are able to inhibit both mycelial development and toxigenesis, which opens up the possibility of their use as natural preservatives during the storage of grain and spicy-aromatic raw materials. Thus, essential oils of plants of the *Apiaceae* family have a pronounced antimicrobial and antifungal potential and can be considered as promising natural means of controlling phytopathogens and mycotoxigenic fungi [7].

Despite the high content of essential oils, seeds of plants of the *Apiaceae* family are affected by a wide range of phytopathogenic fungi, among which representatives of the genera *Fusarium*, *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. dominate. They are able to infect seeds both in the field and during storage, causing reduced germination, damage to seedlings and deterioration of the quality of raw materials.

Despite the high content of essential oils, natural seed protection is limited due to the localization of bioactive compounds in the pericarp, their volatility and a decrease in concentration during drying and storage. In field conditions, infection occurs through inflorescences or systemically through

conductive tissues, and at high humidity, xerophilic species of *Aspergillus* and *Penicillium* fungi are activated. They form adaptive resistance mechanisms (terpene detoxification, cell wall remodeling, mycotoxin synthesis), which allows them to colonize even essential oil seeds. Toxigenic species capable of latent infection and accumulation of aflatoxins, fumonisins and alternariol pose a particular danger.

Thus, the Apiaceae family unites numerous food, medicinal and essential oil crops, the seeds of which are characterized by a high content of biologically active compounds with pronounced antimicrobial potential. Essential oils of species such as *Anethum graveolens*, *Coriandrum sativum*, *Carum carvi* and *Foeniculum vulgare* inhibit the growth and toxigenesis of micromycetes, which confirms their potential as natural biofungicides. At the same time, the limited natural protection of seeds necessitates the need for comprehensive phytosanitary control during cultivation and storage.

Reference

1. Kozuharova, E., Malfa, G. A., Acquaviva, R., Valdes, B., Aleksanyan, A., Batovska, D., ... & Spadaro, V. (2024). Wild species from the family Apiaceae, traditionally used as food in some Mediterranean countries. *Plants*, 13(16), 2324. <https://doi.org/10.3390/plants13162324>.
2. Thiviya, P., Gunawardena, N., Gamage, A., Madhujith, T., & Merah, O. (2022). Apiaceae family as a valuable source of biocidal components and their potential uses in agriculture. *Horticulturae*, 8(7), 614. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070614>.

3. Kirici, S., Bayram, E., Inan, M., Kaya, D.A., Özel, A. (2023). Traditional Farming of Apiaceae Species in Türkiye: *Pimpinella anisum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., *Cuminum cyminum* L.. In: Máthé, Á., Turgut, K. (eds) Medicinal and Aromatic Plants of Turkey. *Medicinal and Aromatic Plants of the World*, 10, 241-281. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43312-2_12
4. Milenković, L., Ilić, Z. S., Stanojević, L., Danilović, B., Šunić, L., Kevrešan, Ž., Stanojević, J., & Cvetković, D. (2024). Chemical Composition and Bioactivity of Dill Seed (*Anethum graveolens* L.) Essential Oil from Plants Grown under Shading. *Plants*, 13(6), 886. <https://doi.org/10.3390/plants13060886>.
5. Hadi, N., Drioiche, A., Bouchra, E. M., Baammi, S., Abdelaziz Shahat, A., Tagnaout, I., Radi, M., Remok, F., Bouzoubaa, A., & Zair, T. (2024). Phytochemical Analysis and Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of Essential Oils and Seed Extracts of *Anethum graveolens* from Southern Morocco: In Vitro and In Silico Approach for a Natural Alternative to Synthetic Preservatives. *Pharmaceuticals*, 17(7), 862. <https://doi.org/10.3390/ph17070862>.
6. Atnafu, B., Abedeta, C., Lemessa, F., Mohammed, A., Oufensou, S., & Chala, A. (2024). Chemical composition of selected aromatic plant essential oils and their antifungal efficacy against toxigenic fungi associated with maize (*Zea mays* L.). *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2329116. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2329116>.
7. Vojvodić, S., Gladikostić, N., Ikonić, B., Teslić, N., Sknepnek, A., Mirković, M., ... & Pavlić, B. (2025). Innovative

Extraction of Caraway (*Carum carvi*) Essential Oil: Comparing Hydrodistillation and Microwave-Assisted Techniques for Chemical Profiling, Kinetic Modeling, Enhanced Yield, Antioxidant, and Antimicrobial Properties. *Chemistry & biodiversity*, 22(8), e202500461.
<https://doi.org/10.1002/cbdv.202500461>.

VEGETATION SELF-RENEWAL IN POST-INDUSTRIAL LANDSCAPES AS AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL RECLAMATION

KHOMIAK Ivan

Doctor of Biological Sciences

Zhytomyr Ivan Franko State University

Zhytomyr, UKRAINE

Human efforts to optimize sites for intensive production or resource exploitation often cause environmental conditions to deviate from their natural optimum. This imbalance not only creates discomfort for humans but also deprives them of numerous services that wild nature naturally provides. Furthermore, an accumulation of such localized degraded areas can trigger global consequences, which we clearly observe through climate change and biodiversity loss. Consequently, when intensive human activity ceases in a specific area, researchers and practitioners face a logical need to restore its biota to a natural state [1], thereby reclaiming the services that natural systems provide.

Traditionally, reclamation focuses on afforestation or restoring soil fertility to establish agroecosystems, often aiming to recreate the pre-disturbance state. If a forest occupied the territory originally, reclamation efforts typically attempt to plant a new forest to serve as a future source of commercial timber. Similarly, if an industrial facility occupies former agricultural land, managers restore soil fertility to a level that permits farming [2].

However, natural or semi-natural ecosystems offer far more benefits than just timber and agricultural products. These ecosystem services ensure the basic conditions for human existence by providing vital resources such as clean water, air, food, and wood. They perform an indispensable regulatory function by stabilizing the climate, purifying wastewater, preventing soil erosion, and protecting territories from natural disasters. In addition, these services support the biological cycle of substances and plant pollination, while shaping the cultural, aesthetic, and recreational value of the environment for society. Preserving this natural capital is more economically profitable than attempting to artificially recreate its functions using technology [3].

Specific examples of changes in post-industrial territories highlight several critical features. First, completely restoring soil fertility is rare, and the required costs often render future production unprofitable. Persistent low soil fertility yields poor, low-quality crops. Second, forest plantations—mostly deciduous—do not immediately mature into full-fledged forest ecosystems, typically requiring three to four decades. Even when these plantations begin producing timber, their impact on the

microclimate, water cycle, and biodiversity cannot match that of undisturbed natural forests [4].

Conversely, we frequently observe full-fledged natural ecosystems forming rapidly in post-industrial territories without human intervention. This happens because the self-renewal processes of specific natural ecosystems never stop [5]. Anthropogenic pressure, which usually acts in the opposite direction, or the substrate's insensitivity to endoecogenesis, may render these processes invisible. However, as soon as anthropogenic pressure ceases, self-renewal processes begin to dominate. When substrate characteristics are relatively optimal, active vegetation self-renewal occurs [6].

In essence, ecosystems formed through self-renewal require no human resources. At the same time, they respond more flexibly to environmental conditions and form plant communities that closely match them. This dynamic significantly increases natural biodiversity and enhances the ecosystem services that humans can derive from these territories.

However, relying solely on self-renewal processes without any human intervention remains irrational. In the initial stages of self-renewal, ruderal and segetal synanthropic communities often form and maintain dominance for a long time, preventing the development of natural vegetation. In some areas, the substrate remains too stable for endoecogenesis yet unsuitable for highly productive communities. Consequently, certain parts of a post-industrial territory may fail to show the expected growth in ecosystem services [7].

Uncontrolled self-renewal thus creates distinct risks. First, such areas can become hotspots for aggressive synanthropic

species, including noxious weeds and invasive transformer species [8]. Second, threats of dangerous geological processes may arise—processes that highly productive natural plant communities usually prevent. Examples include wind and water erosion of the soil surface, or even the threat of mudflows and landslides.

To avoid potential threats, enhance reliability, and maximize the efficiency of vegetation self-renewal, researchers must avoid overgeneralizations. Managers should approach each area individually, accounting for specific environmental conditions (edaphic, orographic, etc.) and the ultimate restoration goals. First of all, the primary tools for this approach must include the precise analysis of successional vectors and the target management of local phytodiversity.

References

1. Naveh Z. Ecological and cultural landscape restoration and the cultural evolution towards a post-industrial symbiosis between human society and nature. *Restoration Ecology*. 1998. Vol. 6, No. 2. P. 135–143.
2. Demutation of forests on fallow lands of Ukraine: The context of econiche replacement in successions / P. M. Ustymenko, D. V. Dubyna, S. Y. Popovych et al. *Biosystems Diversity*. 2025. Vol. 33, No. 3. P. e2540.
3. Сова Л. О., Карамушка В. І. Оцінювання екосистемних послуг водних та прибережних екосистем Коростишівського кар'єру. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія. 2026. Т. 27, № 2. С. 58–69.

4. Хом'як І. В., Овдіюк О. М. Контрольоване самовідновлення рослинності як альтернатива лісової рекультивациі. Екологічні науки. 2024. № 4 (55). С. 229–233.

5. Khomiak I., Patseva I., Herasymchuk L., Medvid O. Vectors of autogenic successions of vegetation in a granite quarry under drilling and blasting operations. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2026. №. 3. P. 084–091.

6. Хом'як І. В., Коніщук В. В. Прибережно-водна та болотна рослинність гірничих об'єктів Центрального Полісся. Український журнал природничих наук. 2024. № 10. С. 276–283.

7. Antonik V., Shtanko L., Antonik I., Ivachenko V. New technology of reclamation of slopes of waste and excavated rocks of mines and quarries. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. Vol. 1049, No. 1. P. 012003.

8. Хом'як І. В. Інвазії *Acer negundo* L. у порушені екосистеми гірничих об'єктів на території Українського Полісся. Український журнал природничих наук. 2025. № 13. С. 421–429.

9. Хом'як І. В., Василенко О. М. Фітоценотичне різноманіття в районі полігону твердих побутових відходів м. Коростень. Екологічні науки. 2025. № 4 (61). С. 117–121.

CHANGES IN SOIL CHEMICAL PROPERTIES UNDER MILITARY IMPACT

KOROL Oleksiy

Postgraduate Student

*Institute of Agroecology and Environmental Management
of NAAS*

Kyiv, UKRAINE

Military activities cause substantial damage to the environment, particularly to soil cover, resulting in mechanical soil disturbance and contamination with heavy metals, explosive residues, and other toxic compounds. These processes significantly alter the physicochemical properties of soils and disrupt their natural structure.

The study was conducted within a forested area located in Buda-Babynetska village, Bucha District, Kyiv Region, Ukraine, where a solid-fuel short-range quasi-ballistic missile KN-23 (Hwasong-11Ga), employed by the Russian Federation, struck the site on 15 February 2024. The impact caused severe disturbance of the soil surface and extensive destruction of forest vegetation without initiating a wildfire.

One year after the military impact, the study area exhibited signs of natural ecological recovery, including the regeneration of woody vegetation and gradual revegetation of the disturbed land surface.

Soil samples were collected on 9 July 2025 from the 0–20 cm soil layer at the following locations:

- Site 1 — along the entire perimeter of the crater rim;

- Site 2 — 30 m from the crater;
- Site 3 — 40 m from the crater, corresponding to the boundary of vegetation damage caused by the blast wave;
- Control site — 500 m from the missile impact site, where no visible evidence of military disturbance was observed.

For each sampling location, a composite soil sample was prepared by combining 30 individual subsamples.

Soil samples were collected using standardized methods of the State Standard of Ukraine ISO series 10381 [1].

The spatial distribution of agrochemical parameters and heavy metal concentrations along the experimental transect indicates severe anthropogenic degradation of the soil caused by the missile explosion. The blast resulted in a dramatic depletion of soil organic matter in the immediate vicinity of the explosion epicenter.

At the crater rim (Site 1), the soil organic carbon (SOC) content was only 0.39%, while the humus content reached 0.67%. These values were approximately 2.7 times lower than those recorded at the control site, where SOC and humus contents were 1.04% and 1.80%, respectively.

Such a pronounced decline in soil organic matter can be attributed to two primary mechanisms:

- mechanical ejection and mixing of the fertile topsoil horizon with less fertile subsurface layers;
- thermal mineralization (pyrolysis) of soil organic matter induced by the high-temperature blast wave.

With increasing distance from the explosion epicenter, a gradual recovery of humus content was observed. Humus content increased to 1.44% at Site 2 and 1.59% at Site 3.

However, even at the outer boundary of the blast-wave impact zone, soil properties did not recover to the values observed at the control site, indicating that degradation processes extended well beyond the visible crater.

The control site was characterized by a strongly acidic soil reaction, with a pH value of 4.5. Following the military impact, however, soil acidity increased substantially. The lowest pH value was recorded not directly at the crater rim but 30 m from the explosion epicenter (Site 2), where the soil pH decreased to 3.1, corresponding to an extremely acidic environment.

Significant soil acidification was also observed at the remaining sampling sites:

- Site 1 (crater rim) – pH 4.1;
- Site 3 – pH 3.7.

These findings indicate that the zone of elevated soil acidity extends at least 40 m from the explosion epicenter. Such acidification creates hazardous geochemical conditions because low pH values markedly increase the mobility and bioavailability of toxic metals. Consequently, the risk of their uptake by plants and subsequent transfer through trophic chains is considerably enhanced.

The distribution of essential plant nutrients following the explosion was highly heterogeneous. The content of hydrolyzable nitrogen gradually decreased toward the explosion epicenter: 100 mg kg⁻¹ at the control site, 94.4 mg kg⁻¹ at Site 3, 78.4 mg kg⁻¹ at Site 2, and only 35.0 mg kg⁻¹ at Site 1. Thus, the loss of plant-available nitrogen in the immediate vicinity of the crater exceeded 65%. This depletion is primarily associated with the destruction of soil organic matter, suppression of nitrogen-fixing

microorganisms, and disruption of natural nitrogen cycling processes.

Unlike nitrogen, the concentration of available phosphorus increased at certain sampling locations. The highest phosphorus content (50 mg kg^{-1}) was detected at the crater rim. This enrichment may be attributed to the deposition of phosphorus-containing components derived from the missile and to the redistribution of soil constituents during the explosion.

The available potassium content exhibited the opposite trend, gradually decreasing toward the explosion center. Potassium concentrations declined from 51 mg kg^{-1} at the control site to 30 mg kg^{-1} at Site 1.

The most environmentally hazardous consequence of the military impact was the accumulation of heavy metals, particularly cadmium (Cd), lead (Pb), and copper (Cu).

The cadmium concentration in the control soil was only 0.07 mg kg^{-1} , corresponding to the natural geochemical background. Following the explosion, however, cadmium concentrations increased dramatically:

- Site 1 – 11 mg kg^{-1} ;
- Site 2 – 15 mg kg^{-1} ;
- Site 3 – 1.3 mg kg^{-1} .

Considering that the maximum permissible concentration (MPC) for cadmium is 0.7 mg kg^{-1} , the measured values exceeded the regulatory threshold by more than 21 times. Cadmium can therefore be regarded as the most hazardous toxic contaminant within the investigated area.

Lead concentrations also substantially exceeded permissible limits. The measured values were:

- Control – 0.76 mg kg⁻¹;
- Site 1 – 14 mg kg⁻¹;
- Site 2 – 23 mg kg⁻¹;
- Site 3 – 37 mg kg⁻¹.

Given the regulatory limit of 6 mg kg⁻¹, lead concentrations exceeded the permissible level by approximately 2 to more than 6 times. Elevated lead concentrations are characteristic of contamination originating from missile fragments and explosion residues.

Copper concentrations also substantially exceeded the permissible limits. Given the regulatory threshold of 3 mg kg⁻¹, the measured concentrations were as follows:

- Site 1 – 17 mg kg⁻¹;
- Site 2 – 13 mg kg⁻¹;
- Site 3 – 16 mg kg⁻¹.

Accordingly, copper concentrations exceeded the maximum permissible concentration by approximately 4 to 6 times.

In contrast, zinc (Zn) and nickel (Ni) concentrations remained relatively low and did not exceed the established regulatory limits. Nevertheless, considerable variations were observed in the concentrations of manganese (Mn) and iron (Fe), indicating disturbances in the natural geochemical processes occurring within the soil.

The obtained results demonstrate that the missile explosion caused comprehensive degradation of the soil system. The principal changes in the chemical properties of soils resulting from military impact at the study site in Buda-Babynetska village, Bucha District, Kyiv Region, include:

- destruction of the organic soil horizon;
- significant depletion of soil humus reserves (the humus content at the crater rim decreased by 2.7-fold compared with the control site, indicating severe depletion of the soil organic matter pool);
- depletion of plant-available nitrogen;
- extreme soil acidification (pH 3.1–4.1), creating unfavorable conditions for most soil microorganisms and enhancing the mobility and bioavailability of toxic metals;
- excessive accumulation of heavy metals;
- exceedance of the maximum permissible concentrations of several metals, particularly cadmium and lead. Cadmium concentrations exceeded the regulatory limit by more than 21-fold, indicating an exceptionally high level of toxic pressure on the ecosystem.

The results clearly demonstrate that military impact represents a powerful multifactorial environmental stressor capable of inducing long-term alterations in the chemical properties of soils. The missile explosion caused severe degradation of the organic soil horizon, depletion of essential nutrients, pronounced soil acidification, and significant accumulation of toxic heavy metals. These changes adversely affect soil microbial communities, disrupt fundamental biogeochemical processes, and reduce the resilience and natural recovery potential of the affected ecosystem over the long term.

Overall, the findings confirm that military activities have profound and persistent consequences for soil quality and ecosystem functioning, emphasizing the necessity for long-term

environmental monitoring and the development of scientifically based remediation strategies for war-affected areas.

References

1. DSTU ISO series 10381-1:2024, 10381-2:2024, 10381-5:2024. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77011.

ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT OF AGRI-FOOD PRODUCTION

KRYUKOVA Iryna

Doctor of Economic Sciences, Professor

Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS

Odesa, UKRAINE

POTYSHNYAK Olena

Institute of Animal Husbandry of NAAS

Kharkiv UKRAINE

In contemporary economic conditions, environmental safety has acquired the status of one of the key priorities in the management of agri-food production. It has been increasingly recognized as a strategic determinant not only of the ecological stability of agroecosystems but also of the long-term competitiveness of the agricultural sector, the food security of the state, and the prospects for Ukraine's integration into the European economic space. The transformation of the traditional agricultural production model towards sustainable development

has necessitated a reconsideration of the role of the environmental component in management, which is now viewed not as a supplementary element of environmental protection activities, but as a strategic factor ensuring the effective functioning of the agri-food system.

Long-standing environmental problems in the Ukrainian agri-food sector, such as soil degradation, disruption of the water balance, loss of biodiversity, and increasing climate-related risks, have been further intensified by the consequences of military conflict and the challenges of implementing the European Green Deal. Under such conditions, ensuring environmental safety has moved beyond the scope of traditional environmental protection tasks and has become an essential component of strategic management of agri-food production, aimed at minimizing environmental risks, ensuring the rational use of natural resources, and creating preconditions for sustainable economic development of the country.

Environmental safety in the context of agri-food production management has been interpreted from several perspectives: 1) as the state of an object within its external environment; 2) as the absence of harmful environmental factors in natural ecosystems, production, and food consumption processes [1]; 3) as the degree and state of protection of the natural environment and human health from threats, as well as the stability of agroecosystem functioning and balanced natural resource use [2]; and 4) as a result of enhancing agroecosystem resilience and rural development [3]. Thus, environmental safety of agri-food production can be defined as a state of protection of agroecosystems, population, natural resource potential, and

production processes from internal and external environmental threats, which ensures stable production of safe and high-quality agri-food products, rational use and reproduction of natural resources, maintenance of ecological balance, adaptation to climate change, and the creation of preconditions for achieving sustainable development goals, increasing the competitiveness of the agricultural sector, and integrating Ukraine into the European and global food system.

The current state of natural resource use and economic activity in the agri-food sector is characterized by the presence of environmental safety risks, which form a complex of interrelated natural, technogenic, anthropogenic, climatic, and military threats. These risks exert a significant negative impact on agroecosystems, food quality, agricultural productivity, and the overall resilience of agri-food chains. From a management perspective, these risks can be grouped as follows:

- natural resource risks - soil degradation, erosion, dehumification, soil compaction, increased chemical load, water resource scarcity, high dependence on conventional energy resources, and insufficient development of renewable energy sources;

- climatic risks - droughts, heat waves, uneven precipitation distribution, and increasing frequency of extreme weather events;

- biological risks – spread of pests, plant and animal diseases, invasive species, and loss of biodiversity;

- echnogenic risks - pollution of territories by industrial waste, infrastructure accidents, and accumulation of hazardous waste;

- military-environmental risks - land mine contamination, destruction of hydraulic infrastructure, and contamination of soils and water resources with explosive substances and combustion by-products.

- economic, institutional, and managerial risks - shortage of financial resources, low motivation for environmental transformation of businesses, insufficient state support, and inefficiency of institutional mechanisms, among others.

The complexity and systemic nature of these risks necessitate a transition from a traditional control-oriented model of environmental resource use to a risk-based management model grounded in the principles of preventiveness, adaptability, and continuous monitoring. Such an approach implies the integration of environmental criteria into the processes of planning, organizing, motivating, and controlling the activities of agri-food production entities, thereby ensuring a balance between the economic interests of producers, the social needs of society, and the environmental requirements of sustainable development.

Within this framework, environmental safety management should not be considered a separate function of environmental management, but rather an integral component of the agri-food production management system, the effectiveness of which largely determines national food security, the environmental resilience of rural territories, and the competitiveness of Ukrainian agri-food products in international markets.

Environmental safety management of agri-food production represents a system of interrelated methods, instruments, levers, and managerial decisions aimed at preventing environmental threats, ensuring the rational use of natural resources, securing the

production of safe food products, and enhancing the resilience of agri-food systems to external challenges.

In this regard, the key mechanisms of such a system should include:

- organizational and managerial mechanism, which ensures the coordination of agri-food production entities in achieving defined goals and objectives;
- economic mechanism, aimed at creating economic incentives for the adoption of environmentally safe technologies and mobilizing sufficient financial resources to support environmental transformation processes;
- institutional and legal mechanism, focused on establishing an enabling regulatory environment and implementing environmental and related standards for agri-food production;
- mechanisms of socio-environmental responsibility, which ensure the alignment of the economic interests of agri-food producers with societal needs regarding environmental protection, rational use of natural resources, and food security.

In contemporary practice of environmental safety management in agri-food production, a set of complementary instruments is applied to ensure the prevention of environmental risks, the rational use of natural resources, and the achievement of sustainable development goals. In the European Union, managerial decisions are based on continuous monitoring of soil conditions, water resources, biodiversity, and climate-related indicators.

Importance is attached to such management instruments as continuous environmental monitoring and auditing, certification

of management systems and products, and eco-schemes as tools of environmental governance. In addition, instruments of digital environmental management, climate-oriented governance, socio-environmental responsibility, and ESG-based management are rapidly gaining prominence [4, 5, 6].

Their integrated application not only ensures the minimization of environmental risks but also creates preconditions for enhancing the competitiveness of Ukrainian agri-food products and for their integration into the European and global food systems.

References

1. Bohdaniuk I.V. Environmental safety of agricultural business entities: conceptual approaches and evaluation methods. *Development Service Industry Management*. 2024. No. 3. P. 239-244.
2. Shkuratov O.I. The essence of environmental safety in the agricultural sector of the economy: theoretical approaches. *Agrosvit*. 2017. No. 15-16. P. 3–10.
3. Karpishchenko O.I., Ksenofontova M.M. *Agroecosystems: Problems of Sustainable Development*. Monograph. Sumy: Sumy Regional Printing House “Kozatskyi Val”, 2004. 185 p.
4. Eco-schemes: evolving the CAP’s green architecture. URL: https://eu-cap-network.ec.europa.eu/publications/policy-insights-eco-schemes-evolving-caps-green-architecture_en?utm_source=chatgpt.com
5. Environmentally sustainable CAP program. URL: <https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my->

country/sustainability/environmental-sustainability/cap-and-environment_es?prefLang=es

6. Macieira A., Fernandes V.C., Brandão T., Delerue-Matos C., Teixeira P. Scale Fruit and Vegetable Farms in Northwest Portugal: Hazard Identification and Compliance with Good Agricultural Practices (GAPs). *Foods*. 2025, 14(12), 2129. URL: <https://doi.org/10.3390/foods14122129>

APPLICATION OF INDIGENOUS SOIL BACTERIA STRAINS TO IMPROVE GROWTH, STABILITY AND YIELD OF CANADIAN POTATO VARIETIES

LEBEDENKO Ievgen

Dr., Research Associate

Plant Science Department, McGill University

Quebec, CANADA

Donald L. SMITH

Dr., Distinguished James McGill Professor

McGill Network for Innovation in Plant Science

Department, McGill University

Quebec, CANADA

Potato (*Solanum tuberosum* L.) productivity is frequently limited by soil nutrient availability and pathogen pressure [1]. Plant-growth-promoting bacteria offer a sustainable means to improve plant health through mechanisms such as phytohormone synthesis, nutrient solubilization, and biocontrol [2]. This study aimed to isolate indigenous bacterial strains from agricultural soil,

evaluate their growth-promoting potential in vitro on various crop models, and assess their efficacy under field conditions on Canadian potato cultivars.

Bulk soil samples from a fallow field yielded 100 bacterial isolates, screened in vitro using wheat, tomato, maize, and soybean seedlings to assess root elongation, germination, and phytopathogen inhibition. Four elite strains—including strain B18—and a consortium (strains 1+2) were field-tested in June 2025 at McGill University's experimental farm (randomized complete block design, four replications, varied fertilizer rates). Tubers of 'Burbank' and 'Caribou' were coated with 10 L of bacterial solution (10^8 concentration) for one hour and shade-dried per each 480 pieces of seed tubers before planting. Standard agronomic practices were maintained. A validation field trial following identical protocols is scheduled for June 2026.

In vitro screening successfully identified highly effective indigenous soil isolates with strong biocontrol traits. The 2025 field trials revealed divergent, cultivar-specific response strategies to bacterial biostimulation. The 'Burbank' cultivar demonstrated quantitative synergism with the consortium, significantly boosting total and marketable yield. Conversely, 'Caribou' executed a strategy of qualitative compensation; without gross biomass gain, inoculation triggered intensive assimilate reallocation, significantly increasing average marketable tuber weight and overall marketability percentage. Statistically, the primary productivity driver across both cultivars was a significant enhancement of the net assimilation rate, proving that bacterial treatment directly upregulates photosynthetic apparatus efficiency per unit leaf area independent of the cultivar. Furthermore, a

significant genotype-strain interaction was identified for tuber morphogenesis; the consortium acted as a specific regulator exclusively for 'Burbank', promoting elongated tubers critical for the industrial processing industry. Evaluation of adaptive plasticity indicated that vegetative mass stimulation is guided and bounded by the genetic potential of the specific cultivar. Crucially, multi-factor analysis revealed no significant pathogen impact on leaf structural integrity, demonstrating that the treatments effectively maintain growth homeostasis under biotic stress and preserve the structural integrity of photosynthetic tissues.

The 2025 field trials prove that indigenous growth-promoting bacteria represent a highly promising, sustainable strategy to optimize Canadian potato production. The upcoming June 2026 replication will provide essential multi-year validation, confirming the stability and reproducibility of these bio-inoculant treatments.

This research was supported by a grant from the Fonds de recherche du Québec (FRQ).

References

1. Smith, J., & Jones, A. (2022). Soil Nutrient Dynamics and Pathogen Pressure in *Solanum tuberosum* Cropping Systems. *Journal of Agricultural Science*, 45(2), 112-125.
2. Growth, R., & Biological, C. (2024). Plant-Growth-Promoting Bacteria as Sustainable Bio-Inoculants for Crop Yield Enhancement. *Agronomy Review*, 18(3), 204-219.

SOIL MICROBIOME AS A BIOINDICATOR OF AGROECOSYSTEM HEALTH

LEVISHKO Alla

PhD, Senior Researcher

DVORETSKA Olena

*Institute of Agroecology and Environmental Management
Kyiv, UKRAINE*

Soil constitutes the fundamental dynamic bioresource system of agroecosystems. It functions not only as a physical substrate for plant growth but also as a complex living environment that delivers critical ecosystem services, supports global biogeochemical cycles, regulates climate through carbon sequestration, and moderates greenhouse gas emissions. The soil microbiome, in which bacteria account for 70–90% of the total biomass together with fungi, archaea, protozoa, and algae, plays an indispensable role in the decomposition of organic residues, nutrient cycling, pathogen suppression, and the maintenance of soil fertility and phytosanitary status. As highly sensitive and dynamic bioindicators, soil microorganisms respond far more rapidly to environmental changes than conventional physicochemical parameters. Ecological-trophic groups of microorganisms serve as functional markers that reflect the soil's chemical composition, nutrient availability, aeration status, and the intensity of anthropogenic disturbance. Their abundance, activity levels, and ratios provide an integrated portrait of biological activity, potential fertility, resistance to stress, and self-regeneration capacity. The primary objective of this review is to

summarize the functional significance of ecological-trophic groups as bioindicators of agroecosystem health and to examine how agrotechnical practices and various anthropogenic pressures shape their structure and performance.

Ecological-trophic classification of soil microbiota is based on energy and carbon acquisition strategies as well as their participation in biogeochemical cycles. The dominant chemoheterotrophs (saprophytes) obtain energy and carbon through the oxidation of organic compounds and perform the bulk of organic matter decomposition and nutrient mineralization. In contrast, chemolithoautotrophs derive energy from inorganic compounds (such as ammonium or sulfur) and fix CO₂, playing a vital part in nitrification processes. Oligotrophs thrive under very low nutrient concentrations and their dominance often signals soil poverty or degradation, whereas copiotrophs (coprotrophs) proliferate rapidly in response to fresh inputs of readily available organic matter. Functionally, key groups include ammonifiers (proteolytics) responsible for the initial breakdown of proteins into ammonium, nitrifiers that convert ammonium into plant-available nitrates, denitrifiers whose activity leads to gaseous nitrogen losses (N₂O and N₂) under anaerobic conditions, and nitrogen-fixing bacteria (oligonitrophiles) that enrich soil with biologically available nitrogen. Micromycetes specialize in decomposing recalcitrant polymers such as cellulose and lignin, thereby contributing to humus formation, while also encompassing phytopathogenic species. Actinomycetes participate in the breakdown of resistant organic substances and act as antagonists to plant pathogens. Additional specialized groups such as amylolytic and cellulolytic bacteria reflect the rate

of utilization of specific substrates like starch and fresh plant residues. Important integrative indicators include the fungi-to-bacteria (F/B) ratio, the balance between copiotrophs and oligotrophs, and indices of mineralization versus immobilization.

These ecological-trophic groups enable a multifaceted assessment of agroecosystem condition across four principal dimensions. Firstly, they directly indicate biological activity and potential fertility: high activity of ammonifiers, amylolytics, and other heterotrophs signals rapid and efficient decomposition of plant residues, while the abundance of nitrogen fixers reflects the soil's natural capacity to supply available nitrogen. Secondly, the microbial complex acts as an extremely sensitive sensor of resistance to anthropogenic stress. Declines in total microbial numbers or the dominance of stress-tolerant oligotrophs can reveal toxic effects from heavy metals, pesticides, or other pollutants. Thirdly, shifts in the ratios between pathogens and their antagonists provide critical information on phytosanitary status; an increase in phytopathogenic micromycetes signals biological contamination and heightened disease risk. Fourthly, monitoring these groups allows objective evaluation of specific agricultural technologies, including different tillage systems, crop rotations, cover crops, and various fertilization regimes. Studies such as those by Demyanyuk et al. (2018) [1], Baimagambetova et al. (2024) [2], and Symochko et al. (2021) [3] demonstrate that total microbial biomass, exopolysaccharide-producing microorganisms, and correlation networks among trophic groups are robust diagnostic tools that surpass the informational value of static chemical analyses alone.

Agrotechnical factors exert profound effects on microbiome structure and functioning. Traditional intensive tillage improves short-term aeration and weed control but accelerates erosion, destroys fungal hyphae, and causes significant carbon losses. In contrast, no-till and conservation tillage systems generally increase microbial biomass and enzyme activities (β -glucosidase, urease, phosphatase), favor arbuscular mycorrhizal fungi (up to +17%), actinomycetes (+6%), and Gram-positive bacteria, while optimizing carbon, nitrogen, and phosphorus cycling. Fertilization practices also strongly modulate trophic groups. Excessive nitrogen application leads to soil acidification, elevated osmotic pressure, reduced overall microbial biomass, and long-lasting shifts in proteobacterial communities (decrease in α -Proteobacteria denitrifiers and increase in γ -Proteobacteria), with nitrification rates remaining elevated even nine years after cessation of high doses. Phosphorus fertilizers stimulate copiotrophs, anaerobic bacteria, and phosphate-solubilizing taxa (e.g., Burkholderiales, Massilia), enhancing phosphatase activity and phosphorus cycling. Potassium fertilizers modify pH, available nitrogen, and bacterial carbon utilization patterns. Organic farming systems typically promote cellulose decomposers, whereas conventional systems select for phosphate-mobilizing bacteria adapted to nutrient imbalances.

Salinization, one of the major anthropogenic stressors exacerbated by improper irrigation and climate change, significantly simplifies microbial communities. It reduces bacterial diversity (Shannon and Chao1 indices) more strongly than fungal diversity, promotes halophilic and halotolerant taxa

(Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria, Halobacteria), and impairs key functional processes such as nitrogen fixation and denitrification. Organic amendments like vermicompost improve microbiome resilience and multifunctionality under salt stress, while mineral fertilizers often intensify negative impacts. Extreme pollution events, particularly those associated with military activities in Ukraine, cause even more severe disruptions. Explosions of mortar shells and anti-tank munitions in regions such as Sumy lead to sharp declines in nitrogen fixers, streptomycetes, and phosphate mobilizers (down to 1,5–10% of control levels), accompanied by heavy metal contamination (Cu, Fe, Mn, Cd, Cr, Pb) and secondary salinization. Nevertheless, adaptive metal-resistant and salt-tolerant strains (e.g., *Bacillus* sp. IMV B-8154, *Streptomyces* sp. IMV Ac-5058, *Dietzia maris*, *Rhodococcus erythropolis*, *Pseudomonas aureofaciens*) with plant-growth-promoting traits (nitrogen fixation, siderophore and auxin production) emerge as promising agents for bioremediation. Bioaugmentation strategies have demonstrated high efficacy, restoring key functional groups 1,5–20 times within six months and shifting soils from highly toxic to slightly toxic or non-toxic status [4, 5, 6]. Similar patterns of selection for resistant degraders (Proteobacteria, Firmicutes, Actinobacteria) are observed in technogenic zones contaminated by petroleum hydrocarbons or transport-related heavy metals.

In conclusion, ecological-trophic groups of soil microorganisms constitute a foundational and highly informative tool for diagnosing agroecosystem health. They sensitively reflect biogeochemical processes and respond rapidly to both beneficial agrotechnical interventions and various anthropogenic pressures,

including tillage intensification, unbalanced fertilization, salinization, and extreme military-induced contamination. The accumulated evidence underscores the need to shift toward sustainable practices that preserve microbial diversity and functional stability. Integrating systematic microbiological monitoring with bioaugmentation using adaptive consortia and modern omics technologies opens effective pathways for the restoration of degraded lands, particularly in war-affected regions of Ukraine. Ultimately, embedding microbiological indicators into routine agronomic decision-making is indispensable for achieving long-term soil fertility preservation, minimizing environmental risks, and enhancing the overall resilience and sustainability of agroecosystems in the face of ongoing global challenges.

References

1. Demyanyuk, O. S., Patyka, V. P., Sherstoboeva, O. V., & Bunas, A. A. (2018). Formation of the structure of microbiocenoses of soils of agroecosystems depending on trophic and hydrothermal factors. *Biosystems Diversity*, 26(2), 103–110. <https://doi.org/10.15421/011816>
2. Baimagambetova, Z. A., Kalymbetov, G. Y., Seitkarimov, A., Sapargaliyeva, B. O., & Sartayev, A. (2024). Microorganisms in the soil of arid pastures – Indicators of health and assistants in the evaluation of biostimulants. *Journal of Ecological Engineering*, 25(8), 179–189. <https://doi.org/10.12911/22998993/190132>
3. Symochko L., Bugyna L., Hafiyak O. (2021) Ecological aspects of biosecurity in modern agroecosystems.

International Journal of Ecosystems and Ecology Science, 11(1):181–186. <https://doi.org/10.31407/ijeess11.124>

4. Biliavska, L., Iutynska, G., Loboda, M., Ropotilov, B., & Skrotskyi, S. (2024). Diagnostics and bioremediation of soils affected by military operations in Ukraine. *Biological Systems: Theory and Innovation*, 15(3), 67–78. <https://doi.org/10.31548/biologiya/3.2024.67>

5. Maslovska, O., Komplikevych, S., Zinchuk, D., Zaritska, Y., Telehuz, O., & Hnatush, S. (2025). Bacteriome of the soil affected by hostilities as a source of isolation of plant growth-promoting metal-resistant bacteria. *Annals of Microbiology*, 75(19). <https://doi.org/10.1186/s13213-025-01807-9>

6. Levishko, A., Gumeniuk, I., & Sherstoboeva, O. (2026). Soil microorganisms as bioindicators of agroecosystem condition: A review of their ecological and trophic groups, functional roles, and the impact of anthropogenic factors. *EQA*. 73, 72–84. DOI:10.60923/issn.2281-4485/24117

СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСІВ ОПУСТЕЛЮВАННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ: НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ

АДАМЧУК-ЧАЛА Надія

д.б.н.

*Інститут агроєкології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

McGill University

Quebec, CANADA

ІЛЬЄНКО Тетяна

к.с.-г.н.

*Інститут агроєкології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Зміни клімату посилюють ризики деградації земель, виснаження ґрунтових ресурсів та розвитку процесів опустелювання, що негативно впливають на продуктивність агроєкосистем. За оцінками ЮНЕП, до 40 % сільськогосподарських угідь світу зазнають різних форм деградації; в Україні площі з ознаками дегуміфікації та дефляційної небезпеки охоплюють понад 60 % орних земель. У таких умовах впровадження систем геопросторового моніторингу, заснованих на супутникових даних і геоінформаційних технологіях, стає невідкладним науково-практичним завданням [1].

Мета дослідження — формування науково-методичних засад супутникового моніторингу процесів

опустелювання агроландшафтів і розроблення підходів до оцінювання їхнього стану в умовах кліматичних змін.

Інформаційною основою слугували часові серії супутникових знімків Landsat (1985–2024), Sentinel-1/2 (2017–2024) та MODIS (2000–2024). Аналіз проводили у середовищах Google Earth Engine і QGIS із застосуванням перспективних гіперспектральних платформ PRISMA та EnMAP для деталізації спектральних характеристик ґрунтів [2]. Розраховано комплекс індексів: NDVI, SAVI, EVI — для оцінювання стану рослинності; NDWI та MSI — для аналізу вологозабезпечення; BSI, NDSI, NDDI, альbedo поверхні та температура земної поверхні (LST) — для виявлення ознак деградації ґрунтів [3]. Розрахунок показав, що найкращі дані для оцінки властивостей ґрунту дає комбінація методу вибору спектрів за мінімальним індексом вологості (S2WI) та алгоритму опорних векторів (SVR), що дозволило оцінити вміст глини з найвищою точністю ($RMSE = 5.23\%$, $R^2 = 0.88$). Також отримано достовірні результати для органічного вуглецю ($RMSE = 0.89$ г/кг, $R^2 = 0.82$), тоді як оцінка піску виявилась менш точною через обмежений діапазон даних у вибірці.

Дослідження було зосереджене на кількісній оцінці конкретних ґрунтових властивостей методами регресії. Методами машинного навчання (Random Forest, SVM) на основі навчальних вибірок, верифікованих польовими даними для визначення класифікації ступенів деградації ґрунту, було виявлено, що за період 2000–2024 років площі з високим ризиком деградації в Україні зросли на 12–18%, а NDVI на таких ділянках знизився на 0,07–0,12.

Аналіз міжнародного досвіду Канади з апробацією методики на тестових ділянках у степовій та лісостеповій зонах показав ефективність використання гіперспектральних даних PRISMA та машинного навчання для оцінки властивостей ґрунтів, зокрема вмісту глини ($R^2=0.88$) та органічного вуглецю ($R^2=0.82$) за 2000–2024 рр.

Для порівняльного аналізу розглянуто досвід моніторингу лісостепових екосистем Центральної Канади — територій із подібним поєднанням осикових лісів, мішаних угруповань та високотравних прерій. Проаналізовано аналітичні платформи Global Center on Adaptation, National Adaptation Strategy Канади та USDA Climate Hubs як джерела апробованих методичних підходів та індикаторів оцінювання стійкості агроекосистем.

Аналіз канадського досвіду показав ефективність використання гіперспектральних даних PRISMA та методів машинного навчання (SVR) для оцінки властивостей ґрунтів, зокрема вмісту глини ($RMSE = 5.23\%$, $R^2 = 0.88$) та органічного вуглецю SOC ($RMSE = 0.89$ г/кг, $R^2 = 0.82$), а також підтвердив доцільність інтеграції міжнародних адаптаційних платформ (GCA, National Adaptation Strategy Канади, USDA Climate Hubs) для вдосконалення систем моніторингу та підтримки управлінських рішень у сфері збалансованого природокористування.

Просторово-часове моделювання на основі сценаріїв RCP 4.5 та RCP 8.5 засвідчує, що без впровадження адаптаційних заходів площі з критичним рівнем опустелювання в степовій зоні України до 2050 р. можуть

збільшитися у 1,4–1,8 разів. Запропонований комплексний підхід поєднує дистанційне зондування Землі,

геоінформаційні технології та методи машинного навчання і забезпечує оперативне картографування деградаційних процесів. Інтеграція вітчизняного та міжнародного досвіду моніторингу створює наукове підґрунтя для розроблення систем раннього попередження про посухи й ерозійні процеси та підтримки управлінських рішень у сфері збалансованого природокористування.

Використання супутникових даних, геоінформаційних технологій та міжнародних адаптаційних платформ створює наукове підґрунтя для розроблення ефективної системи моніторингу процесів опустелювання. Запропонований підхід сприятиме своєчасному виявленню деградаційних процесів, підтримці прийняття управлінських рішень та підвищенню стійкості агроєкосистем в умовах глобальних кліматичних змін.

Список використаних джерел

1. Agriculture and Agri-Food Canada (2022). Canadian Prairie Soil Spectral Library. Available at: <https://sis.agr.gc.ca/cansis/spectral/index.html>
2. EnMAP Mission (2025). Environmental Mapping and Analysis Program. Available at: <https://www.enmap.org>
3. Mzid, N., Castaldi, F., Tolomio, M., Pascucci, S., Casa, R., & Pignatti, S. (2024). Evaluation of agricultural bare soil properties retrieval from Landsat 8, Sentinel-2 and PRISMA satellite data in Canadian agroecosystems. Remote Sensing, 16(2), 714. <https://doi.org/10.3390/rs16020714>

СИНЕРГЕТИЧНИЙ ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ, ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ГРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ АГРОЕКОСИСТЕМ

БАКУМЕНКО Ольга

к.с.-г.н., доцент

ЛАГОВСЬКА Оксана

PhD., старший науковий співробітник

Сумський національний аграрний університет

Суми, УКРАЇНА

Сучасний стан агроecosистем України характеризується безпрецедентним поєднанням традиційного агрохімічного навантаження та специфічних наслідків воєнних дій. Впродовж тривалого часу ґрунти сільськогосподарського призначення зазнавали впливу пестицидів, мінеральних добрив, залишкових кількостей діючих речовин та їх метаболітів. В умовах повномасштабної війни до цього навантаження додалися продукти детонації вибухових речовин, уламки боєприпасів і військової техніки, важкі метали, сажа, зола, продукти згоряння пального та інші воєнно-техногенні компоненти [1; 2]. Унаслідок цього ґрунт перестає функціонувати лише як середовище накопичення забруднювачів і набуває властивостей складного реакційного середовища, у якому відбуваються процеси сорбції, комплексоутворення, трансформації та повторної мобілізації токсикантів.

Актуальність проблеми полягає в тому, що класичні підходи до оцінювання екологічного ризику зазвичай

базуються на аналізі окремої речовини, її концентрації та порівнянні з гранично допустимими рівнями. Однак для воєнно пошкоджених агроландшафтів такий підхід є недостатнім, оскільки реальна токсичність формується не ізольованою дією одного полютанта, а взаємодією багатьох компонентів. Пестициди, їх метаболіти, важкі метали та продукти вибухового походження можуть вступати у фізико-хімічні й біологічні взаємодії, формуючи токсичні комплекси з новими властивостями [2; 3]. Такі комплекси здатні змінювати рухомість забруднювачів, підвищувати їх біодоступність, посилювати фітотоксичну дію та створювати довготривалі ризики для ґрунтової біоти, рослин, водних систем і харчових ланцюгів [4].

Метою роботи є узагальнення механізмів формування токсичних комплексів у ґрунтовому середовищі за одночасної дії пестицидів, вибухових речовин і важких металів, а також обґрунтування необхідності інтегрованого підходу до моніторингу та відновлення забруднених агроєкосистем.

Пестициди після внесення в агроценози не зникають безслідно. Частина діючих речовин зазнає деградації, однак значна їх частка може зв'язуватися з гумусовими речовинами, глинистими мінералами, оксидами заліза, алюмінію та іншими компонентами ґрунтової матриці. У результаті формуються зв'язані або латентні залишки, які впродовж тривалого часу можуть перебувати у відносно неактивному стані. За зміни кислотності, вологості, окисно-відновного потенціалу або структури ґрунту ці залишки здатні повторно переходити в рухомі й біодоступні форми

[3]. Особливу роль відіграють метаболіти пестицидів, які в окремих випадках можуть бути більш водорозчинними, рухомими або токсичними, ніж вихідна речовина.

В умовах воєнного забруднення цей процес ускладнюється надходженням важких металів і продуктів детонації. Важкі метали, зокрема свинець, кадмій, мідь, цинк, нікель, хром та інші елементи, можуть змінювати сорбційні властивості ґрунту та виступати центрами комплексоутворення [2]. Вони здатні взаємодіяти з органічними молекулами пестицидів або продуктами їх розпаду, утворюючи метал-органічні комплекси. Такі сполуки можуть мати інші властивості порівняно з вихідними речовинами: змінену розчинність, іншу швидкість міграції у ґрунтовому профілі, підвищену біодоступність або більшу стійкість до мікробної деградації.

Продукти вибухового походження також істотно змінюють функціональний стан ґрунту. Детонація супроводжується механічним руйнуванням агрегатної структури, термічним впливом, локальною зміною кислотності та окисно-відновних умов. У зоні вибуху можуть формуватися мікроосередки з різко зміненими фізико-хімічними властивостями, де одночасно накопичуються метали, органічні фрагменти вибухових речовин, сажа, частинки золи та залишки агрохімікатів [1]. У таких умовах ґрунтова матриця втрачає частину буферної здатності, а забруднювачі отримують нові шляхи міграції.

Одним із ключових механізмів формування токсичних комплексів є ко-сорбція, тобто одночасне закріплення кількох забруднювачів на поверхні мінерально-органічних

агрегатів. Унаслідок цього в ґрунті виникають локальні мікрозони підвищеної токсичності. Небезпека таких мікроосередків полягає в тому, що стандартне усереднене відбирання проб може не виявляти пікові концентрації токсикантів. Формально середній показник забруднення може залишатися в межах допустимих значень, однак на мікрорівні ґрунт уже може бути токсичним для кореневої системи рослин, мікроорганізмів і ґрунтової фауни [1; 4].

Біологічні наслідки формування токсичних комплексів проявляються на кількох рівнях. Насамперед пригнічується ґрунтова мікробіота, яка є основою природної детоксикації та кругообігу поживних елементів. Зменшення мікробної біомаси, пригнічення активності дегідрогеназ, уреаз і фосфатаз призводить до порушення процесів мінералізації органічної речовини, трансформації азоту та мобілізації фосфору. Це створює ситуацію, коли загальний вміст поживних елементів у ґрунті може бути достатнім, але їх доступність для рослин знижується.

Важкі метали додатково посилюють фітотоксичний ефект через механізми молекулярної мімікрії, коли токсичні іони можуть заміщувати життєво необхідні елементи, порушуючи роботу транспортних білків і метаболічних шляхів. Вони також ініціюють оксидативний стрес, пошкодження клітинних мембран, деградацію хлоропластів, зниження інтенсивності фотосинтезу та порушення клітинного поділу [4]. Найбільш чутливими до такого токсичного впливу є початкові етапи онтогенезу рослин – проростання насіння, формування первинної кореневої системи та розвиток меристемних тканин.

Особливу загрозу становить міграція токсичних комплексів у системі «грунт→рослина→вода». Частина забруднювачів може переміщуватися вертикально у глибші горизонти ґрунту та ґрунтові води, інша – переноситися з поверхневим зливом у малі водотоки, ставки й річки. Окремі сполуки здатні поглинатися кореневою системою рослин і накопичуватися в тканинах без явних зовнішніх симптомів ушкодження. Це формує прихований ризик для кормового та харчового ланцюга, оскільки токсиканти можуть переходити від ґрунту до рослинної продукції, а далі – до тварин і людини [2; 4].

З огляду на складність проблеми, відновлення воєнно забруднених агроєкосистем має базуватися не лише на фізичному видаленні токсикантів, а насамперед на зниженні їх біодоступності та міграційної здатності. Для масштабних площ перспективним є застосування біовугілля, яке завдяки високій пористості та значній питомій поверхні здатне адсорбувати іони важких металів і переводити їх у менш рухомі форми [3]. Доцільним є поєднання цього підходу з фіторемедіацією, що передбачає вирощування рослин, здатних акумулювати забруднювачі у надземній біомасі з подальшим її контрольованим вилученням [5]. Для локальних зон із високими концентраціями металів, особливо у важких ґрунтах із низькою фільтраційною здатністю, може бути ефективною електрокінетична екстракція [6].

Отже, синергетична дія пестицидів, вибухових речовин і важких металів формує нову екотоксикологічну ситуацію для агроєкосистем України. Основна небезпека полягає не лише у наявності окремих забруднювачів, а в їх

здатності утворювати багатокomпонентні токсичні комплекси з підвищеною рухомістю, біодоступністю та тривалою дією. Це вимагає перегляду традиційних підходів до моніторингу, нормування та ремедіації ґрунтів. Пріоритетом має стати інтегрована система оцінювання ризиків, яка враховує не тільки концентрацію окремих речовин, а й їх взаємодію, форми перебування у ґрунті, здатність до міграції та вплив на біологічні функції агроєкосистем.

Список використаних джерел

1. Datsko O. M., Kovalenko I. M., Melnyk O. S., Bakumenko O. M., Yatsenko V. M. Effect of military actions on the quality of forest soils: the content of heavy metals in the sites of detonation and burning of ammunition as a factor of forest ecosystem degradation. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*. 2025. Vol. 61, № 3. P. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.3.9>
2. Liu L., Li W., Song W., Guo M. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 633. P. 206–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.161>
3. Alloway B. J. Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In: Alloway B. J. (ed.). *Heavy Metals in Soils. Environmental Pollution*. 2013. Vol. 22. P. 11–50. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_2
4. Wahid A., Arshad M., Farooq M. Cadmium Phytotoxicity: Responses, Mechanisms and Mitigation Strategies: A Review. In: Lichtfouse E. (ed.). *Organic Farming, Pest Control*

and Remediation of Soil Pollutants. Sustainable Agriculture Reviews. 2009. Vol. 1. P. 371–403. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9654-9_17

5. Arthur E. L., Rice P. J., Rice P. J., Anderson T. A., Baladi S. M., Henderson K. L. D., Coats J. R. Phytoremediation – An Overview. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. Vol. 24(2). P. 109–122. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680590952496>

6. Alshawabkeh A. N. Electrokinetic soil remediation: Challenges and opportunities. *Separation Science and Technology*. 2009. Vol. 44(10). P. 2171–2187. DOI: <https://doi.org/10.1080/01496390902976681>

РЕГУЛЯЦІЯ ІНФЕКЦІЙНОГО МІКОБІОМУ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ ТРИХОДЕРМІН БТ

БЕЗНОСКО Ірина

д.б.н., с.д.

САГАНОВСЬКА Вікторія

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Збільшення використання хімічних засобів захисту рослин призводить до порушення трофічних зв'язків мікроорганізмів в агроєкосистемах [1, 2, 3]. Застосування одночасно хімічних пестицидів і регуляторів росту рослин

природного походження зменшує негативну дію хімічних препаратів на розвиток ризосферних мікроорганізмів [4, 5]. Інокуляція насіння азотфіксувальними та фосфатмобілізуєчими мікроорганізмами сприяє збільшенню об'єму корневих виділень, завдяки яким чисельність ризосферних мікроорганізмів зростає [6].

Велика роль у збереженні екологічної рівноваги між мікроорганізмами належить екологічно безпечним технологіям вирощування [7]. Використання в сучасних технологіях мікробіологічних препаратів, до складу яких належать гриби антагоністи роду *Trichoderma* spp. не тільки підвищує стійкість рослин до фітопатогенів, продуктивність і якість продукції, але й сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії хімічних препаратів [8]. Тому метою роботи було вплив препарату Триходермін на регуляцію фітопатогенного мікобіому в агроценозах зернових культур.

Відбір зразків вегетативних органів рослин пшениці озимої, вівса ярого і жита озимого проводили на полях Державного підприємства «Дослідне господарство «Сквирське» ІАП НААН». Лабораторні дослідження здійснювали на базі лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва відділу агробіоресурсів і екологічно безпечних технологій ІАП НААН.

Проаналізовано вплив біологічного препарату на щільність популяції мікроміцетів у мікобіомі вегетативних органів зернових культур. Найнижчу щільність популяції мікроміцетів виявлено у мікобіомі вегетативних органів вівса ярого, яка зростає впродовж вегетаційного періоду і досягла максимальних значень у фазу

колосіння – 8,5 тис КУО/г зеленої маси рослин. У мікобіомі вегетативних органів пшениці озимої щільність популяції мікроміцетів сягала 12,8 тис КУО/г зеленої маси рослин, жита озимого – зросла до 9,6 тис КУО/г.

Отже, впродовж років дослідження, щільність популяції мікроміцетів у мікобіомі вегетативних органів рослин пшениці озимої, вівса ярого і жита озимого зросла у такій послідовності: овес ярий → жито озиме → пшениця озима і досягла максимуму у фазі достигання.

Також виявлено вплив біологічного препарату Триходермін БТ на частоту трапляння видів у мікобіомі вегетативних та генеративних органах рослин зернових культур. За впливу біологічної технології вирощування у мікобіомі вегетативних і генеративних органів рослин пшениці озимої ідентифіковано 20 видів мікроміцетів, з-поміж них 19 фітопатогенних видів: *F. oxysporum*, *B. sorokiniana*, *F. graminearum*, *F. sporotrichoides*, *F. solani*, *D. tritici-repentis*, *A. alternata*, *P. acremonium*, *P. viridicatum*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. poae*, *E. graminis*, *C. herbarum*, *A. tenuissima*, *S. tritici*, *R. nigricans*, *A. flavus*, *A. niger* та один гриб-антагоніст *T. asperellum* з частотою трапляння від 6 до 58%. У мікобіомі рослин вівса ярого – 17 видів мікроміцетів із них 14 фітопатогенних видів: *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *B. sorokiniana*, *D. avenae*, *F. graminearum*, *F. solani*, *A. tenuissima*, *A. alternate*, *C. herbarum*, *R. nigricans*, *A. flavus*, *A. niger*, *P. viridicatum*, *P. verrucosum* та три гриба-антагоніста: *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. viride*. Їхня частота трапляння від 10 до 65%. У мікобіомі рослин жита озимого – 16 видів мікроміцетів з-

поміж них 14 видів фітопатогенних: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. incarnatum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. verticillioides*, *A. alternata*, *A. tenuissima*, *C. herbarum*, *B. sorokiniana*, *P. viridicatum*, *P. verrucosum*, *A. flavus*, *A. niger* і два гриба антагоніста: *T. rosea*, *T. asperellum* із частотою трапляння від 7 до 65%.

В агроценозах зернових культур на вегетативних і генеративних органах рослин домінують різні види роду *Trichoderma* spp. із частотою трапляння вище 50%. Це свідчить про інтенсивне використання препаратів на основі цих мікроміцетів, які здатні накопичуватися не лише в ґрунті, але й на вегетативних і генеративних органах рослин.

Застосування біологічного препарату Триходермін на посівах зернових культур призводить до істотних відмінностей в інтенсивності споруляції фітопатогенних мікроміцетів на вегетативних органах рослин.

За внесення Триходерміну у мікобіомі вегетативних і генеративних органів рослин пшениці озимої спостерігаємо зниження інтенсивності споруляції *F. oxysporum* чисельність яких сягає до 2,0 млн шт./мл., порівняно з представниками роду *Trichoderma* spp., інтенсивність споруляції яких зростає до 2,5 млн шт./мл. На вегетативних і генеративних органах вівса ярого спостерігається висока інтенсивність споруляції як грибів-антагоністів *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. viride*, з кількісними показниками від 1,0 до 2,5 млн шт./мл, так і фітопатогенних мікроміцетів *F. culmorum*, *B. sorokiniana*, *D. avenae* з чисельністю від 0,7 до 2,2 млн шт./мл. Дослідження мікобіому жита озимого за внесення Триходерміну виявило також зростання інтенсивності

споруляції гриба-антагоніста *T. asperellum*, чисельність якого була від 1,0 до 2,4 млн шт./мл та зниження чисельності фітопатогенних мікроміцетів *F. incarnatum*, *B. sorokiniana*, *F. avenaceum* – де їхня чисельність спор у межах від 0,6 до 2,1 млн шт./мл. Поряд з тим відмічено наявність мікроміцетів виду *P. viridicatum* та *P. verrucosum* (від 1,1 до 2,4 млн шт./мл).

Отже, доведено, що гриби-антагоністи роду *Trichoderma* spp., у складі препарату Триходермін БТ, знижують інтенсивність фітопатогенного фону в агроценозах зернових культур за рахунок зменшення інтенсивності споруляції видів фітопатогенних грибів роду *Fusarium* spp. і *Alternaria* spp. та підвищенні частоти трапляння та інтенсивності споруляції видів роду *Trichoderma* spp. (*T. asperellum*, *T. harzianum*, *T. atroviride*), які здатні конкурувати із патогенною мікобіотою, знижуючи біологічне забруднення агроценозів.

Список використаних джерел

1. Dubey A., Lewis M., Dively G., Hamby K. Ecological impacts of pesticide seed treatments on arthropod communities in a grain crop rotation. *Journal of Applied Ecology*. 2020. 57 (5). 936–951. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13595>.
2. Parfenuk A., Havryliuk L., Beznosko I., Pasichnik L., Turovnik Y., Ternovyi Y. Regulation of the number of phytopathogenic micromycetes in the rhizosphere of soy plants in the conditions of the organic production. *EUREKA: Life Sciences*. 2021. Vol. 3. P. 11–20.

3. Sun S., Zhang C., Hu R. Determinants and overuse of pesticides in grain production: a comparison of rice, maize and wheat in China. *China Agricultural Economic Review*. 2020. 12 (2). 367–379. DOI: <https://doi.org/10.1108/CAER-07-2018-0152>.
4. Jiang Y., Chen S., Hu B., Zhou Y., Liang Z., Jia X., Shi Z. A comprehensive framework for assessing the impact of potential agricultural pollution on grain security and human health in economically developed areas. *Environmental Pollution*. 2020. 263. 114653. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114653>.
5. Koli P., Bhardwaj N. Status and use of pesticides in forage crops in India. *Journal of pesticide Science*. 2018. 43 (4). 225–232. DOI: <https://doi.org/10.1584/jpestics.D18-004>.
6. Aipova R., Abdykadyrova A., Silayev D., Tazabekova E., Oshergina I., Ten E., Kurmanbayev A. The fabrication of the complex bio-fertilizer for wheat cultivation based on collection bacteria of the PGPR group. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2020. 21 (11). 5021–5028. DOI: <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d211107>.
7. Pérez-García A., Romero D., de Vicente A. Plant Protection and Growth Stimulation by Microorganisms: Biotechnological Applications of Bacilli in Agriculture. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2011. 22. P. 187–193.
8. Ткаленко Г.М., Гораль С.В. Оптимізація параметрів глибинного культивування гриба роду *Trichoderma*. *Захист і карантин рослин*. 2013. 59. 311–318.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ОПОДАТКУВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

БЕЛІМЕНКО Сергій

аспірант

*Інститут агроекології та природокористування
Київ, УКРАЇНА*

Аналіз світової практики застосування фінансово-податкових механізмів у лісовій галузі свідчить, що ключові трансформації були зумовлені переходом до збалансованого використання лісових ресурсів та інтеграцією екологічно безпечних інновацій. Каталізатором модернізації лісового сектору, зокрема в економічно розвинених державах, стала екологічна конференція «Ріо-1992». Завдяки регулярним глобальним самітам і роботі міжнародних інституцій було кристалізовано принципи використання природно-ресурсної бази для соціально-економічного поступу. Це, у свою чергу, дало старт масштабній ревізії правового поля: починаючи з другої половини минулого століття, низка держав запровадила оновлені лісові кодекси, статuti та закони, які відповідали актуальним викликам екологічної політики.

Кризова еколого-економічна обстановка кінця ХХ століття викликала глибоке занепокоєння серед авторитетних науковців, політичних лідерів та громадських діячів. Для пошуку шляхів виходу з цієї ситуації було організовано низку масштабних зустрічей, серед яких саміти ООН у Ріо-де-Жанейро (1992 р.) та Йоганнесбурзі (2002 р.), а також

європейські міністерські форуми. Найбільш дієвим кроком у консолідації глобальних зусиль стало підписання у 1997 році Кіотського протоколу. Попри певні розчарування під час наступних кліматичних зустрічей у Копенгагені (2009 р.), Канкуні (2010 р.) та Дурбані (2011 р.), саме кіотські домовленості (ратифіковані, зокрема, й Україною) дотепер залишаються найуспішнішим інструментом стримування викидів парникових газів у навколишнє середовище [1, 2, 3, 4].

Незважаючи на глобальний консенсус щодо векторів розвитку лісової політики, кожна країна формує власну стратегію, спираючись на внутрішню специфіку. Відмінності яскраво проявляються у формах власності, правилах доступу до угідь та застосуванні податкових важелів для заохочення екоменеджменту. Так, німецьке законодавство звільняє лісову сферу від сплати ПДВ, натомість базовими фіскальними платежами є податки на землю, прибуток, обіг, спадок і дарування, а також збори за зміну цільового призначення ділянки. Мексиканський досвід протидії знелісненню спирається на фінансування екосистемних послуг, підтримку сталих практик та розбудову лісівництва на рівні місцевих громад. Щодо скандинавських країн, то Швеція оподатковує щорічний приріст деревини, тоді як Фінляндія застосовує підвищені податкові ставки для старих насаджень (стиглих та перестійних), заохочуючи таким чином їх своєчасне та раціональне освоєння. Своєю чергою, у Франції та Польщі діють своєрідні «податкові канікули» для молодих лісів: насадження повністю звільняються від

оподаткування до досягнення 30-ти та 40-річного віку відповідно.

Таблиця 1

**Порівняльний аналіз зарубіжного досвіду
оподаткування земель лісогосподарського призначення**

Країна	Земельний податок	Податок на природний ресурс	Лісовий податок	Податок на круглі лісма-тері-али	Податок на ліс на корені	Податок на оренду	Податок на лісову спадщину	Податок на ліцензію лісозаготівлі
Україна	+	+	+	+	+	-	-	+
Канада, США	+	+	+	+	+	+	+	+
Польща	+	+	+	+	-	-	+	-
Естонія	+	+	+	-	-	-	+	-
Німеччина	+	-	+	+	+	-	+	-
Туреччина	+	+	+	-	-	-	+	-
росія	+	+	-	-	+	-	-	-

Джерело: Розроблено авторами на основі податкового законодавства

Світова практика застосування фінансово-податкових важелів для забезпечення сталого використання лісових земель характеризується суттєвою варіативністю підходів. Ця диференціація безпосередньо залежить від специфіки історичного, географічного, законодавчого та макроекономічного середовища кожної окремої держави. На сучасному етапі податкова політика в секторі лісівництва вже не обмежується традиційною роллю – звичайним мобілізуванням коштів до державного та місцевих бюджетів. Натомість вона функціонує як потужний і самостійний механізм еколого-економічного управління.

Держави-лідери, що володіють потужним лісопромисловим комплексом та великими площами насаджень, сприймають лісові угіддя як специфічний природний капітал. Він розглядається не лише як гарант забезпечення сировиною, але і як ресурс, необхідний для підтримки життєво важливих глобальних функцій біосфери. З огляду на це, дизайн іноземних систем оподаткування проєктується з орієнтацією на перспективне заохочення процесів відтворення лісів, збереження біологічного різноманіття, а також інтерналізацію тих позитивних екологічних ефектів, які суспільство отримує в результаті раціонального господарювання.

Для досягнення цієї мети економічно розвинені країни вибудовують свій фіскальний простір на базі адаптивних податкових ставок, багаторівневих систем зборів та комплексних програм дотацій. Завдяки такому інтегрованому інструментарію вдається успішно досягати компромісу між комерційними цілями приватних лісовласників та глобальним суспільним запитом на збереження природного довкілля.

Список використаних джерел

1. Баррозу Ж.М. Зростаюча глобальна роль Європи. *День*. 2009. №233.
2. Екологічна Конституція Землі: Методологічні засади. Частина друга [Текст] / За ред. акад. НАН України Ю.Ю. Туниці. Львів: РВВ НЛТУ України, 2011. С. 440.

3. Синякевич І.М. Екологічна політика: Стратегія подолання глобальних екологічних загроз. Львів: ЗУКЦ, 2011. С. 332.

4. Туниця Ю.Ю. Екологічна Конституція Землі. Ідея. Концепція. Проблеми. Видавничий центр ЛНУ ім. І.Франка, 2002. С. 298.

5. Спільний звіт про результати паралельного аудиту збереження лісів від пожеж Рахункової палати України, Державного аудиторського офісу Грузії та Національного аудиторського офісу Литви. URL: <https://rp.gov.ua/IntCooperation/IntAudits/?id=2365> (дата звернення: 23.06.2026).

6. Сорокіна Л.Ю., Петров М.Ф. Зміни структури земного покриву та пожежонебезпека ландшафтів чорнобильської зони відчуження: методи оцінювання з використанням супутникових знімків. *Український географічний журнал*. 2020. № 2. С. 45-56.

ВОДООФЕКТИВНІСТЬ ЯК СКЛАДОВА «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ДЕФІЦИТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

БІЛОТІЛ Валентина

доктор філософії

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Глобальна водна криза сьогодні є однією з тих проблем, які безпосередньо впливають не лише на природні екосистеми, а й на розвиток населених пунктів, інфраструктури та будівельної галузі. За наявними прогнозами, до 2030 року попит на прісну воду може перевищити її доступні запаси приблизно на 40 % [1–3; 4] (*тут і далі переклад наш – В. Б.*). У зв'язку з цим ошадне водокористування поступово виходить за межі окремих секторів і набуває міжгалузевого значення, стаючи важливою передумовою збалансованого економічного розвитку.

Світова водна криза має комплексний характер і проявляється у кількох взаємопов'язаних вимірах. Зокрема, у публікації World Green Building Council (далі – WorldGBC) «Building a water-resilient future for everyone, everywhere» виокремлено чотири основні виклики: дефіцит води, нерівний доступ до безпечної води та санітарії, викиди парникових газів, пов'язані з використанням, очищенням і транспортуванням води, а також зростання кліматичних ризиків – посух, повеней, інтенсивних злив і підтоплень [4]. Отже, проблема води не зводиться лише до питань її кількості

чи якості, а тісно пов'язана з енергетичними, інфраструктурними та кліматичними процесами.

З огляду на це будівельний сектор заслуговує на окрему увагу. За оцінками, на будівлі та будівництво припадає майже 15 % світового використання прісної води. Це свідчить про те, що будівельну галузь не можна ігнорувати у водній політиці. Тож «зелене» будівництво вже не обмежується питаннями енергоефективності, а дедалі більше охоплює і водоефективність. Водокористування в будівництві доцільно аналізувати в межах усього життєвого циклу будівлі. У матеріалах WorldGBC виділяють чотири рівні такого аналізу: ланцюг постачання, будівельний процес, експлуатація будівель, а також міста й громади [4]. Такий підхід дає змогу побачити не лише пряме водоспоживання в будівлі, а й приховані витрати води, які виникають ще до початку будівельних робіт.

Вода потрібна під час видобування сировини, виробництва цементу, бетону, цегли тощо. Саме тому застосовується поняття «втілена вода» – тобто обсяг води, необхідний для виробництва матеріалів з урахуванням видобування сировини, її оброблення, виготовлення продукції та транспортування [4]. Отже, водоефективність будівництва має враховувати не лише експлуатаційне споживання, а й водний слід використаних матеріалів.

Окремо варто звернути увагу на етап будівництва. Хоча він є відносно коротким порівняно з періодом експлуатації будівлі, споживання води тут також є суттєвим. Вода потрібна для приготування бетонних сумішей, пилопригнічення, роботи техніки, озеленення та побутових

потреб працівників [4]. Це означає, що вже на будівельному майданчику доцільно передбачати облік води, мінімізацію втрат і залучення альтернативних джерел, зокрема дощової або очищеної води. Найбільш відчутним для користувачів є водоспоживання під час експлуатації будівель. Саме тут ключову роль відіграють водоощадна сантехніка, системи обліку та моніторингу, контроль протікань, раціональне озеленення, збирання дощової води та повторне застосування «сірих» вод.

Водночас ефективне управління водою в будівлях ускладнюється низкою системних бар'єрів: відсутністю сублічильників і моніторингу, експлуатацією застарілого обладнання, недостатнім обслуговуванням інженерних мереж, поведінковими факторами користувачів, а також слабкими економічними стимулами до економії води. Крім того, стримується впровадження систем збору дощової води та повторного використання стічних вод [4].

Окремого значення набуває повторне використання води. У будівлях розрізняють «сіру» та «чорну» воду. «Сіра» вода – це менш забруднені стоки з побутових джерел, які після очищення можуть бути повторно використані для технічних потреб. «Чорна» вода має значно вищий рівень забруднення і потребує складніших систем очищення [4]. Тому повторне використання води – це не лише питання економії, а й питання продуманого інженерного проектування будівлі.

Ще одним важливим напрямом є управління дощовими водами. У містах значна частка водонепроникних поверхонь перешкоджає природному поглинанню води

грунтом, унаслідок чого дощова вода швидко потрапляє до систем водовідведення, збільшуючи ризики їх перевантаження та підтоплення. WorldGBC наголошує на важливості водочутливого міського проєктування, яке передбачає затримання, поглинання, очищення та, за можливості, повторне використання дощової води [4]. В українських дослідженнях також підкреслюється практичність такого підходу: «зелені» покрівлі можуть слугувати для збору, накопичення та повторного використання дощових стічних вод, зокрема для технічних потреб і поливу прибудинкових територій [6]. Такі рішення варто розглядати не лише як елемент благоустрою, а як складову водоефективного «зеленого» будівництва.

Для України зазначені питання мають особливу актуальність. Відповідно до Водної стратегії України на період до 2050 року, стан якості поверхневих вод, які є джерелом питної води для значної частини населення, є незадовільним, а проблема ускладнюється застарілими методами водопідготовки та незадовільним технічним станом мереж водопостачання. У документі також передбачено запровадження сучасних підходів до планування систем водопостачання і водовідведення та включення питань очищення стічних вод до генеральних планів розвитку населених пунктів [7].

Загалом водоефективність у «зеленому» будівництві не слід зводити до кількох окремих технічних рішень. Йдеться про комплексний підхід, що охоплює весь життєвий цикл будівлі – від виробництва матеріалів і будівельного процесу до експлуатації будівель. Його можна описати як

послідовність дій: запобігати надмірному споживанню питної води, вимірювати його обсяги, скорочувати втрати, повторно використовувати воду та відновлювати природні водні процеси [4].

Водоефективність доцільно вважати рівноцінним компонентом «зеленого» будівництва поряд з енергоефективністю та скороченням викидів. Водний слід будівлі формується не лише під час її експлуатації, а на всіх етапах життєвого циклу – від виробництва матеріалів і будівельного процесу до впливу на інфраструктуру. Відповідно, управління водою не може обмежуватися лише межами будівлі: воно охоплює і внутрішнє споживання, і взаємодію з водними системами.

Будівельна галузь має значний потенціал для зменшення навантаження на водні ресурси, якщо поступово переходити від моделі одноразового споживання води до принципів циркулярної економіки. Це передбачає не лише економію, а й повторне використання води, локальне накопичення, зменшення втрат і часткове відновлення природних водних процесів. На нашу думку, для України цей підхід є особливо актуальним в умовах післявоєнної відбудови та модернізації інфраструктури.

Отже, «зелене» будівництво може бути одним із реальних інструментів збереження водних ресурсів. Його значення полягає не лише у зменшенні споживання питної води, а й у залученні альтернативних джерел для технічних потреб, зниженні навантаження на системи водовідведення, підвищенні стійкості населених пунктів до злив і підтоплень та формуванні більш відповідального ставлення до води як до

обмеженого ресурсу. Саме тому водоефективність є однією з важливих характеристик сучасного екологічно орієнтованого будівництва.

Список використаних джерел

1. Charting our water future: economic frameworks to inform decision-making. *2030 Water Resources Group*. 2009. 185 p.
2. Jaynes C. . Global freshwater demand will exceed supply by 40 % by 2030, experts warn. World Economic Forum. March 2023.
3. International decade for action “Water for sustainable development” 2018–2028. United Nations. 22 March 2018.
4. Building a water-resilient future. World Green Building Council. 2023. 25 p.
5. Ding G.K.C. Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview. *Eco-efficient Construction and Building Materials: Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labeling and Case Studies*. Woodhead Publishing, 2014. P. 38–62. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857097729.1.38>
6. Глущенко Р., Ткаченко Т. Збереження, якість та використання дощової води після «зеленої» покрівлі. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2023. Вип. 42. С. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.4-12>
7. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 09.12.2022 № 1134-р.

БІОТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА АНТИФУНГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ШТАМІВ-ПРОДУЦЕНТІВ ПРЕПАРАТУ ЕКОСТЕРН® ТРИХОДЕРМА

БОЛОХОВСЬКА Валентина¹, к.т.н.

НАГОРНА Ольга¹

ХОМЕНКО Тетяна¹, PhD

БОЛОХОВСЬКИЙ Владислав¹, к.с.-г.н.

БОРОДАЙ Віра^{2,3}, д.с.-г.н.

ВОЛОЩУК Наталія⁴, к.б.н.

СТЕРЛІКОВА Оксана¹, к.б.н.

ЯКОВЕНКО Дмитро¹, аспірант

ЖУРБА Михайло⁵, к.с.-г.н.

ПИРИГ Олександр⁵, к.с.-г.н.

ОМЕЛЬЯНЕНКО Олександр⁶, аспірант

¹Біотехнологічна компанія ВТУ

с. Софіївська Борщагівка, Київська область, УКРАЇНА

²НУБіП України

³Інститут агроекології та екологічного менеджменту
Київ, УКРАЇНА

⁴Пенсильванський державний університет
Пенсильванія, США

⁵Сільськогосподарське ТОВ «Дружба-Нова»
с. Варва, Чернігівська область, УКРАЇНА

⁶Сумський національний аграрний університет
Суми, УКРАЇНА

Близько 60 % біофунгіцидів на основі мікроміцетів,
представлених на ринку, становлять препарати

різноманітних формуляцій на основі представників роду *Trichoderma*. Світовий ринок біопрепаратів на основі *Trichoderma* spp., оцінений приблизно в 1,5 мільярда доларів у 2025 році, зростатиме з річним темпом (CAGR) на рівні 8,0% з 2025 по 2033 рік, досягнувши оціночної ринкової вартості в 2,8 мільярда доларів до 2033 року. Їх ефективність та попит зумовлено наявністю комплексу взаємодоповнювальних механізмів біоконтролю, зокрема антибіозу, швидкої колонізації, конкуренції за поживні ресурси та екологічні ніші, а також прямого мікопаразитизму. Значний внесок щодо ефективності біологічних засобів захисту здійснюють розробники біопрепаратів завдяки дослідженню і пошуку вискоєфективних штамів *Trichoderma* spp., удосконаленню методів культивування та формуляції. Метою досліджень було вивчення антифунгального потенціалу та біотехнологічної оцінки штамів *Trichoderma* spp. як основи деструкторів та оздоровлювачів ґрунту ліній препаратів Екостерн® українського виробника біотехнологічної компанії BTU. Дослідження проводили в лабораторії мікології ТОВ «Інститут прикладної біотехнології» (Київ, Україна).

Об'єктами дослідження були штами роду *Trichoderma* (*T. viride* 44/13 ЛМ (IMB F-100071), *T. koningii* 1220-КЛ (IMB F-100156), *T. reesei* 320-TN/Л (IMB F-100155), *T. harzianum* 21, 23/1, 11/16 ТМ (IMB F-100097), тест-культури фітопатогенних мікроміцетів з Колекції культур мікроскопічних грибів біотехнологічної компанії BTU (Україна), біодеструктор Екостерн® Триходема, мікобіота ґрунту під час вирощування ріпаку за дії Екостерн®

Триходерма в умовах Західного Лісостепу України. В якості тест-культур використовували фітопатогени: *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Fusarium sporotrichioides* Sherb., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *F. culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc., *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, *Acrostalagmus luteoalbus* (Link) Zare, Gams & Schroers(syn. *Verticillium lateritium* Berk.), *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Botrytis cinerea* Persoon, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link. Згідно загально прийнятими методами у мікробіології, фітопатології було проведено комплексну біотехнологічну оцінку, а саме досліджено ріст та культурально-морфологічні особливості, індекс антагонізму по відношенню до тест-культур фітопатогенних мікроміцетів штамів *Trichoderma viride* 44/13 LM, *T. koningii* 1220 KL, *T. reesei* 320 TN/L та *T. harzianum* 21, 23/1, 11/16 TM, які є основними компонентами біодеструкторів для покращення та відновлення ґрунту лінійки препаратів Ecoston®.

Встановлено штамоспецифічні відмінності культурально-морфологічних характеристиках та механізмів антагоністичної дії досліджуваних ізолятів *Trichoderma* spp., які проявлялися у типах взаємодії та значеннях індексу антагонізму проти фітопатогенних мікроміцетів. Усі досліджувані штами *Trichoderma* spp. продемонстрували виражену антифунгальну активність проти широкого спектру фітопатогенів, включаючи *Cladosporium herbarum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Drechslera sorokiniana*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* та *Sclerotinia sclerotiorum*.

Високим ступенем антагонізму по відношенню до досліджуваних тест-культур фітопатогенних грибів характеризувалися штами *T. viride* 44/13 LM, з індексом антагонізму 28,5 балів, *T. reesei* 320 TN/L — 26,0 балів, *T. koningii* 1220 KL — 19,5 балів (з максимальних 35 балів). *T. harzianum* 11/16 ТМ продемонстрував найвищу антифунгальну активність (індекс антагонізму становив 30–31 бали), *T. harzianum* 23/1 — 27–28 балів (з максимальних 40 балів).

Максимальний рівень пригнічення росту фітопатогенів спостерігався на поживних середовищах із екстрактом ячмінного солоду та картопляно-глюкозним агаром. Натомість на середовищі Чапека біологічна активність продуцента знижувалася в середньому у 2,2 рази, що свідчить про визначальну роль джерела вуглецю та специфічних факторів росту у формуванні та реалізації його антагоністичного потенціалу щодо фітопатогенних грибів.

Домінування механізмів прямого мікопаразитизму було виявлено у штаму *T. harzianum* (BTU, Україна), який перевершував свій зарубіжний аналог *T. harzianum* (Китай) за потенціалом біоконтролю, зокрема проти *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium boothii*, *Macrophomina phaseolina* та *Verticillium lateritium*. Мікопаразитична активність проявлялася інтенсивною колонізацією, лізисом міцелію патогена та пригніченням утворення склероціїв.

Біопрепарат Ecoster® *Trichoderma* (гелева форма) характеризувався високою технологічною стабільністю: титр життєздатних клітин підтримувався на рівні $1,3\text{--}3,0 \times 10^7$ КУО/см³, а антифунгальна активність становила 79,9–100%

протягом 3 місяців зберігання, незалежно від розведення (1:10, 1:100, 1:500). Збільшення терміну придатності препарату до 3 місяців не призвело до зниження його антифунгальної активності, що свідчить про стабільність біологічно активних компонентів у гелевій формі.

Використання препарату в ґрунті забезпечило зменшення кількості патогенної мікобіоти у 5,3 рази та формування домінування сапротрофної мікобіоти, що є передумовою для збільшення знищення рослинних залишків та відновлення біологічної активності ґрунтів.

Біотехнологічна оцінка протестованих штамів *Trichoderma*, які складають активну основу передових мікробних біодеструкторів та ґрунтових поліпшувачів, продемонструвала високу антифунгальну активність, а також стабільність їхньої життєздатності та метаболічних показників під час зберігання.

Список використаних джерел

1. Meher, J., Rajput, R.S., Bajpai, R., Teli, B., Sarma, B.K. (2020). *Trichoderma*: A Globally Dominant Commercial Biofungicide. In: Manoharachary, C., Singh, H.B., Varma, A. (eds) *Trichoderma: Agricultural Applications and Beyond*. Soil Biology, vol 61. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54758-5_9
2. Cortez-Lázaro A.A., Vázquez-Medina PJ, Caro-Degollar EM, et al. (2025) Global trends in *Trichoderma* secondary metabolites in sustainable agricultural bioprotection. *Front. Microbiol.* 16:1595946. doi: 10.3389/fmicb.2025.1595946

3. Курченко І.М., Савчук Я.І., Юр'єва О.М. та ін. [Методи визначення антагоністичної активності мікроміцетів роду *Trichoderma* проти фітопатогенних грибів та бактерій: Науково-методичні рекомендації]. Київ; 2021.

4. Atamanchuk, A., Bisko, N., & Al-Maali, G. (2024). Antagonistic activity of wood-inhabiting *Xylaria* species against other fungi in dual culture experiments. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 14(1), e9529. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.9529>

5. ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 2016.07.01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 15 с.

6. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон та ін.; за ред. д-ра с.-г. наук В.В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2010. 463 с.

ІНСТИТУЦІЙНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РЕФОРМУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЛІСОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

БОЦУЛА Олександр

к.е.н., с.д.

ГОЛОВІНА Олена

к.е.н.

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Сучасний розвиток лісової галузі України супроводжується потребою у суттєвому оновленні інституційних та економічних підходів до управління, що значною мірою обумовлено євроінтеграційними процесами, посиленням екологічних вимог і необхідністю забезпечення сталого використання лісових ресурсів. У цих умовах результативність діяльності підприємств лісового сектору визначається рівнем сформованості та ефективності організаційно-економічного механізму управління, який потребує поступової адаптації до європейських принципів і стандартів.

Інституційний напрям реформування охоплює модернізацію нормативно-правового забезпечення, підвищення відкритості та прозорості процесів прийняття управлінських рішень, а також зміцнення ролі державних і місцевих органів влади у регулюванні лісових відносин. Окремого значення набуває зближення національної законодавчої бази з європейськими підходами до сталого

лісокористування, впровадження систем сертифікації лісів та посилення контролю за їх раціональним використанням.

Поглиблення процесів децентралізації та трансформація системи місцевого самоврядування в Україні, що передбачає створення спроможних територіальних громад, обумовлюють зростання ролі постійних лісокористувачів у забезпеченні сталого соціально-економічного розвитку територій. У зв'язку з цим актуалізується потреба в удосконаленні інституціональних засад діяльності державних лісогосподарських підприємств, насамперед у напрямках раціонального використання лісоресурсного потенціалу та формування ефективних взаємовідносин із широким колом зацікавлених сторін [1, 2].

Стратегія розвитку лісового господарства ЄС до 2030 р. виступає одним із пріоритетних напрямів реалізації Європейської зеленої угоди та інтегрується з цілями Стратегії ЄС щодо біорізноманіття. Її положення спрямовані на досягнення амбітних кліматичних завдань, серед яких зниження обсягів викидів парникових газів щонайменше на 55 % до 2030 р. та досягнення кліматичної нейтральності до середини століття. У документі наголошується на стратегічній ролі лісів у забезпеченні екологічної рівноваги, підтримці біорізноманіття та розвитку біоекономіки. Водночас акцентується увага на внеску суб'єктів лісового господарства та суміжних секторів у створення умов для сталого економічного зростання, адаптації до кліматичних змін і підтримки соціально-економічного розвитку сільських територій.

На відміну від ЄС, розвиток лісового господарства в

Україні не розглядається як компонент розвитку сільських територій при формуванні національної політики та програм певних сформованих заходів, передбачених Регламентом ЄС про розвиток сільських територій. Політика розвитку сільських територій в Україні не включає заходи зі сталого лісокористування, як це зазначено в проєкті Загальнодержавної цільової програми сталого розвитку сільських територій на період до 2035 року.

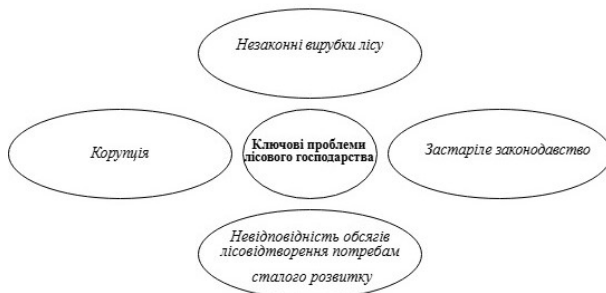


Рис.1. Ключові проблеми лісового господарства України

Реформування слід розглядати як трансформацію організаційно-правових засад ведення лісового господарства. При цьому цілі та інструменти лісоуправління визначаються та регулюються положеннями Лісового кодексу, який на жаль не відповідає сьогоденню. Досягнення стратегічних завдань, зокрема підвищення стійкості лісових екосистем до кліматичних змін і пожежної небезпеки, є можливим як у межах попередньої, так і оновленої системи управління [3].

Важливою передумовою реалізації стратегічних цілей розвитку лісового господарства виступають лідерські підходи в управлінні, належний рівень освіти та

пріоритетність лісівничих цілей над еколого-економічними інтересами, що забезпечує дотримання принципу справедливості.

У законодавчих та організаційних підходах залишається неврегульованим низка важливих питань, зокрема щодо джерел і механізмів наповнення фондів охорони лісів від пожеж, а також забезпечення заходів із збереження біорізноманіття, лісових ґрунтів і генетичного фонду в лісах IV категорії. Відсутня також чітко визначена частка чистого прибутку, яка має спрямовуватися на реалізацію зазначених природоохоронних заходів. Водночас слід враховувати, що такі види діяльності є витратними та економічно малопривабливими. Окремо не врегульовано механізми залучення територіальних громад до процесів управління лісовими ресурсами в межах відповідних територій, що створює додаткові інституційні прогалини у системі лісоуправління.

Список використаних джерел

1. Дубина М. В., Зінкевич О. В. Теоретичні аспекти функціонування та розвитку лісового господарства в Україні. *Бізнес Інформ*. 2020. Вип. 2. С. 187–192.
2. Дребот О. І. Збалансований розвиток лісового сектору економіки в контексті європейської інтеграції України: моногр. Аграрна наука, 2014. 317 с.
3. Фурдичко О. І., Бондар В. Н. Держане лісівництво в Україні: стан розвитку і напрями вдосконалення його управління на шляху до прибутковості. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 4. С. 5–16.

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ДЛЯ ПРИРОДНИХ ЗАПОВІДНИКІВ У СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ, СПРИЧИНЕНІ ВОЄННИМИ ДІЯМИ

БРОВКО Дмитрій

аспірант

БЕРЕЖНЯК Євгеній

к.с.-г.н., доцент

Національний університет біоресурсів і

природокористування України

Київ, УКРАЇНА

Війна суттєво посилила антропогенний тиск на природно-заповідні території Сумської області. Тут розташовані два ключові об'єкти природно-заповідного фонду – Деснянсько-Старогутський та Гетьманський національні природні парки, обидва є частиною транскордонної екологічної мережі на північному сході України та виконують функцію ключових екологічних коридорів для мігруючих видів птахів і ссавців уздовж долин річок Десни та Ворскли.

Деснянсько-Старогутський НПП безпосередньо межує з російською федерацією, має ділянку спільного кордону та перебуває під регулярними обстрілами, що призводить до систематичного пошкодження лісових масивів. Гетьманський НПП розташований уздовж долини річки Ворскла й на початку повномасштабного вторгнення був тимчасово окупований. За результатами проекту Ukraine-Nature саме він мав один із найвищих рівнів воєнних

інцидентів серед досліджених природоохоронних територій України [3,8].

Серед серйозних наслідків воєнних дій є різноманітні порушення ґрунтового покриву. Обстріли, рух важкої техніки та облаштування фортифікацій призводять до механічного руйнування ґрунтів – утворення вирв, траншей і насипів, руйнування послідовності генетичних горизонтів, ущільнення та перемішування верхнього родючого шару. Використання боєприпасів і функціонування польових військових таборів зумовлюють забруднення ґрунтів продуктами вибухів, уламками металу, паливно-мастильними матеріалами, відпрацьованими мастилами, антифризами та органічними розчинниками. Це не лише посилює ерозійні процеси та втрату поживних речовин, а й у багатьох випадках призводить до зниження здатності ґрунтів до самовідновлення. Після таких порушень природне відновлення рослинного покриву істотно ускладнюється, оскільки втрачається підстилка, зменшується запас органічної речовини та порушуються умови для проростання насіння [1].

Воєнні дії також істотно вплинули на біорізноманіття природоохоронних територій Сумської області. Руйнування оселищ, пожежі та хімічне забруднення сприяють скороченню чисельності окремих видів, особливо пов'язаних із лісовими, лучно-болотними та прибережними біотопами. Значна частина територій Деснянсько-Старогутського та Гетьманського НПП класифікується як потенційно замінована або віднесена до прикордонної смуги, що створює додаткові ризики для крупних ссавців та інших видів,

чутливих до фрагментації середовища. Додатковою загрозою є ймовірне занесення інвазійних видів разом із військовою технікою та особовим складом, а також фрагментарність довоєнних даних про стан біорізноманіття, що ускладнює повноцінну кількісну оцінку втрат [5].

Деснянсько-Старогутський національний природний парк розташований у Середино-Будському районі Сумської області та охоплює 16 214 га заплавних і лісових ландшафтів. У межах парку зосереджено 796 видів судинних рослин, 217 видів птахів, 64 види ссавців, 40 видів риб і круглоротих, 12 видів земноводних та 7 видів плазунів [6]. Після початку повномасштабного вторгнення парк зазнав прямих воєнних ушкоджень: 31 липня 2022 року було обстріляно адміністративну будівлю та прилеглі території, знищено 203 дерева сосни і берези, а збитки довікллю перевищили 6,14 млн грн [2]. Воєнний вплив у межах парку спричинив механічне та хімічне забруднення ґрунтового покриву, зокрема накопичення сполук цинку, свинцю, ванадію, марганцю та міді, що пов'язано з вибухами боєприпасів і потраплянням продуктів детонації у довкілля. Пошкодження торкнулися не лише лісових насаджень, а й оселищ рідкісних видів, зокрема болотних, лучних і лісових біотопів, що може мати довготривалі наслідки для структури біорізноманіття парку [7,8].

Окремим наслідком війни стали масштабні пожежі, які істотно посилили деградацію природних комплексів у прикордонних районах Сумщини. У Деснянсько-Старогутському НПП фіксувалися підпали трав'яного покриву та лісових ділянок, а частина займання виникала

внаслідок обстрілів і використання реактивних систем залпового вогню. Через мінну небезпеку та ризик присутності диверсійно-розвідувальних груп гасіння окремих пожеж було неможливим, що сприяло розширенню площі вигорілих ділянок і втраті підросту, мурашників та дрібних тварин. Водночас пожежі негативно впливають й на водні об'єкти та гідрологічний режим: згоряння рослинного покриву зменшує затримання вологи в ґрунті, посилює поверхневий стік, сприяє замуленню малих водойм і погіршує якість води в заплавах та пониженнях рельєфу. Це особливо небезпечно для заплавних екосистем, де водний режим є одним із головних чинників збереження біорізноманіття.

Додатковим наслідком війни для Деснянсько-Старогутського НПП стало пошкодження природоохоронної інфраструктури та системи моніторингу. Під час обстрілів було уражено адміністративну будівлю, вежу спостереження за лісовими пожежами, гаражі та службовий транспорт, що ускладнило протипожежний контроль і роботу персоналу. Наявність нерозірваних боєприпасів і висока ймовірність мінування значної частини території ще більше обмежують можливості польового обстеження та природоохоронного нагляду [2,4]. Тому оцінювання пошкоджень доцільно здійснювати на основі супутникового моніторингу, ГІС-аналізу.

Гетьманський національний природний парк, розташований на південному сході Сумської області та такий, що межує з Росією, має високу природоохоронну цінність і охоплює понад 1013 видів рослин і 2580 видів тварин, значна частина яких є рідкісними та занесених до

Червоної книги України [3]. У 2022 році близько 46,3% території парку перебувало під окупацією, а згодом територія зазнавала обстрілів, що спричинило пожежі, мінування, механічне порушення ґрунтового покриву та втрату частини лісових екосистем [5].

За результатами оцінки виявлено локальні перевищення вмісту цинку, ванадію, свинцю та міді, пов'язані з вибухами боєприпасів, рухом військової техніки та забрудненням паливно-мастильними матеріалами, що ускладнює природне відновлення території [7,8].

З метою оцінювання шкоди доцільно поєднувати супутникові знімки, ГІС-аналіз, польові спостереження та експертні інтерв'ю, оскільки доступ до багатьох ділянок залишається обмеженим через мінування та бойові дії. У проєкті Ukraine-Nature саме такий підхід дав змогу картувати пошкодження ґрунтів, лісів і біорізноманіття за сіткою 11 km², що забезпечило порівнюваність результатів між різними природоохоронними об'єктами та дозволило класифікувати ступінь ушкодження за шкалою від незначного до дуже високого [8]. Через окупацію та бойові дії адміністрація парку змушена здійснювати моніторинг із підконтрольних Україні територій, що обмежує повноту польових спостережень [5].

Отже, природоохоронні території Сумської області зазнають не лише прямого фізичного руйнування, а й глибоких довготривалих змін у структурі екосистем. Військовий вплив охоплює ґрунти, ліси, водні об'єкти та оселища рідкісних видів, що посилює ризики втрати природної цінності цих територій. Тому дослідження

наслідків війни для Деснянсько-Старогутського та Гетьманського НПП має важливе значення як для оцінювання екологічних збитків, так і для планування майбутнього відновлення.

Після завершення активної фази бойових дій ключовим завданням стане перехід від оцінки збитків до системного відновлення порушених природних комплексів. Це потребуватиме не лише розмінування та ліквідації наслідків пожеж, але й екологічно обґрунтованого відновлення ґрунтового покриву, лісових біотопів і популяцій чутливих видів.

Для таких територій доцільним є поетапний підхід, у якому дистанційний моніторинг доповнюється вибірковими польовими перевітками, цифровим картографуванням та координацією між науковими установами, адміністраціями парків і міжнародними партнерами.

Список використаних джерел

1. Бережнюк Є. М. Вплив військової діяльності на ґрунтові ресурси України // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2023.
2. Деснянсько-Старогутський національний природний парк. Інформаційні матеріали про розташування парку, межування з російською федерацією та наслідки обстрілів. URL: <https://wownature.in.ua/okupanty-obstrilialy-administratsiui-desniansko-starohutskoho-natsparku/>
3. Гетьманський національний природний парк. Інформаційні матеріали про природоохоронну цінність, видове багатство та розташування парку.

URL: <http://www.getmanski.info/index.php/ukr/golovna-storinka/8-ukr/2-laskavo-prosimo-do-getmanskogo-parku>

4. Директор Деснянсько-Старогутського національного природного парку про наслідки війни для природоохоронної території.

URL: <https://wownature.in.ua/dyrektor-desniansko-starohutskoho-natsionalnoho-parku-na-sumshchyni-nash-rehion-teper-povnistiu-iak-zapovidna-zona/>

5. Russian war against Ukraine's nature. Part 2.

URL: <https://wilderness-society.org/russian-war-against-ukraines-nature-part-2/>

6. Деснянсько-Старогутський національний природний парк // Енциклопедія Сучасної України.

URL: <https://esu.com.ua/article-26322>

7. The environment as the first victim: The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine.

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724013859>

8. Nature Conservation and Conflict in Ukraine: Identifying War Damage to Nature Reserves in Ukraine.

URL: https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-38378_01-Hauptbericht.pdf

ПРИЖИВЛЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ-АГЕНТІВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОВЕРХНІ ЛИСТКІВ ВЕГЕТУЮЧИХ РОСЛИН: ДИНАМІКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

БУНАС Альона

к.б.н., с.д.

ДВОРЕЦЬКИЙ Михайло

аспірант

БОНДАРЕНКО Кирило

аспірант

ШЕРСТОБОЄВА Олена

д.с.-г.н., професор

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Ефективність біологічних препаратів визначається не лише складом мікроорганізмів-агентів, титром, а й здатністю швидко колонізувати поверхню рослин та тривалий час зберігати життєздатність у філосфері. Саме приживлення інтродукованих мікроорганізмів на листовій поверхні забезпечує реалізацію більшості механізмів їхньої біологічної дії: конкуренцію з фітопатогенами за поживні речовини й екологічні ніші, утворення антимікробних метаболітів, індукцію системної стійкості рослин та формування стабільного захисного мікробного бар'єра.

На відміну від ризосфери, умови існування мікроорганізмів у філосфері значно жорсткіші. Періодичне пересихання листової поверхні, дія ультрафіолетового

випромінювання, коливання температури та дефіцит доступних поживних речовин істотно обмежують виживання інтродукованих бактерій і грибів. Тому оцінювання їх приживлення після оброблення рослин є одним із ключових критеріїв ефективності біопрепаратів.

Серед основних чинників, що знижують рівень приживлення мікроорганізмів, виділяють як абіотичні, так і біотичні фактори. До абіотичних належать інтенсивне сонячне випромінювання, низька відносна вологість повітря, різкі температурні коливання, опади, які можуть змивати препарат з поверхні листя, а також хімічні оброблення, що проводяться одночасно або незадовго до внесення біопрепаратів. Біотичні чинник включають конкуренцію з автохтонною мікрофлорою філосфери, антагоністичні взаємодії між мікроорганізмами та специфічні реакції рослини-господаря. Не менш важливим аспектом є фізико-хімічні властивості листової поверхні різних сільськогосподарських культур. Листя відрізняються за ступенем воскового покриття, наявністю трихом, мікрорельєфом та гідрофобністю, що безпосередньо впливає на адгезію мікроорганізмів і рівномірність розподілу препарату. Тому не всі біопрепарати однаково ефективно «прилипають» до листя різних культур: наприклад, культури з гладкою та восковою поверхнею (як-от капустияні або злакові) можуть гірше утримувати водні суспензії, тоді як листки з більш розвиненою мікроструктурою забезпечують кращу фіксацію клітин.

Попередні дослідження показують, що ефективність приживлення значною мірою залежить від форми препарату

(наявність у складі прилипачів, захисних полімерів, поживних добавок), способу внесення та часу оброблення рослин (вважається, що ранкові і вечірні години найсприятливі). Також встановлено, що використання ад'ювантів може суттєво підвищувати утримання мікроорганізмів на листовій поверхні та їхню стійкість до стресових чинників. Водночас універсального рішення для всіх сільськогосподарських культур не існує, що підкреслює необхідність адаптації біопрепаратів до конкретних умов вирощування та біологічних особливостей рослин.

Метою роботи було дослідити динаміку приживлення мікроорганізмів-агентів біологічних препаратів на поверхні листя вегетуючих сільськогосподарських рослин після їх застосування та визначити тривалість збереження життєздатних популяцій.

Дослідження проводили у відділі агроєкології і біобезпеки. Для вегетаційного дослідження було обрано рослини капусти білоголової (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Рослини біопрепаратами обробляли у фазі формування 6–8 справжніх листків, коли площа листової поверхні є достатньою для колонізації мікроорганізмами та проведення мікробіологічного аналізу. Оброблення здійснювали шляхом дрібнодисперсного обприскування до повного змочування листової поверхні. Після оброблення рослини утримували у вегетаційному приміщенні за температури 22–24°C, відносної вологості повітря 65–75 % та фотоперіоду 16/8 год (світло/темрява). Відбір проб листків для визначення приживлення мікроорганізмів проводили перед обробленням

та через 1, 7, 14, 21 та 28 діб після оброблення рослин біопрепаратами.

Дослід передбачав наступні варіанти дослідження: 1. Контроль (оброблення рослин стерильною водою); 2. Боверин; 3. Viridin; 4. культуральна рідина *Paenibacillus polymyxa* 6М; 5. Фітоцид-р; 6. Бітоксикацилін-БТУ; 7. Viridin + *Paenibacillus polymyxa* 6М.

Із поверхні листків готували змиви стерильним фізіологічним розчином. Чисельність життєздатних мікроорганізмів визначали методом серійних розведень із висівом на селективні поживні середовища. Чисельність колоній бактерій обліковували на МПА, мікроміцетів – середовище Чапека. Повторюваність вегетаційного дослідіу 10-разова, мікробіологічного посіву – триразова. Результати виражали у КУО на 1 см² листової поверхні після математико-статистичного аналізу.

Чисельність автохтонної епіфітної мікрофлори листової поверхні рослин капусти була практично однаковою для всіх варіантів і становила близько $1,2 \times 10^3$ КУО/см². Такий рівень початкової контамінації свідчить про однорідність експериментального матеріалу та забезпечує коректність подальшого порівняння ефективності досліджуваних біопрепаратів. Важливо зазначити, що всі біопрепарати застосовувалися у стандартизованій концентрації життєздатних клітин – $1,0 \times 10^8$ КУО/мл робочого розчину, що відповідає типовим нормам застосування мікробіологічних препаратів у фітосанітарній практиці та забезпечує достатнє інокуляційне навантаження для ефективної колонізації філосфери. Таким чином,

виявлені відмінності у чисельності мікроорганізмів після оброблення відображають саме ефективність приживлення та адаптації мікроорганізмів-агентів, а не різницю у вихідному інокуляційному навантаженні.

Вже на першу добу після оброблення рослин в усіх дослідних варіантах фіксували значне збільшення чисельності життєздатних мікроорганізмів на поверхні листя порівняно з початковим рівнем контамінації. Найвищий рівень колонізації встановлено у варіанті із сумісним застосуванням *Viridin* + *Paenibacillus polymyxa* 6М, де кількість життєздатних клітин досягала $1,01 \times 10^6$ КУО/см², що значно перевищувало як вихідний рівень мікрофлори, так і показники при використанні окремих біопрепаратів. Серед монопрепаратів найвищі показники початкової колонізації продемонстрував *Viridin* ($8,7 \times 10^5$ КУО/см²), тоді як найменший рівень колонізації спостерігався після застосування Бітоксибациліну-БТУ ($6,1 \times 10^5$ КУО/см²). Упродовж наступних чотирьох тижнів чисельність інтродукованих мікроорганізмів поступово зменшувалася в усіх варіантах дослідження, однак залишалася значно вищою за початковий рівень контамінації листків. Найбільш інтенсивне зниження відбувалося впродовж перших 7–14 діб після внесення препаратів під впливом комплексу абіотичних і біотичних чинників.

Починаючи з 14-ї доби темпи зменшення чисельності мікроорганізмів дещо сповільнювалися, що свідчить про формування адаптованої популяції мікроорганізмів у філосфері рослин. Через 28 діб після оброблення найбільшу чисельність життєздатних клітин також відмічено у варіанті

Viridin + *Paenibacillus polymyxa* 6М ($3,9 \times 10^5$ КУО/см²), що у кілька разів перевищувало як інші варіанти, так і початковий рівень контамінації. Серед окремих препаратів найвищу здатність до довготривалої колонізації продемонстрував Viridin ($2,8 \times 10^5$ КУО/см² наприкінці експерименту). Дещо нижчі показники встановлено для культуральної рідини *Paenibacillus polymyxa* 6М ($1,7 \times 10^5$ КУО/см²), Боверину ($1,6 \times 10^5$ КУО/см²), Фітоциду-р ($1,6 \times 10^5$ КУО/см²) та Бітоксикациліну-БТУ ($1,2 \times 10^5$ КУО/см²). Усі ці значення залишаються значно вищими за початковий рівень і демонструють закономірне зниження порівняно з першою добою, що є біологічно обґрунтованим.

У контрольному варіанті чисельність автохтонної мікрофлори протягом дослідів істотно не змінювалася та залишалася на рівні $1,2\text{--}1,4 \times 10^3$ КУО/см², що підтверджує стабільність природної контамінації за відсутності оброблення.

Показано, що після обробки рослин біопрепаратами інтродуковані мікроорганізми здатні успішно колонізувати поверхню листя та зберігати життєздатність впродовж тривалого часу. Встановлено, що найбільше зниження чисельності мікроорганізмів відбувається у перші 7 діб після внесення, після чого формується відносно стабільна популяція. Для всіх досліджуваних варіантів фіксували різке зростання після інокуляції та поступове зниження з подальшою стабілізацією на рівні, що значно перевищує початковий фон. Вважаємо, що показник приживлення мікроорганізмів у філосфері рослин доцільно розглядати як один із ключових показників оцінювання ефективності

біопрепаратів і перспективний критерій їх екологічної ефективності.

МОЖЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

ВАСІЛЬЄВ Дмитро

аспірант

ІЛЬЄНКО Тетяна

к.с.-г.н.

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Дистанційне зондування Землі все ширше використовують у сільському господарстві, агроекологічному моніторингу, точному землеробстві та цифровому картографуванні ґрунтів. Це пов'язано з тим, що сучасні супутникові знімки, аерофотозйомка та дані з безпілотних літальних апаратів дають змогу швидко отримувати інформацію про великі території. За їх допомогою можна виявляти неоднорідність полів, оцінювати стан поверхні ґрунту, контролювати розвиток посівів і визначати ділянки, які потребують додаткового обстеження.

Водночас супутниковий знімок не можна ототожнювати з лабораторним агрохімічним аналізом. Лабораторні методи безпосередньо визначають вміст гумусу, азоту, фосфору, калію, реакцію ґрунтового розчину та інші

показники. Дані дистанційного зондування фіксують інше – спектральний відгук поверхні. Тобто вони показують, як ґрунт або рослинний покрив відбиває випромінювання у різних спектральних діапазонах.

На спектральний відгук впливають багато чинників: колір ґрунту, вміст органічної речовини, вологість, механічний склад, карбонатність, засолення, шорсткість поверхні, наявність рослинних решток, спосіб обробітку ґрунту та стан посівів. Тому коректно говорити не про пряме визначення хімічного складу ґрунту за знімком, а про прогнозування і картографування його властивостей на основі поєднання супутникових даних, польових спостережень і лабораторних аналізів.

Найкраще за даними дистанційного зондування оцінюються ті показники, які помітно впливають на колір і відбивну здатність ґрунту. До них належать вміст органічної речовини, вміст гумусу верхнього шару, гранулометричний склад, частка глинистих фракцій, карбонатність, засолення і вологість. Ці властивості мають прямий або опосередкований зв'язок зі спектральними характеристиками ґрунту у видимому, ближньому інфрачервоному та короткохвильовому інфрачервоному діапазонах.

Складнішими для дистанційного оцінювання є рН, доступні форми фосфору і калію, магній, мікроелементи та окремі форми азоту. Їхній спектральний прояв часто є непрямим. Він може залежати не тільки від самої речовини в ґрунті, а й від вологості, вмісту гумусу, глинистих мінералів, рослинного покриву та інших умов. Тому для таких

показників обов'язково потрібні польові зразки, лабораторний аналіз і локальне калібрування моделей.

У сучасних дослідженнях для оцінювання властивостей ґрунту використовують дані Sentinel-2, Landsat, PRISMA, EnMAP, БПЛА, а також лабораторну і польову спектроскопію. Sentinel-2 є одним із найпоширеніших джерел даних для агромоніторингу, оскільки має достатню просторову деталізацію і містить канали Red Edge, NIR та SWIR. Landsat має нижчу просторову роздільну здатність, але забезпечує тривалий архів спостережень, що важливо для ретроспективного аналізу. Гіперспектральні супутники PRISMA та EnMAP мають більші можливості для агрохімічних задач, оскільки фіксують багато вузьких спектральних діапазонів, пов'язаних з органічною речовиною, глинистими мінералами, карбонатами, солями та окремими елементами.

Важливою умовою використання оптичних даних є наявність відкритої поверхні ґрунту. Якщо поле вкрите рослинністю, супутниковий сигнал переважно відображає стан рослин, а не ґрунту. Якщо на поверхні є багато післяжнивних решток, волога або кірка, це також спотворює спектральний відгук. Тому для оцінювання ґрунтових властивостей доцільно використовувати не один окремий знімок, а спеціальні композити відкритого ґрунту.

Такі композити формують із часових рядів Sentinel-2 або Landsat. Із набору знімків вилучають хмари, тіні, воду, активну рослинність, надмірно зволожені ділянки та пікселі з помітним впливом рослинних решток. Після цього залишають ті спостереження, де спектральний сигнал

найбільше відповідає саме поверхні ґрунту. Такий підхід є надійнішим, ніж аналіз одного знімка, оскільки зменшує випадковий вплив погоди, фази вегетації та стану поля.

Одним із найперспективніших показників для дистанційного картографування є вміст гумусу або органічного вуглецю ґрунту. Зазвичай ґрунти з вищим вмістом гумусу мають темніший колір і нижчу відбивну здатність у видимому діапазоні. Проте ця залежність не є універсальною. На неї впливають вологість, механічний склад, карбонатність, мінеральний склад і стан поверхні. Через це для побудови надійних моделей потрібно використовувати не лише окремі індекси, а весь набір доступних спектральних каналів і додаткових просторових даних.

Для прогнозування вмісту органічної речовини, гумусу, гранулометричного складу, карбонатності або засолення застосовують різні статистичні та машинні методи. Серед них поширені Random Forest, Cubist, SVM, XGBoost, PLSR та нейромережеві підходи. Однак якість таких моделей залежить від кількості й розміщення ґрунтових зразків. Якщо лабораторних точок мало або вони розташовані нерівномірно, модель може показувати високу точність лише формально, але погано працювати на інших ділянках.

Для визначення типів ґрунтів дані дистанційного зондування мають допоміжне значення. Тип ґрунту не можна визначити лише за спектральним відгуком одного супутникового знімка. Він залежить від походження ґрунту, будови профілю, материнських порід, рельєфу, зволоження, клімату та історії землекористування. Тому для уточнення

типів ґрунтів потрібно поєднувати супутникові дані з цифровою моделлю рельєфу, історичними ґрунтовими картами, кліматичними даними, польовими описами і лабораторними аналізами.

Практика великих аграрних компаній також показує, що спектральні дані використовують не окремо, а разом з іншими джерелами інформації. Агрохолдинги застосовують супутниковий моніторинг, дрони, мультиспектральну зйомку, карти врожайності, агрохімічне обстеження, GPS-моніторинг техніки та цифрові системи управління виробництвом. Такі дані допомагають виділяти зони неоднорідності поля, планувати відбір ґрунтових проб, уточнювати карти продуктивності та впроваджувати диференційоване внесення добрив.

Для практичного застосування можна використовувати наступну послідовність робіт: спочатку формують часові ряди Sentinel-2 або Landsat. Потім відбирають знімки з мінімальною хмарністю і створюють композит відкритого ґрунту. Далі проводять польовий відбір зразків на однаковій глибині, наприклад 0–20 або 0–30 см. У лабораторії визначають гумус, органічний вуглець, рН, азот, фосфор, калій, карбонати, електропровідність, гранулометричний склад та інші потрібні показники. Після цього супутникові дані поєднують із лабораторними результатами, рельєфом, ґрунтовими картами і кліматичними даними.

На основі такого поєднання будують прогнозні карти. Вони можуть показувати ймовірний розподіл гумусу, органічної речовини, засолення, вологості, механічного

складу або інших показників. Проте такі карти потрібно подавати саме як прогностні, а не як прямі вимірювання. Їхня точність залежить від якості польових даних, кількості зразків, правильності моделі та умов зйомки.

Важливим обмеженням є локальний характер моделей. Модель, створена для одного району або одного типу ґрунтів, не завжди буде правильно працювати в іншому районі. Наприклад, чорноземи, сірі лісові ґрунти, лучні ґрунти або техногенно змінені землі можуть мати різні спектральні властивості. Тому будь-яку модель потрібно перевіряти на незалежних польових даних і, за потреби, калібрувати для конкретної території.

Таким чином, дані дистанційного зондування мають значний потенціал для оцінювання агрохімічного стану ґрунтів, але цей потенціал має чіткі межі. Найбільш обґрунтованим є використання ДЗЗ для картографування гумусу, органічного вуглецю, механічного складу, карбонатності, засолення, вологості та загальної неоднорідності ґрунтового покриття. Для рН, азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів потрібні лабораторні аналізи, гіперспектральні дані або локально відкалібровані моделі. Тому ДЗЗ слід розглядати як важливу складову цифрового ґрунтового картографування і системи підтримки агрохімічних рішень, але не як повну заміну лабораторного аналізу.

Список використаних джерел

1. Gholizadeh A. Soil organic carbon and texture retrieving and mapping using proximal, airborne and Sentinel-2

spectral imaging / A. Gholizadeh, D. Žižala, M. Saberioon, L. Borůvka // Remote Sensing of Environment. – 2018. – Vol. 218. – P. 89–103. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.09.015>

2. Dvorakova K. Improving soil organic carbon predictions from a Sentinel-2 soil composite by assessing surface conditions and uncertainties / K. Dvorakova, U. Heiden, K. Peppers, G. Staats, G. van Os, B. van Wesemael // Geoderma. – 2023. – Vol. 429. – Article 116128. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116128>

3. Rossi F. Predicting soil nutrients with PRISMA hyperspectral data at the field scale: the Handan (south of Hebei Province) test cases / F. Rossi, R. Casa, W. Huang, G. Laneve, L. Linyi, S. Mirzaei, S. Pascucci, S. Pignatti, R. Yu // Geo-spatial Information Science. – 2024. – Vol. 27. – No. 4. – P. 870–891. – DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2024.2343021>

4. LUCAS Soil database [Електронний ресурс] / European Commission, European Soil Data Centre (ESDAC). – Режим доступу: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/lucas> – Дата звернення: 29.06.2026.

5. LUCAS 2018 Topsoil data [Електронний ресурс] / European Commission, European Soil Data Centre (ESDAC). – Режим доступу: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/lucas-2018-topsoil-data> – Дата звернення: 29.06.2026.

6. SoilGrids: global gridded soil information [Електронний ресурс] / ISRIC – World Soil Information. – Режим доступу: <https://isric.org/explore/soilgrids> – Дата звернення: 29.06.2026.

7. SoilGrids250m 2.0 [Електронний ресурс] / ISRIC – World Soil Information. – Режим доступу: <https://soilgrids.org/> – Дата звернення: 29.06.2026.

9. День поля Kernel: точне землеробство, агрохімічне обстеження, супутниковий моніторинг, мультиспектральна зйомка та диференційоване внесення [Електронний ресурс] / Kernel Open Agribusiness. – Режим доступу:

https://openagribusiness.kernel.ua/content/uploads/2019/06/Denpolya_Kernel.pdf – Дата звернення: 29.06.2026.

10. МХП: точне землеробство починається зі стратегії [Електронний ресурс] // iFarming. – 2023. – Режим доступу: <https://ifarming.ua/intervyu/mhp-tochne-zemlerobstvo-rochunayetsya-zi-strategiyi> – Дата звернення: 29.06.2026.

ПЕРСПЕКТИВИ МІЖНАРОДНОЇ СПІВПРАЦІ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНО- ОЗДОРОВЧИХ ЛІСІВ В УКРАЇНІ

ВЕРНІГОРОВА Наталія

доктор філософії

*Державна установа «Інститут ринку і економіко-
екологічних досліджень НАН України»*

Одеса, УКРАЇНА

Враховуючи актуальність проблем реабілітації для населення України на сьогоднішній день та в найближчому майбутньому, важливо ефективно використовувати всі

наявні ресурси терапевтичного характеру. У кращій світовій практиці успішно застосовуються оздоровчі заходи з використанням лісового простору, що здобули назву лісової терапії та «лісових купань». Про актуальність даного напрямку для України свідчать існуючі програми та проекти щодо розвитку та застосування лісової терапії в Україні. Наприклад, вагомий внесок у запозичення даної практики має ДП «Ліси України», на базі якого діє проєкт «Вікно у ліс» [1]. Ініціатива спрямована на розвиток інклюзивних просторів та заходів заходи для дітей та ветеранів, які організовуються на лісових базах підприємства. Загалом у структурі підприємства більше 1000 рекреаційних пунктів, які в перспективі можуть стати основою для втілення на практиці лісової терапії як окремої сфери у лісівництві. Для успішного розвитку власного досвіду важливою є співпраця з країнами-партнерами, які вже мають суттєве наукове підґрунтя та практичний досвід в організації лісів терапевтичного значення. Серед таких країн можна виділити Японію та Південну Корею, у яких практика лісової терапії стала окремою оздоровчою індустрією, а також Німеччину, яка має медико-терапевтичне обґрунтування застосування лісової терапії при різних станах здоров'я.

На сьогоднішній день існує діалог між Міністерством економіки, довкілля та сільського господарства України та Міністерством сільського, лісового та водного господарств Японії [2], поки що переважно стосовно підтримки агропромислового сектору України, але дану співпрацю було б актуально розширити і в контексті розвитку лісового господарства. Японія має достатню доказову базу для

розвитку лісової терапії як окремої галузі в сфері лісівництва, що спирається на польові дослідження та експерименти стосовно впливу лісів на здоров'я людини. Тому її досвід корисний у виявленні потенційних територій лісів, придатних для організації терапевтичних стежок та організації терапевтичних послуг в лісі. Корисним є досвід щодо сприяння зміцненню партнерських відносин між органами влади, місцевих місцевими муніципалітетами, університетами та приватними організаціями стосовно розвитку лісів. Відповідно статті 17 Основного закону про ліси та лісове господарство, держава сприяє обмінам досвідом у використанні лісів «для охорони здоров'я населення або використанню, лісів для освіти, з метою сприяння здоровому та комфортному життю» [3]. Для успішної інтеграції оздоровчих практик на базі рекреаційно-оздоровчих лісів у реабілітаційні та оздоровчі програми важливо запозичити поняття «лісового медичного закладу». Згідно з статтею 2 Закону про спеціальні заходи щодо покращення функції лісів у сфері охорони здоров'я населення, лісовий медичний заклад – це «об'єкт, затверджений державною постановою та надається населенню для використання функцій охорони здоров'я лісової ділянки, організація яких не перешкоджає іншим функціям лісу» [4].

У лютому 2026 року Україна та Південна Корея почали налагоджувати співпрацю у лісовому секторі. На зустрічі Голови Держлісагентства Віктора Смаль та Надзвичайного і Повноважного Посла Республіки Корея в Україні Пака Кічанга було відзначено, що пріоритетами роботи

Держлісагентства є «адаптація лісів та методів господарювання в них до кліматичних викликів, перехід на наближене до природи лісівництво та збереження самосійних лісів». Зокрема українську сторону зацікавив підхід корейських колег – коли ліс є важливим ресурсом для розвитку місцевих громад та екологічної безпеки [5]. Така практика у Південній Кореї дійсно поширена. У законодавстві є окреме поняття «добробут лісів» – що означає фінансову, соціальну та емоційну допомогу, яка спрямована на покращення добробуту людей шляхом надання лісових послуг (Закон про захист добробуту лісів) [6]. Згідно цього ж закону регламентується механізм надання доступу до лісових оздоровчих послуг вразливим верствам населення (через надання спеціальних ваучерів). Так само як і в Японії, регламентується схоже поняття - «закладу лісового добробуту», що означає будь-який з наступних закладів, створених для надання послуг з добробуту лісів: природний рекреаційний ліс, лісова лікувальний ліс та лісова стежка; лісовий центр; інші установи, які безпосередньо пов'язані з наданням послуг з охорони лісів та функціонуванням комплексу з охорони лісів. Таким чином, ліси терапевтичного призначення у Південній Кореї та Японії є самостійними об'єктами оздоровчої рекреації. Як показав аналіз існуючих баз лісової терапії у цих країнах, організація лісів терапевтичного статусу створює мультиплікативні ефекти для місцевих громад, що значно покращує суспільний добробут та економічну стійкість.

Що стосується співпраці з Німеччиною, то на сьогоднішній день з січня 2026 року між Німеччиною та

Україною діє спільна заява про співпрацю, а саме: між Міністерством економіки, довкілля та сільського господарства України та Федеральним міністерством сільського господарства, продовольства та регіональної ідентичності ФРН. Серед напрямів співпраці варто виділити такі [7]:

- впровадження ефективних і екологічно безпечних технологій використання лісових ресурсів;
- підвищення економічної ефективності управління лісами;
- впровадження політик у лісокористуванні з урахуванням європейських стандартів.

Крім того, з 2026 року в Україні реалізується німецько-український проєкт «Сприяння плануванню та впровадженню багатofункціонального сталого управління лісами в Україні». Особливу увагу планується приділити пошуку рішень для підвищення ефективності державного контролю лісового господарства і його довгострокового розвитку. Також планується вдосконалення лісового законодавства та вирішення проблем наближеного до природи лісівництва. Під час циклу зустрічей на початку 2026 року з німецькими експертами було відзначено «недоліки в повному огляді рівня сталого ведення лісового господарства, особливо в лісах громад, та лісами на приватних землях сільськогосподарського призначення» [8], що може свідчити про наявність прогалин у впровадженні принципів сталості в лісовому господарстві. Таким чином, розвиток лісів терапевтичного призначення співзвучний з наративами німецько-українського діалогу, може значно сприяти

впровадженню підходу наближеного до природи лісівництва та принципів сталого розвитку, особливо на рівні громад. Що стосується актуального для України досвіду, то Німеччина має чітку регламентацію застосування лісів терапевтичного призначення для різних станів. Так, згідно з затвердженими Стандартами PEFC для рекреаційних/курортних та лікувальних лісів, регламентуються поняття: «рекреаційний ліс», «курортний ліс», «терапевтичний ліс», «цілющий ліс». Визначення статусу рекреаційного, лікувального або курортного лісу особливо актуальне для масивів біля густонаселених районів та тих, що «розташовані поблизу оздоровчих курортів, спа-центрів та зон відпочинку». Статус таких лісів призначається вищим органом лісового господарства, із зазначенням цілей збереження лісу, дозволеної та забороненої діяльності [9]. Таким чином, для України запозичення практики Німеччини щодо розвитку таких лісів корисне у контексті розробки медико-терапевтичного обґрунтування застосування практики лісової терапії. Це допоможе підвищити ефективність застосування існуючих рекреаційно-оздоровчих лісів у цілях підвищення суспільного добробуту. З іншого боку, це сприятиме інвестиційній привабливості таких лісів та залученості в економічну діяльність за принципом природо-орієнтованого підходу, що є складовою сталого ведення лісового господарства.

Примітка: Наукове дослідження за проектом «Інвестиційна привабливість зелених насаджень терапевтичного значення у контексті викликів війни та повоєнного відновлення», № 2025.05/0016, виконане на кошти

гранту Президента України на підтримку наукових досліджень та розробок для докторів філософії (до 35 років включно), наданого Національним фондом досліджень України.

Список використаних джерел

1. ДП «Ліси України». Вікно у ліс: про проєкт. URL: <https://e-forest.gov.ua/pro-proiekt/>
2. Міністерство економіки України. Україна - Японія: співробітництво з Міністерством сільського, лісового та водного господарств Японії. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=697e4ba0-b7f0-4bcf-8c9e-2cd1d3f10229>
3. Forest and Forestry Basic Act. Act No. 119 of July 16, 2003 (Japan). URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/jap3175.pdf>
4. Act on Special Measures concerning Improvement of Public Health Function of Forests. Act No. 71 of 1989 (Japan). URL: <https://laws.e-gov.go.jp/law/401AC0000000071>
5. Державне агентство лісових ресурсів України. (2026, 10 лютого). Україна та Південна Корея налагоджують співпрацю у лісовому секторі. URL: <https://forest.gov.ua/news/ukraina-ta-pivdenna-koreia-nalahodzhuiut-spivpratsiu-u-lisovomu-sektori>.
6. FOREST WELFARE PROMOTION ACT. [Enforcement Date Jul. 25, 2023.] [Act No. 19571, Jul. 25, 2023., Amendment by Other Act] (South Korea). Korean Law Information Center. URL: <https://law.go.kr/>

7. Державне агентство лісових ресурсів України. (2026). Україна та Німеччина продовжать співпрацю у сфері розвитку лісової галузі. URL: <https://forest.gov.ua/news/ukraina-ta-nimechchyna-prodovzhat-spivpratsiu-u-sferi-rozvytku-lisovoi-haluzi>

8. SFI Sustainable Forestry Implementation. (n.d.). SFI буде і надалі зосереджуватися на аспектах сталого багатофункціонального та наближеного до природи лісового господарства. URL: <https://www.sfi-ukraine.org.ua/>

9. PEFC-Standard für die Zertifizierung von Erholungs- und Kurwäldern. (2020). PEFC Deutschland. URL: <https://www.pefc.de/>

ГАРМОНІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЇ, БІОЛОГІЇ ТА ТРОФОЛОГІЇ В МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОМУ НАПРЯМКУ ВІТАЛОГІЯ

ВИГЕРА Сергій

к.с.-г.н., доцент

КЛЮЧЕВИЧ Михайло

д.с.-г.н., професор

Державний університет «Житомирська політехніка»

Житомир, УКРАЇНА

КОВАЛЬЧУК Руслан

к.вет.н.

ГО «Інститут доброї їжі Україна»

Ужгород, УКРАЇНА

БЕНГЕР Олег

к.с.-г.н.

Інститут сільського господарства Полісся НААН

Житомир, УКРАЇНА

В умовах сьогодення на світовому рівні найважливішими проблемами, які необхідно вирішувати негайно, є: Глобальний голод, Глобальне потепління, Глобальні війни та Глобальне знищення природи. Це є особливо актуальним в Україні, про що свідчать кричущі факти: Упродовж останніх 12 років проти України іде загарбницька війна, що суттєво знищує природу та харчові ресурси! Орні землі займають 53 % від усієї території, що негативно впливає на природу та родючість ґрунтів! Україна очолила в Європі рейтинг смертності людей через

неправильне харчування! За даними Міністерства охорони здоров'я України, близько 70 % людей хворіє через неправильне харчування! Тривалість життя людей в Україні є однією з найменших серед ведучих країн! Це свідчить про необхідність корінної зміни науково-освітнього світогляду на життєві процеси в Храмі Природи України.

Інформативні джерела засвідчують, що всі різновидності органічного світу планети *Terra*, що приймають участь у природних регулюючих механізмах, згідно сучасної класифікації розподілені на наступні царства: віруси (лат. *virus*), археї (лат. *Archaea*), бактерії (лат. *Bacteria*), гриби (лат. *Fungi*), рослини (лат. *Plantae*) і тварини (лат. *Animalia* або *Metazoa*), куди включена і людина розумна. При цьому нині немає єдиної наукової думки про чисельність видів органічного світу, що розвиваються на планеті, яка коливається згідно даних різних вчених від 2 до 10 млн. видів.

Із царства тварини окремого акценту заслуговує науково-освітній напрям про різноманіття біоти надкласу гексаподи (лат. *Hexapoda*) та його двох класів - інсекта або комахи (лат. *Insecta*) та ентогнати (лат. *Entognata*). Така аргументація викликана тим, що гексаподи є найбільш чисельними в органічному світі (більше 50 % від всіх різновидностей біоти в природі планетарного рівня), а також мають специфічні життєві та трофічні процеси місцевого, регіонального та планетарного рівнів з корисними та шкідливими властивостями щодо впливу на життєдіяльність людини.

Аналіз отриманих сучасних знань щодо життєвих процесів у природному середовищі засвідчує, що принципи

природних регулюючих механізмів розвиваються за класичною схемою «тритрофіки життя», включаючи продуценти-консументи-редуценти» (лат. *“tritrophy vitae: auctores-consumers-reducers“*), а також мають: закономірності та особливості дихання, живлення та розмноження продуцентів, консументів і редуцентів; формування та функціонування їх трофічних ланцюжків у біологічних, трофологічних і екологічних екосистемах природи. У цих процесах особливе місце належить розвитку людини розумної та її суспільства, яка є субстратом для багатьох різновидностей органічного світу планетарного рівня.

Сучасна аргументація засвідчує, що важливою проблемою є поширення знань для широких верств населення шляхом проведення ефективної освіти та просвіти, зокрема щодо гармонізації екології, біології, абіології та трофології в єдину системну науку *Віталогія*, особливо в напрямку забезпечення якості харчових ресурсів, їжі та їди в умовах сталого розвитку *Храму Природи*. Актуальними та ефективними напрямками щодо такого гармонійного поєднання та розвитку є наступні критерії.

1. Методологія обґрунтування інноваційного мультидисциплінарного напрямку про життєві процеси віталогія та її вітатерралогія й отримання фаху вітолог. Такі обґрунтування ми проводимо впродовж останнього десятиліття. Аргументація ґрунтується на тому, що жодна істота органічного світу, зокрема і людина розумна (*Ното sapiens*), не здатна розмножуватися та жити (вивчає біологія з 1797 року) без живлення (вивчає трофологія з 1855–1910

пр.) та житлового середовища й довкілля (вивчає екологія з 1866 року та абіологія).

Віталогія (*vita* – життя; *logos* – слово, вчення) – холистичне матеріально-філософське вчення про закономірності формування і функціонування в межах планетарно-космічного простору сталих життєвих процесів на всіх рівнях організації живої матерії за гармонізації біології, трофології, екології та абіології (за авторством).

Дисципліни біологія та екологія нині широко вивчають, тоді як абіологія та трофологія мало відомі населенню та науковцям, незважаючи на те, що їжа та їда людей, в контексті живлення органічного світу на планеті Terra, є найважливішою фізіологічною потребою, без якої життя просто не можливе. Успішний розвиток віталогії досить ефективний згідно новітнього напрямку віталогономіка (вчення про життєві процеси та господарювання людини в умовах сталого розвитку природи).

2. Введення в науково-освітній процес новітньої дисципліни «трофологія», яка нами започаткована з 2018 року, оскільки без живлення, їжі та їди не живе жодна людина та інша істота. Щодо цього раніше були введені дисципліни вузького спрямування (екотрофологія, дієтологія, нутриціологія та/або нутріціологія – вивчають нутрієнти тобто поживні речовини), які не враховують процеси живлення органічного світу в контексті трофічних ланцюжків і класичної схеми: продуценти-консументи-редуценти, а також і те, що людина є всеїдною істотою – консументом і живильним середовищем для іншої біоти. Це

свідчить, що актуальним є введення в освітній процес дошкільних і шкільних закладів, коледжів, інститутів та університетів спеціальних освітніх програм, що забезпечують знаннями про харчові ресурси і продукти, їжу, режим, прагматизм, культ та культуру правильної їди людини тощо.

Крім того, актуальним є не лише забезпечення дітей в дошкільних і шкільних закладах здоровою їжею, в ряді випадків, і безоплатно, а також знаннями проте як “народжується їжа та процес їди”, тобто з яких харчових ресурсів використовують продукцію для їжі, як готують страви (їжу) та правильно її вживають (їдять).

Трофологія (дав.-гр. троφή – живлення; λόγος – наука) – вчення про закономірності живлення органічного світу та їди людини, формування та функціонування трофічних ланцюжків на всіх рівнях організації біосфери, трофосфери, екосфери та вітасфери [1, 2].

Хомотрофологія (лат. *Ното* – людина, дав.-гр. троφή – живлення; λόγος – наука) – вчення про харчові ресурси, виробництво харчо продукції, забезпечення процесів готування страв (їжі) та їди людини в контексті живлення органічного світу, формування та функціонування трофічних ланцюжків на всіх рівнях організації біосфери та трофосфери планети [3,4].

3. Інноваційна методологія розвитку наук про рослинний світ, як основного продуцента, згідно науко-освітнього напрямку «плантологія» й отримання фаху «плантолог», що більш наукоємно ніж «ботаніка» та «фіталогія». Адже відомо, що рослини є джерелом життєвих

процесів на планеті Terra, продукуючи органічну речовину в різних проявах, кисень і збалансоване повітря, а також основним харчовим ресурсом і продуктом для живлення тваринного світу та їди людини.

4. Обґрунтування новітньої в Україні спеціальності «плантономія» та фаху «плантоном». Порівняно з агрономією (готує агрономів із вирощування культурних рослин в межах поля), плантаномія (фітономія) є більш наукоємною, оскільки майбутні фахівці (плантономи) забезпечать біільш ширший спектр виробництва плантопродукції, зокрема: в умовах поля (агрофітоценозів), натуральних і хомонатуральних плантоценозів, теплиць, житлових приміщень, гідропоніки, аеропоніки, вертикальних ферм, плантоекотовольтаїки, космосу (є перші прояви) тощо. З рослин в останні роки з успіхом виробляють і альтернативну їжу з високим вмістом білку, замість тваринного, який є особливо актуальним для вегетаріанців і веганів. Це дозволить забезпечити сталість та якість харчових ресурсів із плантоекосистем з метою отримання корисної продукції для живлення тварин та їди людей. З цією метою логічним є розробка природоохоронної методології щодо системи сталого розвитку в екосистемах плантоценозів для забезпечення людей корисними, безпечними, якісними, в асортименті та оптимумі харчовими продуктами.

5. Забезпечення сталого здоров'я природи, включаючи і позбавлення терміну: «дика природа». Адже мудра їда є найважливішою фізіологічною потребою та першоджерелом здорового життя людства в природі. Це підкріплюють і дані ВООЗ, що спосіб життя та харчування людини більш як на

50 % впливають на її здоров'я. На жаль на світовому рівні запусканий дивний термін - «дика природа». В окремих країнах виданий і специфічний Закон Про дику природу. Тоді постає просте питання: чому і коли природа стала «дикою»? Хто є більш дикий – природа чи суспільство? Адже відомо, що життя на планеті Terra започатковане в межах 4 млрд. років, рослини з суттєвим поширенням – 600 млн. років, а предки сучасної людини в Європі лише 60–40 тисяч років тому. Саме з цього періоду розпочався не обґрунтований вплив людських істот на природу, знищуючи при цьому рослини-продуценти.

Список використаних джерел

1. Вигера С., Ключевич М., Ковальчук Р. Методологія освітніх програм Школи філософії їжі та природокористування: навч.-метод. посібник. Київ: ЦП «Компринт», 2024. 137 с.
2. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Холізм наук і освіти про здоров'я природи, якість харчових ресурсів, технології та їжу. Наукові аспекти збереження та відновлення природних ресурсів в умовах сучасного розвитку суспільства: Наукова монографія. Рига: Baltija Publishing, 2024. С. 561–572.
3. Вигера С.М., Ключевич М.М., Можарівська І.А. Moderní aspekty vědy: LI. Díl mezinárodní kolektivní monografie. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 143–152.
4. Вигера С., Ключевич М., Ковальчук Р, Вигера А. Трофологія: вчення про живлення, їжу та їду; посібник. / за

науковою редакцією С. Вигери. Київ : ЦП «Компринт», 2025.
250 с.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ ТА ЇХ ПІСЛЯВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ

ВІТЕР Надія

доктор філософії

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, УКРАЇНА

Внаслідок повномасштабних бойових дій, знищено або окуповано майже 30% лісового фонду України. За оцінками експертів бойові дії та окупація торкнулися близько 2,5–3 мільйонів гектарів лісів, причому значні площі зазнали масштабних пожеж, мінування, незаконних рубок, але реальні збитки можуть бути вищими. Близько 3 млн га лісів постраждали від обстрілів, пожеж, зведення фортифікацій та забруднення, 0,8 млн га лісів залишаються в тимчасовій окупації, а 0,1 млн га знаходяться у зоні активних бойових дій. Один мільйон гектарів лісового фонду перебувають під окупацією та в зоні активних бойових дій. Більше 0,5 млн га деокупованих лісів потребують розмінування. [1].

Попередні оцінки збитків Держлісагенства та інших джерел перевищують мільярди гривень, проте повна оцінка неможлива через активні бойові дії та окупацію. У 2024 році вогнем було знищено понад 965 тисяч гектарів лісу. Загалом

оцінюється, що повністю знищено близько 2 млн гектарів. Загальна сума збитків, завданих лісовому господарству, оцінюється у понад 20 мільярдів гривень, а шкода довікіллю України перевищила 6,4 трлн грн. [2].

Найбільших втрат зазнали області, де ліс став безпосередньою місцем бойових дій. Ліси Харківщини та Луганщини постраждали найбільше через інтенсивні артилерійські обстріли. На Луганщині величезні масиви хвойних лісів вигоріли повністю. Знамениті «Святі гори» та ліси навколо Лиману на Донеччині зазнали катастрофічних пошкоджень через пожежі та забруднення нерозірваними боєприпасами. На Херсонщині окрім пожеж, ліси лівобережжя зазнали безпрецедентного удару через підлив Каховської ГЕС. Затоплення призвело до загибелі тисяч гектарів унікальних заплавних лісів та штучних насаджень у Нижньодніпровських пісках. На Київщині, Чернігівщині та Сумщина основною проблемою є щільне замінування та механічне пошкодження дерев під час окупації на початку 2022 року. [3].

Відновлення лісів – це процес, що триватиме десятиліттями, тому що головним бар'єром є розмінування. Лісівники не можуть почати посадку або навіть гасіння пожеж, поки територія не перевірена саперами. На повне розмінування лісів можуть піти десятки років. Полезахисні лісосмуги потребують термінового відновлення та догляду. За підрахунками науковців для створення стійкої екосистеми необхідно залісити мінімум 10 млн га ріллі. Тому терміновим завдання екологів і агрономів є екологізація землеробства

через створення господарської моделі у якій максимально задіяні природні ресурси та інтелект людини [4].

За офіційними даними Державного агентства лісових ресурсів під час війни проводиться озеленення в країні. Станом на кінець травня під час весняної висадки підприємства Держлісагенства висадили 116 млн. дерев на площі 16890,8 га, з них 1354 га – це лісорозведення. В розрізі облас теї: у Чернігівській – 7050,7 тис. штук, Львівській – 5691,47 тис. штук, Вінницькій – 3736,6 тис. штук, Житомирській – 25741,6 тис. штук, Одеській – 117,8 тис. штук, Херсонській – 352,3 тисяч штук [5].

Проблеми з відтворення лісів в умовах військового стану пов'язані з розмінуванням тимчасово окупованих територій. Але, не дивлячись на такі небезпеки, у Херсонській області була проведена кампанія по відтворенню лісів. Південний регіон має специфічні кліматичні умови і тому висадка дерев починається значно раніше порівняно з іншими регіонами України. Ліси Херсонщини розміщені на нижньодніпровській арені на еолових пісках. Найкраща приживлюваність лісу приходить на кінець січня і початок лютого місяця, коли достатньо вологи і відсутні суховії. Тому, минулорічні деревні породи лісівники висадили ще до початку повномасштабного російського вторгнення [6].

За даними Державного агентства лісових ресурсів України, станом на червень 2022 року, за рік реалізації програми «Зелена країна» висаджено 174,8 млн. дерев, зокрема у Житомирській 24 області – 39,7 млн, Київській – 11,3 млн; Луганській – 4,4 млн; Дніпропетровській – 2 млн .

Ця програма передбачає за три роки висадити 1 мільярд нових дерев, а протягом 10 років збільшити площу лісів на 1млн. гектарів. [7].

Лісові масиви використовують для маскуванню свого місцерозташування та пересування, облаштування позицій обстрілів, тому рослинні насадження піддаються обстрілам з різних видів озброєння. Найбільших руйнувань рослини зазнають від вибухів боєприпасів та ракетних обстрілів. Вибухові хвилі, осколки та фрагменти боєприпасів наносять механічних ушкоджень стовбурам гілкам та корінням дерев та чагарників. Потужні вибухи утворюють вирви, які викликають повне знищення дерев, ушкодження та забруднення ґрунту токсичними речовинами, утворення чадного і бурого газу, оксидів азоту, формальдегідів та цілого ряду органічних сполук. [8].

Чагарники і дерева також пошкоджуються кулями стрілецької зброї, які застрягають всередині гілок і стовбурів або ламають їх. Пошкоджені рослини втрачають життєздатність, вражаються різними шкідниками, хворобами і тому стають пожеже небезпечними. Внаслідок обстрілів гинуть і зазнають поранень тварини, а гучні звуки змушують їх мігрувати, виходити на відкриту місцевість, де піддаються небезпеці, що викликає у них порушення репродуктивної функції. У лісових біоценозах порушуються трофічні ланцюги, а екологічний збиток, нанесений воєнними діями, буде довготривалим. [9].

Пошкодження лісових екосистем відбувається при падінні підбитих літаків, ракет, гвинтокрилів. Лісові пожежі ведуть до забруднення довкілля і викликають утворення

парникових газів. За період війни на тимчасово окупованих територіях і зонах бойових дій лісові пожежами було охоплено 49, 6 тис га, що викликало викиди CO² кількістю 14 336 тис т. Найбільше охоплено пожежами зони активних бойових дій, що складає 19,5 % території України, яку розглядають як територію шириною близько 20 км по обидві сторони від лінії фронту [10].

Для створення нових полезахисних лісосмуг на півдні та сході України, що були знищені військовою агресією росії, пропонується висаджувати стійкі до несприятливих і посушливих умов за значених регіонів види дерев: акацію білу, гледичію колючу, берест (в'яз граболистий), клени, ясен звичайний та відмовитись від традиційних, протягом тривалого часу: дуба звичайного, буку лісового, берези повислої, вільхи чорної, які не зможуть повністю реалізувати свій природо і ґрунтоохороний потенціал через нестачу вологи у ґрунті. Найкраща приживлюваність лісу приходить на кінець січня і початок лютого місяця, коли достатньо вологи і відсутні суховії. Тому, минулорічні деревні породи лісівники висадили ще до початку повномасштабного російського вторгнення .

Список використаних джерел

1. Державна екологічна інспекція України. Офіційний веб-портал. URL: <https://dei.gov.ua/post/2512> .
2. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2022 р. URL: https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/publich_zvit_publichnii-zvit-za-2022.pdf

3. Аверчев О.В., Нікітенко М.П., Йосипенко І.В. Вплив воєнних дій на екологізацію агровиробництва у Херсонській області. *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки*. Одеса: «Гельветика», 2023. Вип. 130. С. 3-10.

4. Малюга В.М. Писаренко В.М., Писаренко В.В., Писаренко П.В. Управління агротехнологіями за умов посух: монографія. Полтава. 2020. 163 с.

5. Вітер Н.Г. Глобальна зміна клімату та функціонування і відтворення полезахисних лісосмуг в умовах військового стану. *Відтворимо ліси разом*: матеріали Всеукр. наук. прак. конф. (м. Київ, 20.04.2023 р.). МОН України, Національний еколого-натуралістичний центр, Товариство лісівників України. Київ: «НЕНЦ», 2023. 115 с.

6. Вітер Н.Г. Роль полезахисних насаджень в зміні мікроклімату агроландшафтів в умовах військового стану. *Екологічна і біологічна небезпека в умовах війни*: матеріали наук.-прак. конф., м. Київ, 19-20.07. 2023 року, Київ: ІАП НААН. 2023. С. 27-31.

7. Завірюха М.М. Правові заходи відтворення лісів в умовах воєнного стану. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2022. № 6. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2022-6/47>

8. Про затвердження Порядку проведення національної інвентаризації лісів та внесення зміни у додаток до Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних. Постанова КМУ від 21 квітня 2021 р. № 392.

9. Крушельницький О.Д., Огороднійчук І.В., Іванько О.М. Ландшафтні зміни навколишнього середовища внаслідок воєнних дій та їх епідемічні ризики. *Профілактична медицина. Медичні перспективи*. 2020. Том XXI/2. С. 103-106.

10. Вплив російської війни в Україні на клімат. Проміжна оцінка викидів парникових газів. URL: [https://ecoaction.org.ua/wpcontent/uploads/2023/02/vplyv-ros-viyny-na-klimat-promizh-otsinka-parn haziv. pdf](https://ecoaction.org.ua/wpcontent/uploads/2023/02/vplyv-ros-viyny-na-klimat-promizh-otsinka-parn-haziv.pdf).

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ АЗОФОСКИ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ГЛУШАКОВ Володимир

аспірант

САСІНА Тетяна

доктор філософії

ШЕВЧЕНКО Людмила

к.с.-г.н.

ВОЛКОГОН Катерина

к.с.-г.н.

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та
агропромислового виробництва НААН*

Чернігів, УКРАЇНА

Сучасна парадигма сталого аграрного виробництва
неможлива без оптимізації функціонування ґрунтових

мікробіоценозів. При цьому використання агрономічно корисних мікроорганізмів (PGPM) традиційно асоціюється з передпосівною інокуляцією насіння, але технологічні обмеження цього підходу спонукають до пошуку альтернативних шляхів доставки мікробних клітин у ризосферу рослин. Перспективним та екологічно обґрунтованим рішенням може бути біологічне збагачення мінеральних добрив, коли гранули тукових сумішей є матрицею-носієм для PGPM.

Метою наших досліджень було визначення впливу збагачення мінерального добрива азофоски клітинами *Bacillus amyloliquefaciens* B-22 та *Paenibacillus polymyxa* KB на формування якісних показників зерна пшениці озимої сорту Кубус за двох рівнів мінерального живлення - N₆₀P₆₀K₆₀ і N₉₀P₉₀K₉₀. Дослідження проводили у польовому досліді на чорноземі вилугуваному.

Схема досліду:

1. N₆₀P₆₀K₆₀ без збагачення бактеріями;
2. N₆₀P₆₀K₆₀ за збагачення *B. amyloliquefaciens* B-22;
3. N₆₀P₆₀K₆₀ за збагачення *P. polymyxa* KB;
4. N₉₀P₉₀K₉₀ без збагачення бактеріями;
5. N₉₀P₉₀K₉₀ за збагачення *B. amyloliquefaciens* B-22;
6. N₉₀P₉₀K₉₀ за збагачення *P. polymyxa* KB.

Отримані результати демонструють, що мікробіологічна модифікація добрив чинить потужний коригуючий вплив на процеси формування зерна. За нижчого агрофону (N₆₀P₆₀K₆₀) збагачення азофоски *B. amyloliquefaciens* B-22 сприяло достовірному зростанню врожайності культури, вмісту білка в зерні з 8,2% у

контрольному варіанті до 9,1%, а масової частки сирової клейковини – з 12,8% до 13,6% відповідно. Застосування *P. polymyxa* КВ також позитивно вплинуло на якісні показники (білок–8,7%, клейковина –12,3%), хоча суттєвого приросту врожайності за цих умов не відмічено. Показники натурності зерна залишалися стабільними в межах 749–752 г/л.

Більш виражений синергічний ефект від поєднання мінерального живлення та мікробної дії виявлено за агрофоном $N_{90}P_{90}K_{90}$. Використання азофоски, модифікованої за участі *B. amyloliquefaciens* В-22, забезпечило суттєве зростання вмісту білка до 11,0 % проти 9,9 % у контролі та масової частки клейковини до 18,4 % проти 16,3 % у контрольному варіанті. Натура зерна досягла 775 г/л, що свідчить про повноцінне наливання та скловидність зерна.

Використані у дослідженні бактеріальні штами є активними продуцентами фітогормонів, володіють антифунгальними властивостями, а також демонструють високу активність щодо фосфатсолубілізації. Комплекс агрономічно корисних властивостей досліджуваних бактерій за їх взаємодії з мінеральним добривом та рослинами сприяє оптимізації продукційного процесу пшениці озимої. Так, зокрема, удобрення культури модифікованою азофоскою спричиняє феномен «фосфатного збіднення» в кореневій зоні рослин, що опосередковано свідчить про інтенсивніше засвоєння фосфору рослинами за цих умов. Також відсоток зерна, враженого фузаріозом, у дослідних варіантах зменшувався в чотири рази.

Використання *B. amyloliquefaciens* В-22 для модифікації азофоски сприяло отриманню кращих результатів як щодо рівня врожайності, так і якості зерна, як порівнювати з даними, одержаними у варіантах з *P. polytxa* КВ. Ми пояснюємо це тим, що штам В-22 у свій час був виділений безпосередньо з поверхні гранул мінерального добрива, тож має вищу адаптаційну здатність до агресивного хімічного середовища порівняно з ґрунтовим ізолятом, що забезпечує його кращу виживаність та пролонговану фізіологічну активність у ризосфері.

Отже, застосування модифікованої за участі *B. amyloliquefaciens* В-22 азофоски у технології вирощування пшениці озимої дозволило підвищити врожайність культури та отримати зерно з високими якісними показниками. Мікробіологічна модифікація туків є перспективним напрямом досліджень. Подальші дослідження спрямовані на вивчення можливості мікробіологічної модифікації інших видів мінеральних добрив.

ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ: ІНСТИТУТИ, ТРЕНДИ, ВИКЛИКИ

ГОЛЯН Василь

д.е.н., професор

БАРДАСЬ Вадим

к.е.н.

КОРОБКА Ростислав

к.е.н.

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Київ, УКРАЇНА*

Формування у глобальному масштабі сучасного сектора високотехнологічних виробництв та просування світової цивілізації у фазу низьковуглецевого розвитку збільшують потребу у нарощенні видобутку рідкісноземельних елементів та інших видів мінеральної сировини, що відповідним чином визначає формат інвестиційної діяльності у сфері природокористування. Поглиблення інституційних трансформацій у сфері господарського освоєння природно-ресурсного потенціалу та охорони навколишнього природного середовища, а також глобальне переформатування світової економіки детермінують необхідність формування сучасного інституційного підґрунтя активізації інвестиційної діяльності у сфері природокористування. Прикметною рисою кращих іноземних практик інвестиційної діяльності у сфері

природокористування є урізноманітнення форм, методів, способів та інструментів інвестиційного забезпечення проєктів освоєння родовищ корисних копалин, які виступають ресурсною базою розвитку сектору високотехнологічних виробництв, а також проєктів оздоровлення довкілля та розбудови інфраструктури відновної енергетики.

Урахування воєнних, євроінтеграційних і децентралізаційних викликів, які детермінують пріоритети й масштаби модернізації екологічної інфраструктури в Україні, потребує диверсифікації джерел, методів та інструментів фінансово-інвестиційного забезпечення інфраструктурних поліпшень у системі природоохоронної діяльності й раціонального використання природних ресурсів, що дасть можливість застосувати перевірений передовою іноземною практикою комплекс заходів з оздоровлення довкілля та підвищення рівня комплексності використання природної сировини, а це у підсумку сприятиме становленню вітчизняного інституту екологічного підприємництва та монетизації природоохоронної діяльності.

Нинішній фінансово-інвестиційний вимір модернізації екологічної інфраструктури характеризує надмірна звуженість джерел фінансування процесів упровадження сучасних природоохоронних технологій і технічного переозброєння мережі очисних споруд і невисокий рівень інвестиційної привабливості проєктів оздоровлення довкілля та екологічного реінжинірингу деградованих і порушених природних біогеоценозів у зв'язку з латентним характером розвитку інститутів екологічного підприємництва та

збереженням командно-адміністративних рудиментів управління природоохоронною діяльністю [1, с. 392]. Збереження командно-адміністративних рудиментів в управлінні природоохоронною діяльністю консервує перманентний інвестиційний дефіцит і відповідно визначає поточну, а не капітальну спрямованість освоєння природоохоронних видатків. Також така ситуація кумулятивним чином впливає на збереження низького рівня інвестиційної привабливості проєктів екологічного спрямування.

В цілому в Україні активізація інвестиційної діяльності у сфері природокористування стикається з комплексом проблем, котрі залишилися внаслідок системних протиріч перехідного періоду та внаслідок збереження рудиментів командно-адміністративної економіки у сфері управління природними ресурсами і охороною навколишнього природного середовища. Дослідження показали, що існуючі проблеми активізації інвестиційної діяльності у сфері природокористування варто згрупувати в два основних блоки: 1) проблеми системно-функціонального характеру; 2) проблеми інституційного характеру. Такий поділ дозволяє диференційовано підходити до розробки заходів щодо покращення інвестиційного клімату у природоохоронній та природно-ресурсній сферах через здійснення інноваційних трансформацій інвестиційної діяльності в царині побудови сучасної моделі «зеленої» економіки. Такого роду трансформації мають сформулювати підґрунтя для імплементації в інвестиційний процес сучасних форм та

методів «зеленого» інвестування проєктів природно-ресурсного та природоохоронного спрямування.

Ретроспективний аналіз структури сукупних природоохоронних витрат в Україні протягом декількох десятиліть свідчить про те, що понад 60% з них спрямовувалося на поточне утримання інфраструктури водота теплопостачання, очисних споруд та полігонів відходів у стані мінімальної функціональності, тоді як частка інвестицій у модернізацію та будівництво нових екологічних об'єктів залишалася вкрай низькою. Це призвело до створення відповідного замкненого кола: застаріла інфраструктура потребувала дедалі більших витрат на утримання та експлуатацію, що зменшувало простір для фінансування інвестицій у модернізацію екологічної інфраструктури. Домінування такого підходу стало наслідком відсутності стратегічного бачення в управлінні природним капіталом та браку дієвих механізмів довгострокового інвестиційного планування у природоохоронній сфері [2].

Треба відмітити, що в останні роки в Україні також зберігається тенденція, коли переважна частка природоохоронних видатків спрямовується на ліквідацію наслідків еколого-деструктивної діяльності, а не на їх упередження, що є проявом наявності інституційного розриву в стратегічному цілепокладанні інвестиційної діяльності у сфері природокористування, виходячи з передових іноземних лекал «зеленого» фінансування.

Однією із вагомих проблем системно-функціонального характеру є надмірно уніфікований спектр джерел інвестиційного забезпечення природоохоронної та природо-

експлуатаційної діяльності, оскільки переважна більшість природо-експлуатаційних та природоохоронних проєктів в Україні фінансується або за рахунок коштів публічних бюджетів, або за рахунок власних коштів підприємств, установ та організацій. Така надмірна звуженість джерел інвестиційного забезпечення не дає можливості усунути рецидиви надмірно високого фізичного спрацювання об'єктів екологічної інфраструктури як у публічному, так і в корпоративному секторі, що супроводжується невиконанням Україною зобов'язань взятих в межах реалізації базових положень міжнародних природоохоронних конвенцій. Фактично законсервуввся стан в інвестиційній діяльності у сфері природокористування, коли альтернативні інструменти «зеленого» фінансування такі як «зелені» облігації, екологічні кредити, кліматичні фонди, механізми торгівлі викидами залишаються практично незадіяними через інституційну неупорядкованість законодавства, котре регулює фінансово-інвестиційне забезпечення природоохоронної та природо-експлуатаційної діяльності.

Враховуючи результати проведених оцінок Міжнародного валютного фонду, необхідно стверджувати, що розгалужений спектр інструментів стимулювання зеленого інвестування має включати три взаємодоповнюючі групи: ринкові важелі, регуляторні інструменти та фіскальні регулятори [3]. Повільна імплементація передового міжнародного та іноземного досвіду економічного стимулювання активізації інвестиційних процесів у процесах досягнення цілей кліматичної нейтральності та відсутність комплексного підходу до формування архітекτονіки

стимулюючого впливу на інвестиційні процеси у сфері природокористування в Україні не забезпечили формування належного рівня інвестиційного клімату в царині побудови моделі зеленої економіки. Перспективна модель організації інвестиційного процесу у сфері природокористування має охоплювати набір заходів для подолання рецидивів млявого застосування інструментів економічного стимулювання «зеленого» фінансування.

Одним з основних детермінантів здійснення інвестиційного процесу у сфері природокористування є повільне входження України у планетарну систему «зелених» фінансів. Це є системно-функціональна проблема, які потребує вирішення через залучення вищої ланки державного управління та представників громадського і підприємницького сектора. Таке входження гальмується через повільну імплементацію природоохоронних директив ЄС в національний регуляторний механізм природокористування, неналежну конвергенцію національних і міжнародних екологічних стандартів, регламентів та нормативів, а також відсутність відповідних змін до вітчизняного законодавства, яке визначає правові основи застосування інструментів «зеленого» інвестування.

Підвищення інвестиційної привабливості природоохоронних проєктів потребує комплексу інституційних та фінансових змін: чіткого визначення прав власності на природні ресурси та екосистемні послуги, вдосконалення системи обліку природного капіталу, розвитку механізмів розподілу ризиків між державою та приватним сектором, а також підвищення прозорості

процедур отримання екологічних дозволів [4]. Без інкорпорації цих змін до спектра форм та методів інвестиційної діяльності у сфері природокористування природоохоронні та природо-відтворювальні проєкти залишатимуться недостатньо привабливим об'єктом для потенційних інвесторів, що консервуватиме перманентний дефіцит фінансування «зелених» інвестицій.

Список використаних джерел

1. Голян В., Ткачук В., Коробка Р., Костюк Т., Погуляйко Ю., Бардась В. Фінансово-інвестиційні виміри модернізації екологічної інфраструктури в Україні: воєнні, євроінтеграційні та децентралізаційні виклики. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2025. Том 4(63). С. 391–418.
2. Веклич О.О. Сучасний стан та ефективність економічного механізму екологічного регулювання. *Економіка України*. 2003. №10. С. 62–70.
3. International Monetary Fund. Fiscal Policies for Paris Climate Strategies: From Principle to Practice. Washington, D.C.: IMF Policy Paper, 2019. 74 p.
4. Потапенко В.Г. Стратегічні пріоритети безпечного розвитку України на засадах «зеленої» економіки. Київ: НІСД, 2012. 360 с.

ЗАБРУДНЕНА БІОМАСА ЯК ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РЕСУРС І ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК У ПОВОЄННОМУ ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

ГОНЧАРЕНКО Ігор

к.т.н.

ОСЬКІНА Марина

аспірант

*Навчально-науковий інститут «Український науково-
дослідний інститут екологічних проблем»*

Харків, УКРАЇНА

Повоєнне відновлення України вимагатиме переосмислення ролі біомаси в системі енергетичної та екологічної безпеки. Агропромисловий сектор, лісове господарство, заходи з рекультивації порушених територій здатні формувати значні обсяги рослинної сировини, потенційно придатної для енергетичного використання. Водночас частина цих матеріальних потоків може суттєво ускладнити їх безпечне використання. За оцінками міжнародних організацій, війна в Україні спричинила масштабні пошкодження земель, промислових об'єктів, аграрної інфраструктури, лісових екосистем і систем поводження з відходами [1; 2]. Окреме значення має вплив війни на сільське господарство та сільські території, де поєднуються ризики забруднення ґрунтів, пошкодження виробничої інфраструктури і формування значних обсягів рослинних решток [3]. Для первинного просторового скринінгу територій підвищеного екологічного ризику

доцільно використовувати геоінформаційні інструменти, зокрема ГІС «Екодозор», яка акумулює дані про екологічні пошкодження України, спричинені війною [4].

Забруднена біомаса у цьому контексті охоплює різні за складом та походженням аграрні рештки, енергетичні рослини, аварійну деревину та біомасу з територій, що зазнали впливу військових дій. Зокрема, міскантус розглядається як продуктивна біоенергетична культура, придатна для вирощування на деградованих і забруднених землях, із потенціалом одночасного отримання біомаси та екологічного відновлення територій [5]. Разом із тим рослини, що використовуються для фіторе mediaції, можуть накопичувати важкі метали та інші забруднювачі у тканинах, унаслідок чого після збирання така рослинна маса потребує спеціального поводження [6]. У таких випадках вона залишається біосировиною за походженням, але за екологічними характеристиками має розглядатися як забруднена біомаса, а залишки її термохімічної переробки можуть набувати ознак небезпечних відходів.

Ключові ризики пов'язані з можливим вмістом у біомасі важких металів і металоїдів, залишків вибухових речовин, нафтопродуктів, продуктів горіння, хлору, сірки та підвищеної частки мінеральних домішок. Вибухові речовини та компоненти боєприпасів можуть зберігатися у ґрунтовому середовищі, трансформуватися та створювати довгострокові ризики для рослинності, ґрунтів і водних об'єктів [7]. Важкі метали потрапляють до біомаси шляхом кореневого поглинання, поверхневого осадження пилу, а також разом із

частинками ґрунту під час заготівлі, транспортування та зберігання сировини [6].

Термохімічна конверсія забрудненої біомаси, включаючи спалювання, піроліз, газифікацію та торефікацію, переважно змінює форму існування забруднювачів і визначає їх подальший розподіл між газовою, твердою та рідкою фазами. Під час спалювання частина елементів концентрується у донній золі, частина переходить до леткої золи, дрібнодисперсних частинок, відкладень у котельному обладнанні та продуктів газоочищення. Поведінка металів залежить від їх леткості, температурного режиму, мінерального складу палива, а також вмісту хлору та сірки [8; 9]. Хлор може підсилювати леткість окремих металів через утворення хлоридних форм, тому його вміст у паливі є важливим параметром екологічної оцінки [8].

Зольні залишки потребують окремої уваги, оскільки вони можуть поєднувати ресурсний потенціал і екологічний ризик. Зола відносно чистої біомаси може містити кальцій, калій, фосфор та інші мінеральні компоненти, що формують можливості її повторного використання [10]. Водночас зола від забрудненої або фіторемедіаційної біомаси може містити підвищені концентрації важких металів, що обмежує її аграрне або будівельне застосування та потребує стабілізації, контрольованого зберігання або спеціального поводження [9].

Практичне значення такого підходу підтверджується розрахунками для парового котла КПТ 16000-40-440 потужністю 13,76 МВт, у якому розглядалося використання різних паливних сумішей. Для одного технологічного

комплексу порівнювалися суміші на основі пелет соняшнику, пелет висівок і деревної тріски, а також варіанти з додаванням вугілля або торфу. Навіть за подібної технологічної схеми зміна складу палива суттєво впливала на профіль викидів. Для біомасової суміші розрахункові річні викиди діоксиду сірки становили близько 4,15 т/рік, тоді як у разі додавання вугілля вони зростали до 17,38 т/рік. Варіант із торфом характеризувався підвищенням викидів СО та речовин у вигляді суспендованих твердих частинок. Установки очистки газу є необхідною умовою зниження пилового навантаження, однак уловлена зола та пилові залишки формують окремий матеріальний потік, який потребує хімічної характеристики та екологічно обґрунтованого поводження.

Стратегічна екологічна оцінка (СЕО) та оцінка впливу на довкілля (ОВД) є взаємодоповнювальними інструментами управління ризиками, пов'язаними з використанням забрудненої біомаси. СЕО застосовується на рівні стратегій, програм і планів повоєнного відновлення громад, розвитку аграрних кластерів, децентралізованої енергетики та управління порушеними територіями. Саме на цьому рівні можуть визначатися зони безпечної заготівлі біомаси, вимоги до попереднього скринінгу, допустимі технологічні маршрути та обмеження для високоризикових матеріальних потоків. Такий підхід відповідає міжнародним принципам, орієнтованим на інтеграцію екологічних міркувань у процес стратегічного планування [11; 12]. На відміну від СЕО, ОВД застосовується на об'єктовому рівні, через що має включати оцінювання повного технологічного ланцюгу від складу

біомаси до особливостей впливу технологій її використання із визначенням ризиків для об'єктів довкілля та здоров'я населення. Запропонована поетапна рамка прийняття рішень передбачає: просторовий скринінг походження біомаси; лабораторний аналіз її складу, включаючи важкі метали, сірку, хлор і специфічні забруднювачі; вибір технологічного маршруту відповідно до рівня ризику; регламентоване поводження із золою, пиловими та рідкими залишками. Для умовно чистої біомаси можливе стандартне енергетичне використання. Для потоків із помірним рівнем невизначеності доцільним є контрольоване спалювання з ефективним газоочищенням і подальшим аналізом залишків. Для забрудненої біомаси мають застосовуватися спеціалізовані технологічні рішення з контролем викидів, концентрацією забруднювачів у керованих залишках і оцінкою можливостей ресурсного відновлення.

Підсумовуючи, забруднена біомаса у повоєнному відновленні України має розглядатися як складний матеріальний потік, що поєднує як енергетичний потенціал так і екологічний ризик. Безпечна її інтеграція в енергетичні системи потребує поєднання просторового моніторингу, лабораторного контролю, технологічної регламентації, оцінки викидів і контролю вторинних залишків. СЕО та ОВД можуть забезпечити практичну основу для прийняття рішень на стратегічному й проектному рівнях, поєднуючи потреби обох секторів включно із потребами в рекультивації та відновленні постраждалих територій.

Список використаних джерел

1. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review / United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, 2022. 102 p.
2. Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3) February 2022 – December 2023 / World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations. Washington, D.C. : World Bank Group, 2024.
3. Impact of the war on agriculture and rural livelihoods in Ukraine / Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2022. URL: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3311en>
4. ГІС «Екодозор» (EcoDozor): база даних та мапа екологічних пошкоджень України / Zoï Environment Network. URL: <https://ecodozor.org/>
5. Pidlisnyuk V., Stefanovska T., Lewis E. E., Erickson L. E., Davis L. C. Miscanthus as a productive biofuel crop for phytoremediation. Critical Reviews in Plant Sciences. 2014. Vol. 33(1). P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.847616>.
6. Ali H., Khan E., Sajad M. A. Phytoremediation of heavy metals: Concepts and applications. Chemosphere. 2013. Vol. 91(7). P. 869–881. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>.
7. Pichtel J. Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. Applied and Environmental Soil Science. 2012. Vol. 2012. P. 1–33. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/617236>.

8. Nzihou A., Stanmore B. The fate of heavy metals during combustion and gasification of contaminated biomass: A brief review. *Journal of Hazardous Materials*. 2013. Vol. 256. P. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.04.015>.

9. Zhang H., Zhao Y., Qi H. Fate of heavy metals during combustion of phytoremediation-derived biomass: A review. *Chemosphere*. 2023. Vol. 313. P. 137442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137442>.

10. Vassilev S. V., Baxter D., Andersen L. K., Vassileva C. G. An overview of the chemical composition of biomass and its ashes. Part 1. *Fuel*. 2010. Vol. 89(4). P. 913–933. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.10.022>.

11. Good Practice Recommendations on the Application of the Protocol on Strategic Environmental Assessment / United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). New York ; Geneva : United Nations, 2016.

12. Noble B., Nwanekezie K. Conceptualizing strategic environmental assessment: Principles, approaches and research directions. *Environmental Impact Assessment Review*. 2017. Vol. 62. P. 165–173. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.03.005>.

АЛЕЛОПАТИЧНА АКТИВНІСТЬ РИЗОСФЕРНОГО ГРУНТУ РОСЛИН ALLIUM СЕРА L. РІЗНОГО СЕЛЕКЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ

ГОРГАН Тетяна

к.б.н.

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

БІЛЕНЬКА Ольга

к.с.-г.н.

*Інститут овочівництва і багданництва НААН
с-ще Селекційне, Харківська обл., УКРАЇНА*

ШИЛО Марія

студентка

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Київ, УКРАЇНА*

У природних і агроценозах ріст та розвиток рослин визначаються комплексною взаємодією з біотичними компонентами середовища, зокрема біологічно активними речовинами, що містяться у ґрунті. Упродовж вегетаційного періоду під впливом стресових чинників у рослин активуються адаптаційні механізми та захисні реакції, які найбільш ефективно проявляються на ранніх етапах онтогенезу, забезпечуючи регуляцію процесів росту і розвитку. Інтенсивність та склад корневих виділень змінюються залежно від віку рослини та умов її існування [1, 2].

Кореневі екзометаболіти відіграють важливу роль у взаємодії рослин із ґрунтовою мікробіотою, зокрема впливають на ріст і розвиток фітопатогенних грибів родів *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Sclerotium*, *Aphanomyces*, *Pythium*, *Verticillium* та *Phytophthora*. Особливо вираженим цей вплив є у випадку сприйнятливих сортів рослин, кореневі виділення яких можуть стимулювати розвиток патогенів. Навіть за оптимального забезпечення рослин поживними елементами, вологою та сприятливих агрофізичних властивостей ґрунту інколи спостерігається пригнічення ростових процесів. Однією з причин такого явища є ґрунтовий токсикоз, який виникає внаслідок накопичення токсичних речовин у ґрунтовому середовищі. Джерелом цих сполук можуть бути як зовнішні чинники, так і самі рослини. За несприятливих умов вирощування або дії стресових факторів інтенсивність виділення біологічно активних речовин значно підвищується, особливо на стадіях старіння чи відмирання окремих органів. Унаслідок цього в ґрунті накопичуються алелопатично активні та продукти розкладу органічної речовини, які здатні негативно впливати на ріст і розвиток наступних поколінь рослин або культур, що вирощуються після них [2].

Склад фізіологічно активних речовин в алелопатичному середовищі є динамічним і залежить не лише від самої рослини, а й від діяльності ґрунтових мікроорганізмів, які трансформують кореневі виділення та рослинні рештки. У результаті формується складний комплекс органічних сполук, що взаємодіють між собою, тому навіть за детального визначення їхнього хімічного складу не завжди можливо достовірно прогнозувати

біологічний ефект. Саме тому одним із найбільш інформативних методів дослідження в алелопатії є біологічне тестування, яке дає змогу оцінити рівень накопичення фізіологічно активних речовин в алелопатичному полі рослин і, відповідно, визначити ступінь його алелопатичної активності [3, 4].

Для наших досліджень взято сім сортів цибулі ріпчастої селекції ІОБ НААН, які різняться за морфо-фізіологічними показниками і характеризуються різноманітним вмістом біологічно-активних речовин [5]. Методом прямого біотестування визначено алелопатичну активність ґрунту рослин цибулі ріпчастої сортів І-ї групи (Мавка, Веселка, Амфора) та ІІ-ї групи (Ткаченківська, Любчик, Варяг, Глобус). Як контроль використали ґрунт, який не зазнавав алелопатичної дії рослин (ґрунт міжрядь – едафосфера). Як тест-культуру використовували крес-салат *Lepidium sativum* L. [6].

За результатами досліджень виявлено пригнічення росту тест-культури крес-салату рослин *Allium cepa* L. різного селекційного походження порівняно з контрольним зразком. На третю добу у деяких зразках ґрунту насіння *Lepidium sativum* L. сповільнило, або і зовсім припинило свій розвиток, що свідчить про значну фітоксичність ґрунту по відношенню до тест-культури. На шосту добу спостерігали раннє пожовтіння сім'ядольних листків та пригнічення росту як надземної, так і підземної частин рослин крес-салату у ризосферному ґрунті цибулі ріпчастої порівняно з контрольним зразком ґрунту. На дев'яту добу відмітилася деформація рослин *Lepidium sativum* L., що може бути

пов'язано з накопиченням у ґрунті вторинних метаболітів, які продукуються коренями *Allium cepa* L. У пророслих рослин крес-салату зафіксовано численні морфологічні зміни – викривлення стебел, скручування сім'ядоль та деформації кореневої системи. Такі симптоми є типовими проявами алелопатичного стресу, викликаного дією біологічно активних сполук.

Загалом отримані результати свідчать про наявність сильного алелопатичного потенціалу у ґрунті, що формується під впливом культур *Allium cepa* L. різного селекційного походження. Слід зазначити, що по мірі старіння рослин цибулі ріпчастої, фітотоксичний ефект посилюється по відношенню до тест-культури. Згідно отриманих результатів дослідження, тест-культура *Lepidium sativum* L., вирощена на різних варіантах ризосферного ґрунту, характеризується різним рівнем пригнічення як наземної, так і кореневої частини проростків. Рівень фітотоксичності ґрунту визначаємо за пригніченням ростових процесів проростків крес-салату за дії ризосферного ґрунту сортів рослин I-ї групи (Мавка, Веселка, Амфора) в межах 21,0 – 71,2, а у сортів II-ї групи (Ткаченківська, Любчик, Варяг, Глобус) – 19,8 – 62,4 порівняно із контролем.

Отже, алелопатична активність цибулі ріпчастої, які належать до I-ї групи сортів є вищою порівняно із рослинами, які відносяться до II-ї групи сортів. Фітотоксичність ґрунту у фазу трьох справжніх листків відповідає середньому рівню токсичності, де спостерігаємо пригнічення ростових процесів коренів *Lepidium sativum* L. вище на 14,1% у сортів I-ї групи, ніж у сортів II-ї групи. Але пригнічення ростових

процесів незначне – для I-ї групи сортів на 1,2% ніж для II-ї групи. Фітотоксичність ґрунту у фазу формування цибулини зростає до рівня вище середнього: I група має значне зниження ростових процесів коренів до 59,4% та паростків на 41,1% у порівнянні з II-ю групою сортів – 41,2% для коренів та 39,9% у паростків.

Фітотоксичність ґрунту фази полягання пера характеризується високим рівнем. Пригнічення ростових процесів коренів та паростків максимальне у I-ї групи – 71,2% та 63,4% відповідно, у II-ї групи сортів – 62,4% та 60,1% відповідно. У контрольних варіантах обох груп сортів фітотоксичність ґрунту – відсутня. Статистично значущі відмінності (LSD) у всіх фазах розвитку становлять: для коренів $LSD=1,86$ (значуща відмінність), для паростків $LSD=2,27$ (немає значущої відмінності). Слід зазначити, що ризосферний ґрунт виявив більший фітотоксичний ефект по відношенню до коренів ніж до паростків тест-культури *Lepidium sativum* L.

За результатами досліджень рослини сортів I-ї групи характеризуються вищою пригнічуючою алелопатичною активністю, ніж рослини сортів II-ї групи. Що є наслідком накопичення вторинних метаболітів некротрофних мікроміцетів та рослин *Allium cepa* L. у ґрунті та реакцією рослин на стресові абіотичні чинники. Отримані результати підтверджують, що рослини *Allium cepa* L. різного секційного походження є екологічним чинником формування ґрунтового мікобіому. Рослини сортів I-ї групи характеризуються вищою пригнічуючою алелопатичною активністю (34,8%), ніж рослини сортів II-ї групи (20,7%), що є наслідком

накопичення вторинних метаболітів некротрофних мікроміцетів та рослин *Allium cepa* L. у ґрунті та реакцією рослин на стресові абіотичні чинники.

Виявлені відмінності між сортами I-ї та II-ї груп свідчать про вплив селекційного походження рослин цибулі ріпчастої на формування алелопатичного потенціалу ризосфери. Рослини сортів I-ї групи характеризувалися вищою алелопатичною активністю та фітотоксичністю ґрунту порівняно із сортами II-ї групи, що, ймовірно, пов'язано з особливостями їхнього метаболізму, інтенсивністю виділення вторинних метаболітів і взаємодією з ґрунтовими мікроорганізмами.

Отримані результати підтверджують, що алелопатичні властивості рослин необхідно враховувати при розробленні екологічно безпечних технологій вирощування цибулі ріпчастої, плануванні сівозмін та оцінюванні сумісності культур. Урахування алелопатичної активності сортів сприятиме збереженню біологічної рівноваги агроєкосистем, підтриманню функціонального стану ґрунтового мікобіому та підвищенню екологічної стійкості агроценозів без надмірного застосування хімічних засобів захисту рослин.

Список використаних джерел

1. Avila-Jimenez M.L., Burns G., He Z., Zhou J., Hodson A., Avila-Jimenez J. L., Pearce D. Functional associations and resilience in microbial communities. *Microorganisms*. 2020. 8(6). 951. DOI:<https://doi.org/10.3390/microorganisms8060951>
2. Baranskyi D. (2023). How the controlled synergy of rhizospheric microorganisms can improve efficiency of modern

agriculture (Back To Nature). *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, (27), 157–162.
<https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.157>

3. Vero S., Garmendia G., Allori E. Microbial biopesticides: diversity, scope, and mechanisms involved in plant disease control. *Diversity*. 2023. 15. 6–29. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15030457>

4. Beznosko I., Havryliuk L., Mazur S., Gorgan T., Mosiychuk I., Bashta O., Kichigina O., Turovnik J. Formation of the population of micromycetes in the leaf microbiome of cereal cultures using different plant cultivation technologies. *Journal of ecological engineering*. 2023. 24 (11). 236–248. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/171648>

5. Каталог сортів і гібридів овочевих та баштанних рослин. Харків: Плеяда, 2015. 40 с.

6. Парфенюк, А. І., Безноско, І. В., Туровнік, Ю. А., Бородай, В. В., & Косовська, Н. А. (2023). Визначення шляхів формування ценотичних популяцій мікроміцетів в агроценозах культурних рослин: науково-методичні рекомендації. Київ: ТОВ «ДІА».

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ

ГОРОДИСЬКА Інна

к.с.-г.н., с.н.с.

КРАВЧУК Юрій

аспірант

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Розрахунок економічної ефективності сидерації є фундаментом для прийняття управлінських рішень, особливо в органічному землеробстві. Оскільки органічне виробництво обмежене у використанні синтетичних добрив, сидерація стає одним із основних інструментів підтримки родючості ґрунту, проте і вона має свою ціну, яку необхідно правильно оцінювати [2]. Таке оцінювання стає критично важливим, зважаючи на те, що сидерація передбачає вилучення поля з виробничого циклу на певний час або використання посівних площ, які могли б бути зайняті товарними культурами. При цьому розрахунок дозволяє визначити: дохід від "втраченої" товарної культури, вартість насіння сидерату та витрати на його посів та заробку, економічний ефект від приросту врожайності наступних культур у сівозміні.

На відміну від мінеральних добрив, сидерати працюють на перспективу. Тому економічний розрахунок має враховувати не лише прибуток поточного року, а й ефект від покращення ґрунтової родючості. До прикладу, збільшення вмісту гумусу та покращення структури ґрунту

на фоні сидеральних культур знижують ризики економічних втрат в посушливі роки, що є непрямим, але значним економічним вигрaшем [3, 4]. Сидерація здатна замінити дороговартісні органічні добрива (компост, гній) або дозволяє скоротити їх внесення. Економічний розрахунок дозволяє зрозуміти, при якій вартості впровадження сидерації стає вигіднішим за купівлю та логістику готових органічних добрив [1, 3].

Розрахунок економічної ефективності від вирощування сидеральних культур є бізнес-інструментом ведення сільськогосподарської практики, що дає можливість:

- визначити, які культури найбільш чутливі до попередників-сидератів, щоб максимізувати віддачу на інвестований гектар;

- управляти ризиками: оптимізувати водно-фізичні, агрохімічні, фітосанітарні показники ґрунту;

- для господарств, які прагнуть до сертифікації згідно вимог органічного виробництва або дотримання принципів сталого розвитку, показники ефективності сидерації є доказом фінансової стійкості.

Слід зазначити, що недооцінка витрат на сидерацію або ігнорування її довгострокового ефекту часто призводить до того, що фермери обирають "дешевший" шлях у короткій перспективі, втрачаючи родючість ґрунту, що в результаті коштує набагато дорожче.

Список використаних джерел

1. Bergtold J.S. et al. A review of economic considerations for cover crops as a conservation practice.

Renewable Agriculture and Food Systems. 2017. Vol.34. P. 62-76.

2. Schnitkey G.D. et al. Cover crops, farm economics, and policy. *App.Econ. Per. and Policy*. 2023. Vol.46. P.595–608

3. Wauters V. M. et al. Ecosystem Services and Cash Crop Tradeoffs of Summer Cover Crops in Northern Region Organic Vegetable Rotations. *Front. in Sust. Food Sys*. 2021. V.5.

4. Thiessen Martens J.R. et al. Integrating green manure and grazing systems: A review. *Canadian Journal of Plant Science*. 2011. Vol 91. P. 811-824.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ РОСЛИН В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

ГУЛИЧ Ольга

к.е.н, с.н.с.

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»

НААН України

Одеса, УКРАЇНА

Реалізація Україною політики екологізації землеробства та формування культури екобезпечного агровиробництва (Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року, Національна економічна стратегія на період до 2030 року) передбачає активне застосування біологічного

методу захисту рослин як інструмента «зеленої трансформації» сільського господарства.

Завдання з широкої екологізації землеробства України передбачають поступове збільшення частки біологічного та інтегрованого методів захисту рослин у загальних обсягах, переходу до екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарської продукції, зниження надмірного навантаження на природне середовище через зменшення хімізації сільськогосподарського виробництва, у тому числі хімічних методів захисту сільськогосподарських культур, а також ефективного використання біологічних методів захисту рослин.

Найбільш стимулюючий вплив на розвиток біологічного методу захисту рослин має перехід до забезпечення сталого землеробства з дотриманням вимог екологічної безпеки та норм охорони навколишнього природного середовища, гармонізації економічних і екологічних цілей агровиробництва; прискорений розвиток екологічного землеробства і, насамперед, органічного; впровадження новітніх технологій в агровиробництві, які є не лише економічно ефективними, але й екологічно безпечними; зростання вимог до безпечності харчових продуктів; вимоги до скорочення пестицидного навантаження на ґрунти і водні ресурси. Для забезпечення ефективності екологічного агровиробництва важливо мати чітке розуміння особливостей процесів застосування біометоду, можливостей оцінювання економічної, екологічної, соціальної складових цієї ефективності, інструментів впливу на підвищення цієї ефективності, трансформації ефективності застосування

біометоду у ефективність землеробства та аграрного виробництва загалом.

В аграрному виробництві при визначенні ефективності важливо оперувати економічними показниками (продуктивність, собівартість, рентабельність, прибуток), тому оцінювання ефективності застосування біометоду потрібно розглядати не лише як біологічну ефективність – запобігання втратам сільськогосподарських культур від хвороб і шкідників, - але й як отримання економічних доходів, екологічних ефектів і соціальних вигод.

Оцінювання ефективності застосування біологічного методу захисту рослин варто розглядати як визначення конкретних ефектів економічного, екологічного і соціального спрямування, що значно посилює важливість застосування біометоду в політиці екологізації землеробства, захисту навколишнього середовища, забезпеченні високих стандартів агровиробництва і соціальних стандартів здорового харчування. За такими методичними підходами створюється можливість більш повно оцінювати загальну ефективність застосування біометоду і його вплив на показники розвитку агросектору, екологізації землеробства, економічний і соціальний розвиток суспільства.

Оцінювання ефективності застосування та впливу біологічного методу захисту рослин на аграрне виробництво має як прямі, так і опосередковані ефекти економічного, екологічного і соціального характеру.

Економічний ефект визначається забезпеченням розвитку агропромислового комплексу, збільшенням продуктивності і рентабельності у агровиробництві;

нарощуванням експортного потенціалу України продукції високої якості; зменшенням залежності національної економіки від імпорту засобів захисту; зменшенням потреби аграрного виробництва в пестицидах вітчизняного і іноземного виробництва і, відповідно, економію землекористувачами щонайменше у 500-900 млн. грн. на рік внаслідок заміни хімічних пестицидів біологічними засобами захисту; збільшенням щонайменше вдвічі площ сільгоспугідь під екологічним і біологічним землеробством з виробництвом органічної продукції рослинництва за стандартами ЄС; збільшенням виробництва продукції рослинництва 1-го класу для внутрішнього споживання та в експортних цілях; переведенням 85-90 відсотків промислового тепличного овочівництва України на біотехнології захисту.

Екологічний ефект визначається підвищенням рівня екологічної безпеки; покращенням фіто санітарного стану агроценозів; підвищенням екологічної безпеки агровиробництва і сільських поселень; розв'язанням проблеми зменшення хімічного навантаження на сільгоспугіддя і навколишнє природне середовище; підвищенням рівня біологізації захисту рослин; забезпеченням виконання Україною міжнародних зобов'язань з охорони навколишнього природного середовища, світових екологічних стандартів.

Соціальна значимість впливу біологічного методу захисту рослин на аграрне виробництво полягає у підвищенні рівня зайнятості сільського населення завдяки створенню нових робочих місць в екологічному агровиробництві;

поліпшенню екологічної, соціальної та економічної ситуації на селі; зміцненні здоров'я людей завдяки споживанню продуктів харчування вищої якості.

Розроблення інструментарію оцінювання ефективності застосування біологічного методу захисту рослин є важливим науковим завданням, що потребує практичного вирішення.

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТІВ У ПРИГНІЧЕННІ СПОРОУТВОРЕННЯ ЗБУДНИКА СУХОЇ ПЛЯМИСТОСТІ ТОМАТА *ALTERNARIA ALTERNATA*

ГУМЕННИЙ Данило

аспірант

ГОРГАН Тетяна

к.б.н.

Інститут агроекології і природокористування НААН

БЕЗОБЧУК Марія

студентка

НУБіП України

Київ, УКРАЇНА

У сучасному сільському господарстві дедалі більшого значення набуває екологічно безпечний підхід до захисту рослин. Томати належать до найпоширеніших овочевих культур, однак характеризуються високою сприйнятливістю до численних збудників хвороб. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності їх вирощування є використання біологічних препаратів, що є невід'ємною

складовою органічного землеробства. Застосування біопрепаратів забезпечує захист рослин від хвороб і шкідників, стимулює їх ріст і розвиток, сприяє підвищенню врожайності на 21–45 % та запобігає накопиченню токсичних залишків хімічних речовин у плодах. Особливої актуальності використання біопрепаратів набуває в умовах кліматичних змін, коли підвищення температури повітря та нерівномірний розподіл опадів створюють сприятливі умови для розвитку фітопатогенних мікроорганізмів. Біологічні засоби захисту повністю відповідають принципам інтегрованого й органічного землеробства та є важливою складовою забезпечення сталого розвитку овочівництва в сучасних умовах [1, 2, 3].

Дослідження проводили в лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН. Зразки томатів відбирали на дослідних ділянках та Сквирської дослідної станції органічного виробництва НААН. Для дослідження було обрано два сорти томатів вітчизняної селекції Севен та Гейзер, які різняться за типом та призначенням. Для вивчення біорегуляції фітопатогенів в агроценозах томатів було обрано два біопрепарати МІКОХЕЛП та ФІТОЦИД, які здатні покращувати адаптаційний потенціал рослин за дії абіотичних і біотичних стресів. Для оцінювання дії досліджуваних препаратів на мікроміцети було обрано модифікований дискодифузійний метод [4]. Відбір зразків листків, стебел і плодів здійснювали протягом вегетаційного періоду з подальшим мікологічним аналізом [5]. Для оцінки видового різноманіття мікроміцетів використовували методи

порівняльної флористики – розраховували частоту трапляння у відсотках, використовуючи коефіцієнт Тюрінга [6].

У роки досліджень унаслідок сухої спекотної погоди серед хвороб домінувала суха плямистість, або альтернаріоз. Ураження томатів фітофторозом спостерігали лише в окремі роки за сприятливих для розвитку збудника хвороби погодних умов. Розвиток альтернаріозу становив у середньому від 2,8 до 51,7%, фітофторозу – 1,9–45,6%.

Тому у подальшій роботі визначали чутливість мікроміцету *Alternaria alternata* до біопрепаратів МІКОХЕЛП та ФІТОЦИД модифікованим дискодифузійним методом. Загалом, застосування біопрепаратів, зокрема МІКОХЕЛПУ, зумовлює істотне пригнічення росту мікроміцету *Alternaria alternata*: діаметр колоній зменшується у 1,8–2,4 раза, а швидкість росту міцелію – до 4,5 рази порівняно з контрольним варіантом. За дії ФІТОЦИДУ спостерігається стимуляція росту міцелію та збільшення швидкості росту, тоді як на 6-ту добу препарат забезпечує пригнічення розвитку патогена – діаметр колоній зменшується у 1,4 рази, а швидкість росту міцелію – у 2,5 рази порівняно з контролем.

Застосування біопрепаратів суттєво знижує показник спороутворення мікроміцету. Так, за обробки ФІТОЦИДОМ інтенсивність спороутворення зменшується у 2 рази порівняно з контролем. У варіанті з МІКОХЕЛПОМ, де інтенсивність спороутворення становить лише 100,64 млн шт/мл, що у понад 11 разів менше, ніж у контролі, та у 5,5 раза менше, ніж за дії ФІТОЦИДУ. Такий рівень пригнічення вказує на високу антагоністичну активність компонентів

біопрепарату МІКОХЕЛПІ щодо мікроміцету *Alternaria alternata*.

Отже, результати демонструють, що біопрепарати істотно обмежують споруутворення фітопатогенного мікроміцету *Alternaria alternata*, при цьому МІКОХЕЛПІ проявляє найбільшу ефективність, що робить його перспективним засобом біоконтролю фітопатогенів в умовах зростання кліматичних стресів. Перспективними напрямками подальших досліджень є розширення спектра тестованих меланінвмісних фітопатогенних мікроміцетів, оцінювання ефективності біопрепаратів за різних абіотичних стресів, а також вивчення впливу меланіну на механізми формування резистентності до біологічних засобів захисту рослин. Отримані результати можуть стати основою для розроблення екологічно безпечних систем захисту рослин в умовах кліматичних змін.

Список використаних джерел

1. Леонтюк І.Б., Царук Д.В. Ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні томатів в відкритому ґрунті. *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату*: матер. Всеукр. наукової Інтернет-конференції (27 червня 2025 року). Умань: Уманський НУ, 2025. 68 с.
2. Системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства: монографія. Київ: Аграрна наука, 2022. 406 с. doi:<https://doi.org/10.31073/978-966-540-558-0>
3. Sergiienko, V. G., Tkalenko, G. M., Borzykh O. I., & Shita, O. V. (2024). Biocontrol of vegetable crop diseases using bacillus subtilis-based preparations. *International Science*

Journal of Engineering & Agriculture, 3(3), 61–72.
doi:<https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240303.06>

4. Salustra S. Urbin, Hailey Casey, Anna P.C. Price, Annette E. LaBauve, Carolyn L. Fisher Novel Disk diffusion Assay for Filamentous Fungi Susceptibility to antifungals (DAFFS), *Journal of Microbiological Methods*, V.235, 2025, doi:<https://doi.org/10.1016/j.mimet.2025.107145>.

5. ДСТУ 4180:2003. Карантин рослин. Методи мікологічної експертизи під карантинних матеріалів.[Чинний від 2002-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 58 с.

6. Леонтьєв Д. В. (2007) Флористичний аналіз у мікології: підручник. Х.: Вид. група «Основа».160 с.

ВПЛИВ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ДЕМОГРАФІЧНИЙ РОЗВИТОК УКРАЇНИ

ГУЦУЛЯК Григорій¹

д.е.н.

ВИСОЧАНСЬКА Марія²

д.е.н., с.д.

ГУЦУЛЯК Юрій¹

д.е.н., с.н.с.

*¹Прикарпатська державна сільськогосподарська
дослідна станція ІСГ Карпатського регіону НААН
Івано-Франківськ, УКРАЇНА*

*²Інститут агроєкології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Зростаючі потреби суспільства у природних ресурсах та засобах життєзабезпечення зумовлюють, з одного боку, залучення до господарського використання дедалі більшої кількості природних ресурсів, які й досі використовуються недостатньо раціонально та ефективно, а з іншого — посилення антропогенного й техногенного навантаження на навколишнє природне середовище. Наслідком цього є погіршення якості довкілля, зростання масштабів його забруднення, деградації природних екосистем, виснаження природно-ресурсного потенціалу та порушення екологічної рівноваги.

Такі процеси спричиняють прискорення неконтрольованих змін у біосфері, які негативно впливають

на фізичний і психічний стан людини, погіршують якість життя населення, знижують рівень працездатності та підривають трудовий потенціал держави. Саме тому проблеми взаємодії суспільства і природи, впливу навколишнього середовища на здоров'я людини та забезпечення екологічної безпеки належать сьогодні до найважливіших напрямів сучасних наукових досліджень.

Розв'язання екологічних проблем безпосередньо пов'язане із забезпеченням ресурсо-екологічної безпеки держави, створенням сприятливих умов для відтворення населення, підвищенням якості трудового потенціалу та сталого соціально-економічного розвитку України.

Загальновизнаним є положення, що повноцінний фізичний і психічний розвиток людини можливий лише за умов проживання у здоровому та екологічно безпечному природному середовищі. Результати численних медико-біологічних досліджень свідчать, що значна частина захворювань населення прямо або опосередковано пов'язана із забрудненням атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, накопиченням токсичних речовин у продуктах харчування та іншими негативними чинниками навколишнього середовища. У зв'язку з цим ефективний демографічний розвиток України неможливий без системного вирішення екологічних проблем та поліпшення стану довкілля.

Аналіз багаторічної динаміки захворюваності населення та демографічних показників засвідчує, що вплив екологічних факторів на здоров'я людини має комплексний характер. Забруднення атмосферного повітря, поверхневих і

підземних вод, деградація ґрунтів, накопичення небезпечних відходів та погіршення якості продуктів харчування порушують природний ланцюг життєдіяльності: сонце – повітря – вода – ґрунт – рослина – тварина – людина [2–6]. Саме через цей взаємозв'язок екологічні порушення набувають соціально-економічного характеру, оскільки безпосередньо впливають на здоров'я населення, тривалість життя та відтворення людського потенціалу.

Негативні тенденції у відтворенні населення України почали особливо проявлятися з початку 1990-х років. Починаючи з 1991 року природний приріст населення набув від'ємного значення, а з 1994 року процес депопуляції значно прискорився. За 1991–1999 рр. коефіцієнт народжуваності знизився з 12,7 до 7,8 особи на 1000 населення, тоді як коефіцієнт смертності зріс з 12,1 до 14,8 особи. Якщо у 1990 році природний приріст становив 0,6 особи на 1000 населення, то вже у 1999 році природне скорочення населення досягло 7 осіб.

На початку ХХІ століття коефіцієнт народжуваності в Україні залишався одним із найнижчих у Європі. Станом на 1 січня 2021 р. коефіцієнт народжуваності становив 7,3 особи на 1000 населення, тоді як смертність досягла 18,5 особи. Відповідно природне скорочення населення становило 11,2 особи на 1000 населення. За даними державної статистики, чисельність населення України скоротилася з 51,9 млн осіб у 1991 р. до 41,6 млн осіб на початок 2021 року [1].

Після повномасштабного вторгнення Російської Федерації демографічна ситуація в Україні набула ознак глибокої демографічної кризи. Вона характеризується

значними людськими втратами, масштабною зовнішньою та внутрішньою міграцією, різким скороченням народжуваності, погіршенням вікової структури населення та подальшим зростанням смертності. Війна суттєво посилила негативний вплив соціально-економічних та екологічних чинників на процеси відтворення населення.

За сучасними статистичними даними, тенденції природного скорочення населення залишаються вкрай несприятливими. У 2024 році в Україні було зареєстровано близько 176,7 тис. народжених та 495,1 тис. померлих, тобто кількість померлих майже у 2,8 раза перевищила кількість новонароджених. Такі показники свідчать про подальше поглиблення депопуляції та старіння населення.

Водночас екологічний чинник набуває дедалі більшого значення. Внаслідок бойових дій відбувається забруднення атмосферного повітря продуктами горіння, руйнування промислових підприємств, забруднення поверхневих і підземних вод, деградація ґрунтів, мінування значних площ сільськогосподарських земель та знищення природних екосистем. Це негативно впливає на санітарно-епідемічний стан територій, якість питної води, безпечність харчових продуктів і, відповідно, на стан здоров'я населення.

Науковці Інституту демографії та досліджень якості життя НАН України наголошують, що сучасна демографічна криза формується під впливом комплексу взаємопов'язаних факторів: низької народжуваності, високої смертності, зовнішньої міграції, старіння населення та воєнних втрат. За оцінками фахівців, навіть після завершення війни відновлення демографічного потенціалу України

потребуватиме тривалого часу та реалізації ефективної державної демографічної, соціальної й екологічної політики.

Особливої актуальності набуває проблема збереження здоров'я населення через покращення стану довкілля. Інвестиції у природоохоронні заходи, рекультивацію деградованих земель, очищення водних ресурсів, зменшення техногенного навантаження та виробництво екологічно безпечної продукції слід розглядати не лише як природоохоронні витрати, а як стратегічні інвестиції у людський капітал, підвищення якості життя населення та забезпечення сталого розвитку держави.

Однак наведені демографічні показники є наслідком впливу не лише екологічних чинників. Вони також обумовлені складною соціально-економічною ситуацією, погіршенням рівня життя населення, економічними кризами, трудовою міграцією, недостатнім рівнем медичного забезпечення та іншими демографічними процесами. Разом з тим несприятливий стан довкілля значною мірою посилює негативний вплив зазначених факторів.

Особливо складною демографічна ситуація стала після початку повномасштабної військової агресії Російської Федерації проти України. Воєнні дії спричинили значні людські втрати, масову міграцію населення, руйнування житлової та виробничої інфраструктури, а також масштабне забруднення навколишнього природного середовища. Забруднення ґрунтів, водних ресурсів і атмосферного повітря продуктами горіння, важкими металами, вибухонебезпечними предметами та іншими токсичними речовинами створює додаткові ризики для здоров'я

населення і матиме довгострокові негативні наслідки для демографічного розвитку держави.

В умовах післявоєнного відновлення України особливого значення набувають питання екологічної реабілітації територій, відновлення природних екосистем, рекультивації порушених земель, забезпечення населення якісною питною водою та безпечною сільськогосподарською продукцією. Екологічна складова повинна стати одним із ключових напрямів державної політики відновлення країни.

Погіршення демографічних показників супроводжується не лише збільшенням захворюваності населення та витрат на медичне обслуговування, але й суттєвим зниженням трудового потенціалу держави. Це негативно позначається на продуктивності праці, конкурентоспроможності економіки та можливостях забезпечення сталого економічного розвитку.

У зв'язку з цим доцільним є проведення комплексних наукових досліджень щодо економічної ефективності виробництва екологічно безпечної продукції та оцінки соціально-економічних вигод від поліпшення стану здоров'я населення. Незважаючи на певне зростання витрат на виробництво екологічно чистої продукції, вони можуть бути значно меншими порівняно із суспільними витратами, пов'язаними з лікуванням населення, втратою працездатності та скороченням тривалості активного життя. Саме тому державна підтримка екологічно орієнтованого виробництва повинна розглядатися як довгострокова інвестиція у здоров'я населення, людський капітал та економічну безпеку держави.

Таким чином, екологічна проблема сьогодні є не лише

природоохоронною, а насамперед соціально-економічною і демографічною проблемою. Якість навколишнього природного середовища безпосередньо визначає рівень здоров'я населення, тривалість життя, показники народжуваності та смертності, а також ефективність відтворення трудового потенціалу країни. Тому забезпечення екологічної безпеки, охорона природних ресурсів, впровадження принципів сталого розвитку та формування екологічно відповідальної державної політики повинні стати одним із пріоритетів повоєнного відновлення України та гарантією її сталого демографічного розвитку.

Список використаних джерел

1. Інститут демографії та досліджень якості життя імені М.В. Птухи НАН України. URL: https://www.demography.org.ua/?utm_source=chatgpt.com
2. Гуцуляк Г.Д., Височанська М.Я., Сахарнацька Л. Пропозиції. Пріоритетні завдання збереження довкілля об'єднаних територіальних громад та відтворення його потенціалу в умовах Карпатського регіону. К: ДІА, 2023. 19 с.
3. Гуцуляк Г.Д., Трегобчук В.М., Гуцуляк В.Д., Гуцуляк Ю.Г. Стан навколишнього середовища і його вплив на трудові ресурси Івано-Франківської області. Косів, 1995. 129 с.
4. Гуцуляк Г. Д., Трегобчук В.М., Гуцуляк В.Д., Гуцуляк Ю.Г. Стан навколишнього середовища і його вплив на трудові ресурси Чернівецької області. Чернівці: Прут, 1998. 152 с.
5. Гуцуляк Г.Д., Трегобчук В.М., Гуцуляк В.Д.,

Гуцуляк Ю.Г. Стан навколишнього середовища і його вплив на трудові ресурси Львівської області. Чернівці: Прут, 1999. 156 с.;

6. Гуцуляк Г.Д., Трегобчук В.М., Гуцуляк В.Д., Гуцуляк Ю.Г. Стан навколишнього середовища і його вплив на трудові ресурси Закарпатської області. Чернівці: Прут, 2002. 164с.

ВМІСТ СПОЛУК АЗОТУ У ПРИРОДНИХ ВОДАХ АГРОЛАНДШАФТІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

ДАВИДЮК Ганна

к.с.-г.н., с.н.с.

ШКАРІВСЬКА Людмила

к.с.-г.н., с.н.с.

КЛИМЕНКО Ірина

к.с.-г.н., ст. досл.

ДОВБАШ Надія

к.с.-г.н., ст. досл.

*Національний науковий центр «Інститут
землеробства Національної академії аграрних наук
України»*

с-ще Чабани, УКРАЇНА

Сучасний стан агроландшафтів Львівської області характеризується високим рівнем антропогенного навантаження, зокрема одним із дестабілізуючих чинників є вимивання азотних сполук із сільськогосподарських угідь у

природні водойми. Процеси забруднення річок та підґрунтових вод сполуками азоту створюють загрозу для екологічної безпеки Західного регіону. Це питання є особливо актуальним в контексті виконання Україною вимог Нітратної Директиви ЄС (91/676/ЕЕС) і необхідності повоєнного екологічного відновлення агроландшафтів. Моніторинг та оцінка вмісту азотних сполук у водних об'єктах у межах локальних агроландшафтів Львівщини є важливими для розробки заходів із попередження забруднення водних екосистем та забезпечення населення якісною питною водою.

У Львівській області на одну особу припадає 1,92 тис. м³ річкового стоку за рік (середній показник по Україні 1,13 тис. м³). Водні ресурси області формуються з обсягів річок, поверхневих водойм (озер, ставків, водосховищ) і підземних вод. Територія області налічує 8950 річок, найбільша кількість яких належить до басейну р. Дністер і р. Західний Буг [1, 2].

На екологічний стан поверхневих вод Львівської області впливають такі чинники, як забруднення ґрунтів, атмосфери, зміна ландшафтної структури та техногенне перевантаження території, неефективна робота каналізаційно-очисних споруд, недотримання вимог до прибережних захисних смуг і водоохоронних зон у населених пунктах, забруднення і засмічення річок побутовими та іншими відходами [3]. За даними Державної служби статистики України у 2023 році лише 25,7 % сільського населення мали доступ до централізованого водопостачання [4]. Більшість сільського населення використовує воду з

джерел нецентралізованого водопостачання для забезпечення як господарських, так і питних потреб [5]. Кількість таких сільських населених пунктів найбільша в Івано-Франківській області – 98,8 % від загальної кількості, у Тернопільській області – 95,5 %. Дещо менше їх у Чернівецькій області – 96,5 % і у Львівській – 88,5 % [6]. За даними державних моніторингових досліджень *«Львівського обласного центру контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України»* у районах області за I квартал 2024 р., уміст нітратів перевищував нормативні показники у воді із криниць переважно в 1,2–2,0 раза у 35 населених пунктах Львівщини, а у окремих приватних садибах – від 2,3 до 5,4 раза [7]. Результати досліджень І. Грабар та ін. у межах с. Татаринів Львівської обл. свідчать про нітратне забруднення ґрунтових вод у приватних криницях, де концентрація нітратів у ґрунтових водах населеного пункту коливалася від 1,9 до 130,2 мг/л і з 25 проаналізованих проб у шістьох випадках уміст нітратів перевищував значення ГДК – 50 мг/л [8]. Це може бути пов'язано із великою концентрацією на сільській території людей, значної кількості домашньої худоби, порушенням правил утилізації відходів і санітарних вимог забудови території, ненормованого використання мінеральних та органічних добрив тощо. Посилене застосування мінеральних і органічних добрив в умовах промивного водного режиму ґрунтів Львівської області призводить до активної міграції сполук азоту (нітратного і амонійного) у поверхневі та підґрунтові води. Це створює небезпеку забруднення шкідливими речовинами ґрунтів, відкритих

водойм та підґрунтових вод. Тому в сучасних умовах важливо проводити агроекологічний моніторинг природних вод.

Метою досліджень було визначити вміст сполук нітратного і амонійного азоту у поверхневих і підґрунтових водах та провести їх оцінку для покращення екологічної ситуації у агроландшафтах Львівської області.

Дослідження були проведені у межах річкових басейнів р. Дністер і р. Західний Буг Львівської області. Методом маршрутного моніторингу в 2021–2025 рр. відібрано проби води на селітебній території населених пунктів у Львівському р-ні Львівської області (с. Оброшине, с. Рясне-Руське, с. Ставчани, с. Волове), Дрогобицькому р-ні (с. Лішня), Стрийському р-ні (с. Дроговиж), Червоноградському р-ні (с. Павлів), Золочівському р-ні (с. Гаї, с. Глиняни). Також у 2024–2025 рр. відібрано проби з відкритих водойм на селітебній території населених пунктів: Ставчани, Басівка, Зимна вода у Львівському р-ні; Павлів у Червоноградському р-ні; Глиняни у Золочівському р-ні Львівської області.

Якість досліджених природних вод (криниці і водогони) відібраних у сільських населених пунктах, розміщених у межах річкових басейнів малих річок, що відносяться до басейнів Дністра та Західного Бугу, у ряді випадків не відповідала нормативним вимогам за вмістом нітратного ($N-NO_3$) – 11,3 мг/л (50 мг NO_3 на л) і амонійного ($N-NH_4$) – 0,4 мг/л (0,5 мг NH_4 на л) азоту для природних вод питного призначення. Найбільш істотне забруднення за показником умісту нітратів було відмічено у воді з криниць.

Найвищий уміст нітратів ($N-NO_3^-$) до 151,4 мг/л виявлено у колодязній воді у с. Любинці Стрийського р-ну (басейн Дністра). У с. Павлів Червоноградського р-ну майже 50 % усіх досліджених проб води мали перевищення сполук нітратів ($N-NO_3^-$) у 1,1–2,7 рази досягаючи 32,4–32,7 мг/л (басейн Західного Бугу). У Золочівському р-ні (с. Гаї та с. Глиняни) і у Львівському р-ні (с. Рясне-Руське, с. Ставчани, с. Оброшине, с. Волове) майже чверть усіх досліджених проб води з колодязів мала підвищений уміст нітратів (басейн Дністра).

Якість питної води з водогонів у сільських населених пунктах Львівщини була кращою, ніж із колодязів, хоча у с. Глиняни Золочівського р-ну уміст нітратного азоту ($N-NO_3^-$) значно перевищував норматив і був на рівні 42,7 мг/л (басейн р. Перегніївка, притоки II порядку р. Західний Буг). Уміст амонійного азоту у колодязній воді та воді водогонів був у межах нормативу і лише у поодиноких випадках незначно його перевищував.

У пробах ставкової води с. Павлів Червоноградського р-ну, де бере свій початок р. Пересіка, притока I порядку р. Західний Буг, виявлено підвищений уміст нітратного азоту ($N-NO_3^-$) до 13,2 мг/л і амонійного азоту ($N-NH_4$) – 4,6 мг/л (норматив вмісту нітратного ($N-NO_3$) – 9,1 мг/л (40 мг NO_3 на л) та амонійного ($N-NH_4$) – 0,39 мг/л (0,5 мг NH_4 на л) азоту для рибогосподарського призначення). Це може бути пов'язано з надходженням стоків із населених пунктів, поверхневим змивом із орних земель після внесення добрив, евтрофікацією

водойм і розкладанням надлишкової біомаси, заморними явищами та дефіцитом кисню в придонних шарах.

Також досліджували проби води з річок Львівської області довжиною більше 10 км в басейні р. Дністер: Ставчанка, Щирка, Зимна вода (водяний). У басейні р. Західний Буг провели аналіз проб води з річок Тимковецький потік і Перегноївка. Аналіз досліджених проб води у річках не показав перевищення нормативних показників за вмістом нітратного і амонійного азоту.

Отже, за результатами окремих локальних досліджень у населених пунктах, що знаходяться у межах басейнів Дністра та Західного Бугу, частка криниць із перевищенням нормативу вмісту нітратного азоту може досягати 35 % і більше. Водночас за даними науковців, середній рівень поширення нітратного забруднення є нижчим і становить близько 17–21 % досліджених джерел децентралізованого водопостачання [6]. У пробах ставкової води виявлено підвищений уміст нітратного і амонійного азоту. У досліджених пробах води малих річок Зимна вода (водяний), Щирка, Ставчанка (басейн р. Дністер) та р. Тимковецький потік і Перегноївка (басейн р. Західний Буг) перевищення нормативних показників за вмістом нітратного і амонійного азоту не виявлено. Забруднення природних вод може бути спричинене процесами міграції сполук азоту у природні води унаслідок недотримання природоохоронних санітарних зон, скиданням у водойми недостатньо очищених і неочищених господарсько-побутових, дощових і стічних вод, поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь і

природними чинниками – особливостями гідрологічного режиму.

Список використаних джерел

1. Карпатський регіон: актуальні проблеми та перспективи розвитку : у 8 т. *Екологічна безпека та природно-ресурсний потенціал*. За ред. В. С. Кравціва. Львів, 2013. Т. 1. 336 с.

2. Екологія Львівщини 2012. Львів : ЗУКЦ, 2013. 130 с.
URL : https://deplv.gov.ua/wp-content/uploads/images/files/ekobul/ekobulet_2012.pdf (дата звернення : 23.06.2026).

3. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2023 році.
URL : <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyi-monitoring/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyshha-v-ukrayini/> (дата звернення : 22.06.2026).

4. Державна служба статистики України.
URL : <https://stat.gov.ua/uk/page-contents/tsil-6-chysta-voda-ta-nalezhni-sanitarni-umovy-0> (дата звернення : 24.06.2026).

5. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О. Органічне сільське господарство як фактор впливу на вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів. *Екологічні науки*. 2020. № 3. С. 124–128.
DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.21>

6. Мисула І. Р., Бабієнко В. В., Кучер С. В., Цурик С. П. Особливості та проблеми децентралізованого питного водопостачання у Західному регіоні України. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*.

2023. № 2. С. 43–47. DOI: <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2023.2.14033>

7. Львівський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України. Моніторинг якості та безпечності питної води з джерел нецентралізованого водопостачання. URL: <https://lviv.cdc.gov.ua/post/моніторинг-якості-та-безпечності-питної-води-з-джерел-нецентралізованого-водопостачання> (дата звернення : 24.06.2026).

8. Грабар І., Пилипович О., Луцишин О. Динаміка нітратного забруднення ґрунтових вод села Татаринів Львівського району Львівської області. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2024. Вип. 57. С. 69–79. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2024.57.13659>

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

ДЕЙНЕКО Людмила

д.е.н., професор

ДЕЙНЕКО Олександр

к.е.н.

Інститут продовольчих ресурсів НААН

Київ, УКРАЇНА

Сьогодні проблема агроекологічного навантаження на земельні ресурси набуває особливої актуальності, що

пов'язано як і зі зміною клімату, імплементацією європейської екологічної політики так і наслідками повномасштабної воєної агресії з боку рф.. Реалізація положень Європейського зеленого курсу передбачає поступовий перехід до більш екологічно збалансованих моделей ведення сільського господарства, скорочення використання мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, розширення застосування органічних добрив, біологічних препаратів та технологій точного землеробства. Водночас окупація окремих територій, мінування земель, руйнування меліоративної інфраструктури, логістичні обмеження та скорочення ресурсного забезпечення сільського господарства істотно вплинули на регіональну структуру використання добрив і засобів захисту рослин, що істотно впливає на територіальну організацію аграрного виробництва.

За цих умов особливого значення набуває оцінювання регіональних особливостей агроекологічного навантаження на земельні ресурси, що дозволяє встановити території з найбільшою концентрацією екологічних ризиків, виявити диспропорції у використанні добрив і засобів захисту рослин, оцінити рівень біологізації землеробства та сформувати інформаційну основу для прийняття управлінських рішень щодо забезпечення екологічної стійкості агропродовольчого сектору.

Одним із найважливіших чинників підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва є мінеральні добрива. Разом із тим саме вони формують основну частину агрохімічного навантаження на земельні ресурси, а їх надмірне або незбалансоване застосування може

призводити до погіршення агрохімічних властивостей ґрунтів, порушення кругообігу поживних речовин, забруднення поверхневих і підземних вод та зростання викидів парникових газів. За даними Державної служби статистики України, у 2025 році мінеральні добрива були внесені майже на 12,6 млн га, що становило 90,4 % посівної площі країни [1]. Водночас просторовий аналіз показує істотну регіональну нерівномірність інтенсивності використання добрив. Найвищою часткою площ, удобрених мінеральними добривами, характеризувалися Львівська (97,5 %), Тернопільська (97,2 %), Івано-Франківська (97,0 %), Хмельницька (96,1 %) та Сумська (95,2 %) області. Протилежна ситуація спостерігалася у Донецькій області, де добрива були внесені лише на 59,9 % площ, а також у Херсонській (75,8 %), Харківській (80,4 %), Закарпатській (81,8 %) та Полтавській (84,8 %) областях. Проте така диференціація зумовлена різними чинниками. Якщо для Закарпатської області менший рівень застосування добрив пов'язаний зі специфічною структурою землекористування, дрібноконтурністю земель та значною питомою вагою багаторічних насаджень, то для Донецької, Херсонської та Харківської областей він значною мірою є наслідком бойових дій, окупації окремих територій, мінування земель та скорочення площ активного сільськогосподарського використання. Ще більш показовими є відмінності за інтенсивністю внесення добрив у розрахунку на одиницю площі. У 2025 році найвищі показники внесення мінеральних добрив були характерні для Тернопільської області (230 кг д. р./га), Вінницької (198 кг/га), Волинської (173 кг/га), Івано-

Франківської (164 кг/га) та Хмельницької (158 кг/га), тоді як у Донецькій області вони становили лише 38 кг/га, у Херсонській - 56 кг/га, Харківській -72 кг/га, Запорізькій - 75 кг/га та Полтавській - 77 кг/га.

Аналіз статистичних даних показує, що регіональні відмінності використання азотних добрив є ще більш вираженими, ніж загального внесення мінеральних добрив. Найвищий рівень азотного навантаження був характерний для Тернопільської області, де внесення азоту становило 230 кг діючої речовини на гектар посівної площі. До групи регіонів із найбільш інтенсивним використанням азотних добрив також належали Вінницька, Волинська, Івано-Франківська, Хмельницька, Сумська, Рівненська та Чернігівська області, де цей показник перевищував середньоукраїнський рівень. Натомість у Донецькій області азотне навантаження було у шість разів меншим, ніж у Тернопільській. Низькі значення також спостерігалися у Херсонській, Харківській, Запорізькій, Полтавській та Кіровоградській областях. Така різниця є наслідком не лише відмінностей у спеціалізації аграрного виробництва, а й суттєвого впливу воєнних чинників на масштаби ведення сільського господарства.

Поряд із мінеральними добривами важливою складовою агроекологічного навантаження є застосування засобів захисту рослин. Використання пестицидів забезпечує підвищення врожайності та стабільність виробництва, однак одночасно супроводжується ризиками забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, негативним впливом на біорізноманіття та накопиченням залишкових кількостей

діючих речовин у компонентах агроєкосистем [2; 3]. Саме тому сучасна екологічна політика Європейського Союзу спрямована не лише на скорочення обсягів застосування пестицидів, а й на зменшення ризиків, пов'язаних із їх використанням. За даними Державної служби статистики України, у 2025 році пестициди застосовувалися на 92,4 % посівних площ, що свідчить про домінування хімічного захисту рослин у сучасних технологіях землеробства [1]. Найбільшою інтенсивністю використання пестицидів у розрахунку на одиницю площі характеризувалися Рівненська, Закарпатська, Чернівецька, Івано-Франківська та Хмельницька області, де цей показник перевищував 2 кг діючої речовини на гектар. Водночас у Донецькій, Запорізькій, Херсонській, Одеській та Миколаївській областях інтенсивність використання пестицидів була майже удвічі нижчою. Територіальна структура пестицидного навантаження визначається переважно спеціалізацією рослинництва. У регіонах із високою концентрацією зернових, технічних культур і кукурудзи зростає потреба у комплексному застосуванні гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів. Особливо це характерно для західних областей, де сприятливі гідротермічні умови одночасно забезпечують високий потенціал урожайності та створюють сприятливе середовище для розвитку бур'янів, хвороб і шкідників.

Стале використання земельних ресурсів передбачає не лише оптимізацію застосування агрохімікатів, а й відновлення природної родючості ґрунтів. Саме тому використання органічних добрив, біологічний захист рослин та меліоративні заходи розглядаються як ключові індикатори

екологізації сучасного землеробства [4,5]. Проведений аналіз свідчить, що масштаби використання органічних добрив залишаються недостатніми. У 2025 році вони були внесені лише на 7,8 % посівної площі України, що майже у дванадцять разів менше порівняно з охопленням площ мінеральними добривами [1]. Такий дисбаланс свідчить про переважання моделі хімічної інтенсифікації над моделлю біологічного відтворення родючості ґрунтів. Найвищий рівень застосування органічних добрив характерний для Львівської, Івано-Франківської, Хмельницької, Чернівецької та Рівненської областей, що значною мірою пов'язано з вищою концентрацією тваринництва. Натомість у степових регіонах їх використання є мінімальним, що обумовлює дефіцит органічної речовини та прискорення процесів дегуміфікації чорноземів.

Подібна ситуація спостерігається і щодо біологізації землеробства. На тлі активного впровадження біологічних препаратів у країнах Європейського Союзу, в Україні площі їх застосування залишаються незначними. Найактивніше біологічні засоби захисту рослин використовувалися у Сумській, Чернігівській, Черкаській, Полтавській та Хмельницькій областях [1]. В інших регіонах вони поки що не стали повноцінною альтернативою традиційним засобам захисту рослин.

Вапнування та гіпсування ґрунтів також мають значні регіональні відмінності. Основні площі вапнування зосереджені у Черкаській, Вінницькій, Житомирській та Київській областях, тоді як гіпсування фактично проводилося лише в окремих регіонах [1] і загалом масштаби

меліоративних заходів ще не відповідають потребам відновлення деградованих земель.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що агроекологічне навантаження на земельні ресурси України має чітко виражену регіональну диференціацію. Найвищі показники використання мінеральних добрив, азотного навантаження та пестицидів характерні для областей із високим рівнем інтенсифікації рослинництва, тоді як у східних і південних регіонах їх зниження обумовлене переважно наслідками повномасштабної війни. Встановлено також, що сучасна модель землеробства в Україні характеризується значною перевагою хімічної інтенсифікації над біологізацією виробництва. Масштаби застосування органічних добрив, біологічних засобів захисту рослин та меліоративних заходів поки що не забезпечують належної компенсації екологічних ризиків, пов'язаних із високою інтенсивністю використання агрохімікатів і саме ця диспропорція є одним із ключових чинників формування агроекологічних ризиків у сучасному землеробстві України та її регіонів.

Список використаних джерел

1. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур 2025 року / Державна служба статистики України. Київ : Держстат України, 2026. 53 с.
2. European Commission. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the

sustainable use of pesticides. Official Journal of the European Union. 2009. L 309. P. 71–86.

3. European Environment Agency. The European Environment — State and Outlook 2025. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2025.

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The Status of the World's Soil Resources: Revised Edition. Rome : FAO, 2025.

5. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / Національна академія аграрних наук України. Київ : НААН України, 2023.

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ТА МІКРОДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЖИТА ОЗИМОГО В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

ДОМБРОВСЬКИЙ Петро

аспірант

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Перехід до органічного виробництва та збалансованого природокористування потребує заміни мінеральних добрив і хімічних засобів захисту біологічними. Європейські стратегії біорізноманіття та «Від лану до столу» до 2030 р. передбачають скорочення використання мінеральних добрив щонайменше на 20%, пестицидів – на

50% і відведення не менш як 25% сільськогосподарських угідь під органічне землеробство [1, 2].

Жито озиме добре відповідає вимогам органічних систем: воно невибагливе до родючості ґрунту, конкурентоспроможне щодо бур'янів і формує врожай за низького рівня вхідних ресурсів. Відкритим залишається питання, чи здатні біопрепарати та мікродобрива підтримати продуктивність жита без мінерального удобрення, зробивши такий підхід економічно доцільним і корисним для ґрунту.

Метою дослідження було оцінити вплив листових біопрепаратів, кореневого живлення та антистресанта, окремо й у поєднанні з мікродобривами, на ріст, розвиток і продуктивність жита озимого за органічного вирощування без застосування мінеральних добрив.

Дослідження проводили на Сквирській дослідній станції органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН (Київська обл., поле № 4) упродовж 2024–2025 рр. за сертифікованих органічних умов. Ґрунт – чорнозем типовий на вирівняному плато, грубопилувато-середньосуглинковий, слабокислий (рН 5,2), із вмістом гумусу близько 3%; бал бонітету ділянок становив 63 та 57 відповідно. Попередник – гречка. Мінеральні добрива не вносили, живлення і захист забезпечували лише через досліджувані препарати. Схема включала сім варіантів за триразової повторності, облікова ділянка – 50 м², норма висіву – 5,5 млн га. Варіант 1 (контроль) – насіння, оброблене Граундфіксом і Мікофрендом, з обприскуванням водою; варіант 2 – листове внесення Гельпросту (фон для решти варіантів); варіант 3 – додатково Азотофіт; варіанти 4 і 5 –

кореневе живлення Граундфіксом та Мікофрендом відповідно; варіанти 6 і 7 – Стопстрес без мікродобрив та з мікродобривами.

Через посушливу осінь сівбу провели 14 жовтня, тож рослини увійшли в зиму у фазі першого листка. Кущіння розпочалося на початку березня, а від квітня, коли вносили препарати, розвиток пришвидшився. Фаза прапорцевого листка настала в середині травня, цвітіння – на початку червня, повна стиглість – 23 липня, збирання – 25 липня. Упродовж усієї вегетації ділянки візуально не різнилися: відмінності виявлялися лише за вимірюваннями.

Висота рослин коливалася в межах 171–176 см, довжина стебла – 161–163 см, що переважно вкладалося в межі похибки. Показником, який реально змінювався, була довжина колоса: у більшості варіантів вона становила близько 10 см, тоді як на варіанті з Азотофітом досягала 13 см, а зі Стопстресом з мікродобривами – 12 см.

Урожайність контролю становила 6,82 т/га за найменшої істотної різниці (HP_{05}) 0,21 т/га. Достовірно перевищили контроль два варіанти. Азотофіт забезпечив найвищу врожайність – 7,45 т/га (на 0,63 т/га більше за контроль), переважно за рахунок підвищення продуктивності рослин до 14,9 г проти 13,6 г на контролі. Стопстрес із мікродобривами забезпечив 7,32 т/га через формування найбільшого розміру зерна в досліді: маса 1000 зерен сягнула 43,4 г проти 39,1 г на контролі. Решта варіантів за врожайністю не виходили за межі похибки. Статистичну обробку експериментальних даних проведено методом дисперсійного аналізу [3].

За сертифікованих органічних умов, без мінеральних добрив, два біологічні варіанти підвищили врожайність жита озимого різними механізмами: Азотофіт – через продуктивність окремої рослини, Стопстрес із мікродобривами – через масу зерна. Ці ефекти не виявлялися візуально й фіксувалися лише через біометричний та ваговий облік, що підкреслює потребу в інструментальному контролі ефективності біопрепаратів.

Отримані результати свідчать, що цілеспрямоване застосування біологічних препаратів здатне підтримувати продуктивність жита в малоресурсних органічних системах, узгоджуючись із засадами екологічної безпеки та збалансованого природокористування за рахунок зниження хімічного навантаження на агроценоз.

Список використаних джерел

1. Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції: Закон України від 10.07.2018 № 2496-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19>
2. EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives. Communication COM(2020) 380 final. Brussels: European Commission, 2020.
3. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ МОКРА ЗА ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

ДОМБРОВСЬКИЙ Костянтин

к.б.н., докторант

ТЕРТИЧНА Ольга

д.б.н., професор

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

ДЕНЕЖКІН Віталій

*Запорізький національний університет
Запоріжжя, УКРАЇНА*

Малі річки складають основу гідромережі України. За останні десятиліття тисячі малих річок деградували й пересохли через зміну клімату і людську діяльність, що безпосередньо впливає на дефіцит водних ресурсів для зрошення. Найбільш гостро питання дефіциту води стоїть для південних та південно-східних областей нашої країни, особливо після руйнування Каховської греблі у червні 2023 року та під впливом військових дій.

Дослідження малої річки Мокра (історична назва – Мокра Московка), яка є лівою притокою річки Дніпро було проведено з січня 2024 р. по червень 2025 р. Річка зазнає значного урбаногенного й техногенного навантаження. Водозбірна площа водотоку складає 457 км², довжина – 62 км, а в межах міста близько 11 км. Сучасна глибина річки складає не більше 0,2–0,3 м, на окремих ділянках може бути до 0,5 м. У верхів'ї річки русло замулено на 0,5–1,2 м, в

середній течії – 0,2–0,5 м та в нижній течії – 0,1–0,8 м. Ширина русла річки Мокра в межах міста складає 3,0–7,0 м. Швидкість течії складає 0,3–0,6 м/с, на перекатах у межах міста до 1,8–1,9 м/с.

Поверхневі води малої річки Мокра досліджувались на двох ділянках спостереження (в межах м. Запоріжжя). Перша ділянка – район Автовокзалу біля залізничних мостів (0,5 км від гирла, нижня течія річки, зона максимального урбаногенного пресингу та надходження стічних вод). Друга ділянка – район Сімферопольської автомагістралі (траса М-18, 4,5–5,5 км від гирла, зона транзитного стоку перед входом у щільно забудовану частину міста).

Фізико-хімічні показники води малої річки Мокра на досліджених ділянках за досліджений період варіювали у певних межах. Концентрації хімічних показників коливались у таких межах, мг/дм³: завислі речовини 10,20–15,40; мінералізація – 490,30–3856,5; азот загальний – 0,81–6,78; азот амонійний – 0,03–3,67; азот нітритний – 0,004–0,187; азот нітратний – 0,27–7,20; фосфор ортофосфатів – 0,025–0,170; фосфор загальний – 0,052–0,340; розчинений кисень – 6,20–13,60; водневий показник – 7,75–9,00; гідрокарбонатів – 370,6–327,0; залізо розчинне – 0,030–0,070; органічних забруднень за хімічним споживанням кисню (ХСК) – 28,0–38,0; за біохімічним споживанням кисню (БСК₅) – 2,82–5,60. Температура води у р. Мокра у весняно-осінній період була у межах 9,1–22,9°C.

Вміст деяких фізико-хімічних показників річки Мокра в районі Автовокзалу, біля залізничних мостів в 2024 році показав перевищення нормативів ГДК рибогосподарського

призначення. Так, перевищення нормативу було зафіксовано для показника біохімічне споживання кисню (за 5 діб) в лютому, квітні, червні-грудні. Перевищення було на рівні 1,02–1,29 ГДК рибогосподарського призначення. Показники азоту нітритного перевищували значення нормативу ГДК у травні, з липня до грудня на рівні 1,03–2,34 ГДК_р. Значення показників азоту амонійного за досліджений період перевищували значення ГДК рибогосподарського призначення у період з червня до грудня в 1,15–3,67 рази. Впродовж всього періоду дослідження води річки Мокра на даній ділянці було встановлено також перевищення нормативу за показником хімічне споживання кисню (ХСК). Перевищення цього показника було на рівні 1,87–2,53 ГДК_р. Також слід зазначити, що високі концентрації розчиненого кисню у воді даного водотоку були зафіксовані у зимово-весняний період, в червні та у листопаді-грудні на рівні 10,20–13,60 мг О₂/дм³, що позитивно впливало на процеси самоочищення річки Мокра на даній ділянці за досліджений період. Концентрація фосфору ортофосфатів у воді р. Мокра не перевищувала значення ГДК та була в нормі і відповідала нормативам рибогосподарського призначення.

В 2025 році вміст деяких фізико-хімічних показників річки Мокра в районі Автовокзалу показав, що концентрація деяких показників перевищувала ГДК для господарсько-питних потреб (БСК₅, азот амонійний, азот нітритний та ХСК). Показник біохімічного споживання кисню (за 5 діб) перевищував значення нормативу упродовж січня-травня на рівні 1,02–1,13 ГДК_р. Показники азоту амонійного перевищували значення ГДК у січні, березні та червні.

Перевищення від нормативу було зафіксовано на рівні 1,13–1,38 ГДК_р. У 2025 році показники азоту нітритного перевищували значення ГДК для рибогосподарських потреб в січні та березні на рівні 1,25–1,59 ГДК_р. Впродовж всього періоду дослідження в цьому році показник хімічне споживання кисню перевищував норматив в 2,13–2,2 рази. Вміст фосфору ортофосфатів у воді р. Мокра у 2025 році не перевищував значення ГДК та був у межах норми й відповідав нормативам рибогосподарського призначення.

Екологічний стан малої річки Мокра в районі другого пункту спостереження (Сімферопольська автомагістраль) у 2024–2025 роках був обумовлений змінами концентрації певних фізико-хімічних показниками. Так, концентрація деяких показників перевищувала ГДК для рибогосподарських потреб (біохімічне споживання кисню за 5 діб). Показник БСК₅ у зазначений період дослідження постійно перевищував норматив ГДК_р. Перевищення нормованого значення цього показника було в 1,17–1,87 рази.

В цілому також слід зазначити, що за весь період дослідження на двох ділянках річки Мокра було виявлено перевищення рибогосподарського нормативу ГДК для азоту амонійного та азоту нітритного у 46% та 41% проб води відповідно.

За результатами дослідження показників якості води малої річки Мокра були встановлені (розраховані) значення індексу забруднення води (ІЗВ) на двох постах спостереження. На ділянці водотоку в районі Автовокзалу біля залізничних мостів індекс забруднення води у 2024 році змінювався в межах 0,67 (січень) – 1,67 (жовтень), а в 2025

році – 0,52 (квітень) – 1,28 (січень). На ділянці річки Мокра в районі Сімферопольської автомагістралі індекс забруднення води у 2024–2025 роках змінювався в межах 0,62 (грудень 2024 р.) – 0,91 (вересень 2024 р.).

За результатами проведених досліджень якості поверхневих вод малої річки Мокра на дослідженому моніторинговому посту спостереження в районі Автовокзалу м. Запоріжжя у 2024 році за індексом забруднення води (ІЗВ) у січні-травні встановлена як вода «чиста» II класу якості. В червні-грудні вода водотоку характеризувалася як вода «помірно забруднена» III класу якості. На початку 2025 року якість поверхневих вод річки Мокра у лютому, квітні-червні відповідала як вода «чиста» II класу якості, а в січні та березні характеризувалась як вода «помірно забруднена» III класу якості. Якість поверхневих вод річки Мокра на ділянці в районі Сімферопольської автомагістралі в 2024–2025 роках з червня до березня відповідала «чистим водам» II класу якості.

В цілому, за результатами фізико-хімічних досліджень поверхневих вод малої річки Мокра в районі Автовокзалу та Сімферопольської автомагістралі та значеннями індексу забруднення води вода водотоку у 59% випадків відповідає «чистим водам» II класу якості і у 41% випадків відповідає «помірно забрудненим водам» III класу якості.

Погана якість води досліджених ділянок водотоку головним чином обумовлено наявністю в пробах води високої концентрації азоту амонійного та азоту нітритного – біогенних елементів, або сполук біологічного походження, тобто такі, що з'являються у водоймах внаслідок

життєдіяльності живих істот, які призводять до евтрофікації водної екосистеми. Треба зазначити, що нітритний азот є найменш стійкою сполукою. Вона є проміжним продуктом біохімічного окиснення аміаку або відновлення нітратів. Наявність нітритного азоту у воді річки є свідченням фекального забруднення води. Високі концентрації нітритного азоту у воді малої річки Мокра викликають серйозне занепокоєння й привертають додаткову увагу до стану водної екосистеми, а також вимагають невідкладного виявлення та знешкодження джерел надходження забруднюючих речовин. Також високими концентраціями характеризувалися й інші показники води – БСК₅ та ХСК, які перевищували ГДК для рибогосподарських потреб в середньому в 1,2 та 2,1 рази відповідно.

Аналізуючи фізико-хімічні показники поверхневих вод малої річки Мокра на досліджених ділянках спостереження було встановлено перевищення ГДК для рибогосподарських цілей головним чином для чотирьох показників – азоту амонійного, азоту нітритного, БСК₅, ХСК, завислих речовин, що свідчить про органічне забруднення води даного водотоку. Якість води р. Мокра в районі Автовокзалу за індексом забруднення води відповідає II–III класам якості води від «чистої» до «помірно забрудненої» води. Якість води р. Мокра в районі Сімферопольської автомагістралі відповідає II класу якості води «чиста» вода. Концентрація азоту амонійного та азоту нітритного у воді р. Мокра перевищувала ГДК_р за середніми показниками в 1,8 та 1,4 разів відповідно.

Для вирішення питання щодо відновлення сприятливого гідрологічного режиму, санітарного стану та покращення якості води малих річок м. Запоріжжя необхідно проводити біологічне очищення будь-якої води (промислових, комунально-побутових та інших стічних вод, а також зливових і природних вод) сучасними принципово новими багатоступеневими біотехнологіями, які розроблені саме в Україні. Також необхідно розробити (відкоригувати) проекти водоохоронних зон та прибережних захисних смуг малих річок та провести паспортизацію малих річок м. Запоріжжя.

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА У БІОЕНЕРГЕТИЦІ

ДОРОНІН Андрій

к.е.н., с.н.с.

Національна академія аграрних наук України

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

У зв'язку з дефіцитом поширених енергоносіїв – нафтопродуктів і природного газу та значним їх подорожчанням важливим питанням, крім раціонального використання запасів палива та зменшення впливу парникових газів на навколишнє середовище, є пошук та виробництво альтернативних джерел енергії.

Заорювання соломи як добрива, що не призводить до зайвих енерговитрат, набуває більшого поширення. Крім того, використання соломи є ефективним засобом підтримання бездефіцитного балансу гумусу й поживних елементів, додатковим джерелом органічних добрив [1]. Використання побічної продукції забезпечило підвищення балансу гумусу на 0,37 т/га за рік [2].

Аналіз наукових джерел свідчить про наявність значного енергетичного потенціалу побічної продукції рослинництва, однак питання еколого-економічної доцільності її вилучення з агроecosистем залишається дискусійним і потребує комплексного кількісного обґрунтування. Тому актуальним є дослідження еколого-економічної ефективності використання поживних решток як добрива порівняно з їх вилученням для виробництва біопалива з урахуванням балансу поживних елементів, економічних витрат та викидів парникових газів.

Застосування удосконалених технологій вирощування та використання сучасних високо-урожайних адаптованих сортів культур забезпечило значне збільшення урожайності всіх культур. У середньому за 2023-2024 рр. найбільше зростання урожайності – на 2,70 т/га отримано кукурудзи на зерно. Урожайність пшениці озимої збільшилася на 1,93 т/га.

З'ясовано, що вихід поживних решток залежить від культури, яку вирощують та її урожайності. Найбільшим джерелом постачання рослинних решток (побічної продукції) з одного гектару є кукурудза на зерно – 11,53 т/га, пшениця озима – 7,42 т/га та жито озиме – 6,24 т/га [3; 4; 5]. Урожайність

побічної продукції ячменю, вівса, соняшнику та вики був значно меншим – в межах від 3,92 до 5,49 т/га.

З врахуванням вмісту елементів живлення (азоту, фосфору і калію) в рослинних рештках та їх урожайності проведено розрахунок виносу елементів живлення за використання побічної продукції на виготовлення біопалива залежно від сільськогосподарських культур. З'ясовано, що з побічною продукцією всіх культур за її видалення з поля найбільше виносять калію та азоту і менше фосфору. З пожнивними рештками кукурудзи на зерно виноситься 192,5 д.р. кг/га калію і 85,6 д.р. кг/га азоту, з рештками соняшнику, відповідно – 243,1 та 37,0 д.р. кг/га. Найбільше з рослинними рештками цих культур виноситься фосфору, порівняно з іншими культурами.

Враховуючи, що органічні добрива майже не вносяться за їх значного дефіциту, а побічна продукція могла б замінити відсутність традиційного підстилкового гною великої рогатої худоби але її видаляють з поля для біопалива і вона не використовується як альтернативна орґано-мінеральна система удобрення, то доцільно ґрунт збагачувати внесенням мінеральних добрив. Для поповнення балансу елементами живлення замість видалених з рослинними рештками необхідно внести відповідну кількість мінеральних добрив, які видалені з побічною продукцією. Для розрахунку поповнення елементів живлення використані мінеральні добрива – аміачна селітра, 34,4 %, суперфосфат, 20 % та калійна сіль, 60 %.

Виявлено, що для поповнення елементів живлення, які винесені з побічною продукцією кукурудзи і соняшника необхідно внести найбільше мінеральних добрив, відповідно –

азотних добрив 226,7 та 107,6 кг/га, фосфорних 156 та 176 кг/га і найбільше калійних 289,5 та 405,2 кг/га фізичних туків.

За використання побічної продукції жита озимого і пшениці озимої необхідно внести мінеральних добрив дещо менше і ще менше за використання рослинних решток ячменю, вівса та вики. З рослинними рештками цих культур найбільше видаляється калію. Використання побічної продукції попередника сприяє зменшенню кількості мінеральних добрив під урожай культури.

Внесення мінеральних добрив замість видалених елементів живлення з побічною продукцією призводить до зменшення економічної ефективності вирощування рослинницької продукції і додаткових витрат, що впливатиме на собівартість вирощеної продукції. Для відновлення балансу живлення за видалення рослинних решток кукурудзи на зерно і соняшнику необхідно внести найбільше мінеральних добрив без врахування витрат на процес внесення, відповідно – 13427,6 та 13527,3 грн/га.

За видалення рослинних решток жита озимого і пшениці озимої необхідно внести менше добрив на загальну суму, відповідно – 8456,5 та 6113,3 грн/га і ще менше за видалення побічної продукції ячменю і вівса, а найменше – вики.

Аналіз по видах добрив залежно від культур показав, що найбільшу вартість в структурі мінеральних добрив займає калійна сіль по всіх культурах, крім пшениці озимої і вики, оскільки найбільше з побічною продукцією виноситься калію. Так, за використання побічної продукції соняшника необхідно внести калійних добрив на суму 8063,5 грн./га, кукурудзи на

зерно – 5761,1 грн./га. За використання побічної продукції інших культур витрати на калійні добрива значно менші. Також значні кошти необхідно витратити на придбання та внесення аміачної селітри і дещо менші на суперфосфат.

Встановлено, що зміни клімату є неминучими та рухаються не хаотично, а вже лінійно і мають тенденцію до збільшення. Оскільки ЄС намагається досягти кліматичної нейтральності посилюється контроль за всіма територіями, громадами та підприємствами які впливають на навколишнє середовище [6]. небезпечність ситуації у тому, що діяльність людей напряму впливає на кількість CO₂ в атмосфері. Якщо його стане забагато (а його вже забагато), парниковий ефект посилиться і призведе до глобального потепління [7].

Використання побічної продукції для виготовлення твердих видів біопалива призводить не лише до підвищення економічних витрат і, відповідно – збільшення собівартості вирощеної продукції, а і до підвищення екологічної безпеки – збільшення викидів в повітря диоксиду вуглецю. Так, за внесення мінеральних добрив замість видалених з побічною продукцією кукурудзи на зерно та соняшника викиди диоксиду вуглецю були найбільшими і становили, відповідно – 369,12 та 248,78 кг CO₂/ га.

Отримані результати свідчать, що вилучення побічної продукції кукурудзи та соняшника є найбільш екологічно та економічно витратним, що ставить під сумнів доцільність її використання для біоенергетичних цілей без компенсаційних заходів.

Запобігти глобальному потеплінню можна лише шляхом різкого скорочення викидів CO₂ завдяки

відновлювальним джерелам енергії, екологічному транспорту та оптимізації технологічних операцій за вирощування сільськогосподарських культур.

Використання удосконалених технологій вирощування сільськогосподарських культур та впровадження сучасних високо-урожайних адаптованих сортів забезпечило значне збільшення урожайності, що сприяло збільшенню запасу біомаси (побічної продукції) для виготовлення біопалива в достатній кількості в Україні. Але, з побічною продукцією видаляються елементи живлення – калій, азот і фосфор. Найбільше виноситься елементів живлення з пожнивними рештками кукурудзи на зерно 192,5 д.р. кг/га калію і 85,6 д.р. кг/га азоту, з рештками соняшнику, відповідно – 243,1 та 37,0 д.р. кг/га. Для відновлення балансу живлення за видалення рослинних решток необхідно додатково внести мінеральні добрива на суму від 4519,0 (ячмінь) до 13527,3 грн/га (соняшник), що призведе до зменшення економічної ефективності вирощування рослинної продукції та зменшення екологічної безпеки та збільшення викидів в атмосферу діоксиду вуглецю. Таким чином, використання пожнивних решток як органічного добрива є екологічно доцільнішим та економічно обґрунтованим порівняно з їх вилученням для виробництва біопалива за відсутності механізмів компенсації втрат родючості ґрунтів.

Список використаних джерел

1. Циліорик О. Пожнивні рештки як добриво. Дніпровський ДАЕ університет. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/ahrrarni-kultury/item/18936-pozhnyvni-reshtky->

iak-dobryvo.html

2. Богданович Р.П., Олійник В.С. Баланс гумусу в чорноземі типовому легкосуглинковому Правобережного Лісостепу з урахуванням нетоварної частини урожаю сільськогосподарських культур. 2024. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2014_7/15.pdf

3. Дегодюк С., Дегодюк Е., Літвінова О., Кириченко А. Стратегія застосування соломистих решток для удобрення та енергетичних потреб в Україні. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. 2013. № 17(1). С. 205–211. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2013_17\(1\)_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2013_17(1)_41).

4. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2023 рік. Статистичний бюлетень. Київ. 2024.

5. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2024 рік. Статистичний бюлетень. Київ. 2025.

6. Макурін, А., & Макуріна, О. (2024). Реалізація соціально-екологічної безпеки територіальних громад на основі декорбанізації об'єктів промисловості. *Трансформаційна економіка*, (1 (06), 37-42. <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2024-6-7>

7. Сабініч А. Що не так з викидами CO₂? URL: <https://tokar.ua/read/27150/shcho-ne-tak-z-vykydamy-so2/>

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ В УКРАЇНІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІПАКУ ОЗИМОГО

ЗАБАРНИЙ Олексій

к.с.-г.н.

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

У сучасних умовах зростання вартості традиційних енергоносіїв, посилення енергетичної залежності держав та необхідності скорочення викидів парникових газів особливої актуальності набуває виробництво альтернативних видів палива. Одним із найбільш перспективних видів біопалива є біодизель, сировиною для якого виступають рослинні олії, зокрема ріпакова. Ріпак озимий займає провідне місце серед олійних культур України завдяки високому вмісту олії у насінні, високій адаптивності до ґрунтово-кліматичних умов та значному енергетичному потенціалу. У середньому насіння ріпаку містить 40-48 % олії, що робить культуру економічно вигідною для виробництва біодизелю. Автори заявляють, що з 1 т насіння ріпаку можна отримати близько 420 кг біодизельного палива. Побічним продуктом переробки є ріпаківий шрот, який використовується у тваринництві в якості високобілкового корму [1].

Основною технологією виробництва біодизелю є процес трансестерифікації рослинної олії метанолом у присутності каталізатора. В результаті реакції утворюються метилові ефіри жирних кислот, які й становлять основу

біодизельного палива. Науковці відзначають, що біодизель із ріпакової олії характеризується високим цетановим числом, хорошими мастильними властивостями та біологічною розкладністю. Крім того, ріпаковий біодизель є екологічно безпечнішим порівняно з мінеральним дизельним паливом, оскільки забезпечує зменшення викидів вуглекислого газу, сірки та токсичних сполук [2].

Дослідження економічної ефективності показують, що виробництво біодизелю з ріпаку є найбільш рентабельним за умов комплексної переробки сировини та використання побічної продукції. Встановлено, що створення підприємств із повним циклом переробки дозволяє суттєво підвищити економічну доцільність виробництва біопалива. Особливо важливим є використання гліцерину та шроту, які утворюються під час виробництва біодизелю [3]. Науковці підтверджують значний екологічний ефект від використання біодизелю з ріпаку. Порівняно з традиційним дизельним паливом, використання біодизелю забезпечує зменшення викидів вуглекислого газу на 50-70%, практично не містить сполук сірки та є менш токсичним для навколишнього середовища. Крім того, біодизель швидко розкладається у природних умовах, що знижує ризики забруднення ґрунтів і водойм. Крім того, використання власної сировинної бази сприяє зменшенню залежності від імпорتنих нафтопродуктів та стимулює розвиток агропромислового комплексу [4]

Наукові дослідження також доводять, що ефективність виробництва біодизелю значною мірою залежить від технології вирощування ріпаку озимого. Оптимальні строки сівби, збалансоване удобрення, використання

високопродуктивних гібридів і сучасних систем захисту рослин сприяють підвищенню врожайності та олійності насіння, а отже і збільшенню виходу біопалива [5].

Отже аналіз наукових джерел свідчить, що ріпак озимий є перспективною сировиною для виробництва біодизелю завдяки високому вмісту олії, значному енергетичному потенціалу та економічній ефективності переробки. Важливою перевагою є також можливість комплексної переробки сировини та використання побічної продукції. Тому модернізація переробних підприємств, державна підтримка виробників біопалива та розвиток внутрішнього ринку альтернативних енергоносіїв сприятимуть розвитку біодизельної галузі в Україні.

Список використаних джерел

1. Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель. *Аграрні інновації*. 2022. 13. С. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2022.13.23>.
2. Kovalko O.M., Evtukhova T.O., Chuprina L.V. Comparative analysis of energy effectiveness of biodiesel fuel production from rape corn. *System Research in Energy*, 2014. 3 (38), С. 36–42.
3. Пархомець М.К., Уніят Л.М., Чорна Н.П., Градовий В.В. (2023) Організаційно-економічні напрями ефективного виробництва та переробки ріпаку на біодизель в Україні. *Інноваційна економіка*, (3), 16–29. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2023.3.2>.

4. Мазур К.В., Гонтарук Я.В. (2023). Перспективи розвитку виробництва біодизелю як напрям забезпечення енергетичної безпеки держави. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, (15), 84–90. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.15.10>.

5. Ткачук О.П., Разанов С. Ф., Банул С.О. (2024) Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*, (7), 175–181. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>

ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: РАДІАЛЬНА МОДЕЛЬ

ЗІНОВЧУК Наталія

д.е.н., професор

МІШЕНИН Євген

д.е.н., професор

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

В умовах сучасних викликів проблема продовольчої безпеки зросла до такого рівня, що займає особливе місце в концепціях забезпечення національної безпеки більшості країн. Воєнний стан України та її інтеграція в європейське співтовариство актуалізує дану проблематику, оскільки лише за умови гарантування забезпечення населення якісним продовольством держава може проводити незалежну

національну політику щодо створення гідного рівня життя людини.

Візуалізація місця продовольчої безпеки в структурі національної (економічної) безпеки в основному представлені лінійними графічними моделями [1-2]. Використання багаторівневої радіальної моделі («колесо-маточина»), де продовольча безпека виступає головним ядром (центром) дослідження, а інші види безпеки ґрунтуються навколо (в межах першого та другого контуру) за принципом взаємного впливу, є необхідним інструментарієм оцінки взаємозв'язку між продовольчою безпекою та складовими національної безпеки на основі різноманітних індикаторів (наприклад, це індекс політичної стабільності та відсутності насильства/тероризму, індекс Енгеля, індекс продовольчої інфляції, індекс деградації земель тощо).

Формалізація зв'язків між контурами може здійснюватися на основі економетричного моделювання, кореляційно-регресійного аналізу та багатовимірною статистичного масштабування. Перший контур (коло) включає види безпеки, з якими продовольча безпека пов'язана безпосередньо (прямо): політична, економічна та воєнна безпека. Так, політична безпека у взаємозв'язку з продовольчою безпекою розкривається через концепцію “безпека людини” (“human security”). Критична продовольча нестабільність провокує різноманітні соціальні заворушення та дестабілізує державні інститути. Ефективна та конструктивна влада створює надійні балансовані аграрні системи та формує ефективну зовнішню політику. Зв'язок продовольчої безпеки з політичною безпекою розкривається

за такими ключовими факторами [3]:

- продовольство як інструмент внутрішньої легітимності та влади (зокрема, дефіцит продуктів харчування та високі ціни знижують довіру населення до інститутів влади);

- залежність продовольчої системи від політичної стабільності та ефективного державного управління та регулювання (зокрема, це стосується створення сприятливого інвестиційного клімату для довгострокових “зелених” інвестицій в АПК;

- управління екологічними та кліматичними ризиками та корупційними загрозами;

- продовольча незалежність як фактор геополітичної безпеки. Експорт сільськогосподарської продукції на світові ринки перетворюється на потужний геополітичний інструмент, а також є запорукою зовнішнього політичного суверенітету.

Зв'язок економічної безпеки розкривається через збалансований розвиток аграрного сектору (аграрний базис та продовольчий суверенітет). Сільське господарство та харчова промисловість є визначальними галузями, які забезпечують вагомий рівень зайнятості, експортного потенціалу та формують ВВП. Аграрний базис включає аграрні природні ресурси, інфраструктуру, технології та певні обсяги виробництва. Продовольчий суверенітет визначає економічну та юридичну незалежність держави формувати власне бачення аграрної політики. Продовольчий суверенітет характеризується такими параметрами: незалежність від

імпорту, право на вибір в системі аграрного господарювання, пріоритет внутрішнього ринку, економічна підтримка власних виробників. Зв'язок з воєнною безпекою визначається тим, що продовольство є стратегічним ресурсом в умовах воєнного стану.

Другий контур (коло) представленої моделі формує зовнішнє довкілля, ресурсно-соціальний та екологічний контекст у форматі тих чи інших видів безпеки, без яких довгострокове забезпечення продовольчої безпеки стає неможливим (зокрема, це енергетична, технологічна, фінансова, логістична).

Варто відмітити, що кліматичну безпеку не можна просто поставити в один ряд з іншими елементами другого кола. В сучасних умовах клімат розглядається як “множник загроз” (Threat Multiplier), тому кліматична безпека є екзогенним мета-фактором представленої моделі та в принципі формує третій контур. Глобальні кліматичні зміни обумовлюють не тільки зниження продуктивності сільського господарства, а й визивають дефіцит ресурсів, економічні кризи, політичну нестабільність, міграцію робочої сили.

Таким чином, продовольча безпека є фундаментальним базисом стабільності держави, національної безпеки, визначальним параметром якості життя. Продовольча безпека є певним каталізатором сталого розвитку аграрного сектору та одночасно є вразливим вузлом в системі національних та глобальних загроз, де певний дефіцит продовольства визиває та запускає ланцюгову реакцію інших видів безпеки.

Список використаних джерел

1. Заходим М. В. Продовольча безпека та її місце у структурі економічної безпеки держави. *Інноваційна економіка*. №1, 2022 (90), С. 33-39. DOI: 10.37332/2309-1533.2022.1.4.
2. Krylov, D. (2024). Food Security: Theoretical and Methodological Foundations and Place in the National Security System. *Problems of Modern Transformations. Series: Economics and Management*, (11). DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-03-09>
3. Єгорова-Гудкова, Т. І., & Косташ, О. (2026). Продовольча безпека в умовах кризи: проблеми та можливості країн. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*, 25(1(62)). DOI: [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2026.1\(62\).361956](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2026.1(62).361956) .

ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СИСТЕМІ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ГРОМАД В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

КАЛИНА Тетяна

д.е.н., професор

*ПЗВО «Міжнародний класичний університет імені
Пилипа Орлика»*

Миколаїв, УКРАЇНА

АРЗУМАНЯН Тетяна

к.с.-г.н., доцент

*Одеська державна академія будівництва та
архітектури*

Одеса, УКРАЇНА

За сучасних трансформацій, спричинених повномасштабною війною, питання просторового розвитку територіальних громад набувають особливої актуальності, оскільки повоєнне відновлення має поєднувати економічні, соціальні та екологічні пріоритети. В такому контексті туристично-рекреаційна діяльність розглядається як важлива складова просторового розвитку громад, здатна забезпечити комплексне використання природно-ресурсного та культурно-історичного потенціалу територій.

На відміну від галузевого підходу, сучасна концепція просторового розвитку передбачає інтеграцію туристично-рекреаційної діяльності із системою територіального планування, управління природними ресурсами, розвитку

інфраструктури та підвищення якості життя населення. Такий підхід сприяє диверсифікації місцевої економіки, створенню нових робочих місць, розвитку малого і середнього підприємництва, а також формуванню конкурентних переваг територіальних громад. Водночас розвиток туризму стимулює збереження природної та культурної спадщини, зміцнення локальної ідентичності та підвищення інвестиційної привабливості територій, що є особливо важливим у процесі повоєнного відновлення.

Особливе значення для розвитку громад має внутрішній туризм, який забезпечує циркуляцію фінансових ресурсів у межах регіонів, активізує попит на місцеві товари та послуги і створює мультиплікативний ефект для суміжних видів економічної діяльності. В умовах воєнного стану внутрішній туризм демонструє поступове відновлення та адаптацію до нових викликів, що свідчить про його потенціал як одного з інструментів соціально-економічного розвитку територіальних громад і реалізації засад їх просторового розвитку.

Зміна структури туристичних потоків в Україні значною мірою зумовлена наслідками повномасштабної війни, де запровадження обмежень на виїзд чоловіків призовного віку, погіршення економічного становища населення та зростання вартості закордонних подорожей сприяли переорієнтації попиту на внутрішній туризм. За таких умов туристичні подорожі територією України стали більш доступною та економічно обґрунтованою альтернативою, що підтверджують результати онлайн-опитування, проведеного Державним агентством розвитку

туризму України спільно з UNICEF U-Report Ukraine, відповідно до яких 45,3 % респондентів здійснювали туристичні подорожі Україною після початку повномасштабного вторгнення, що свідчить про збереження попиту на туристично-рекреаційні послуги навіть в умовах воєнного стану [2].

Сучасний розвиток внутрішнього туризму характеризується формуванням нових поведінкових моделей споживачів, серед яких переважає попит на безпечні, природоорієнтовані та екологічно відповідальні види відпочинку, зростає популярність локальних туристичних дестинацій, гастрономічного та культурно-пізнавального туризму, і такі тенденції відповідають принципам просторового розвитку громад, оскільки сприяють більш збалансованому використанню природних, культурних та економічних ресурсів територій, активізують розвиток локального підприємництва і формують нові точки економічного зростання. Таким чином, внутрішній туризм стає не лише чинником адаптації туристичної сфери до сучасних викликів, а й одним із дієвих інструментів просторового розвитку та повоєнного відновлення територіальних громад.

Туристично-рекреаційна діяльність має розглядатися як невід'ємна складова системи просторового розвитку територіальних громад, що поєднує інструменти просторового планування, економічного стимулювання та соціальної згуртованості. Важливим є врахування туристично-рекреаційного потенціалу під час функціонального зонування територій, визначення

пріоритетів розвитку інженерної та туристичної інфраструктури, а також формування інвестиційно привабливих проєктів, спрямованих на повоєнне відновлення громад.

У цьому контексті еногастрономічний туризм може стати основою формування локальних економічних кластерів, що об'єднують виробників сільськогосподарської продукції, виноробні господарства, заклади харчування, туристичних операторів, об'єкти розміщення та органи місцевого самоврядування. Така взаємодія сприяє створенню комплексного туристичного продукту, підвищенню його якості, розвитку локальних ланцюгів доданої вартості та зміцненню конкурентоспроможності територіальних громад. Еногастрономічний туризм, як один із перспективних напрямів туристично-рекреаційної діяльності, характеризується значним потенціалом для просторового розвитку територіальних громад, розвиток якого забезпечує мультиплікативний ефект, активізуючи суміжні сфери економіки, зокрема сільське господарство, виноградарство, виноробство, харчову промисловість, сферу гостинності, торгівлю та культурно-подієву діяльність [1]. Завдяки цьому створюються передумови для диверсифікації місцевої економіки, формування нових робочих місць і збільшення надходжень до місцевих бюджетів, водночас еногастрономічний туризм сприяє розвитку сільських територій, посилюючи їх функціональну роль як осередків економічної активності та збереження природної й культурної спадщини.

Зростання попиту на автентичні та нішеві туристичні продукти формує нові можливості для розвитку гастрономічного і винного туризму. Світовий тренд, орієнтований на поєднання гастрономічних вражень, локальної культури та активного відпочинку, поступово набуває поширення і в Україні, де особливо сприятливими передумовами для цього є південні регіони, де поєднуються багатонаціональна культурна спадщина, різноманітні кулінарні традиції, природно-кліматичні ресурси та значний аграрний потенціал.

Одеська та Миколаївська області належать до найбільш перспективних територій розвитку еногастрономічного туризму. Компактне проживання представників різних етнічних спільнот сформувало унікальну гастрономічну культуру, яка поєднує українські, бессарабські, болгарські, молдовські та гагаузькі кулінарні традиції. Водночас концентрація виноградників і мережі виноробних господарств створює основу для формування спеціалізованих туристичних маршрутів, тематичних фестивалів, дегустаційних програм та інших туристичних продуктів, що забезпечує інтеграцію виноробних і гастрономічних об'єктів у просторову структуру громад, сприяє розвитку локальних туристичних кластерів, зміцненню територіальної ідентичності та підвищенню конкурентоспроможності громад у процесі повоєнного відновлення.

Важливою складовою просторового розвитку є модернізація супутньої інфраструктури, зокрема транспортної доступності, туристичної навігації, засобів

розміщення, об'єктів рекреації та сервісу, що забезпечує не лише комфортні умови для відвідувачів, а й підвищує якість життя місцевого населення. Водночас формування територіального бренду, який ґрунтується на природних, культурних і гастрономічних особливостях громад, сприяє їх туристичній привабливості та інвестиційній конкурентоспроможності. Для південних регіонів України таким брендом може стати поєднання виноробних традицій, багатонаціональної гастрономічної спадщини та рекреаційного потенціалу узбережжя.

Отже, розвиток туристично-рекреаційної діяльності є одним із ключових чинників просторового розвитку територіальних громад, оскільки забезпечує ефективне використання природного та соціально-економічного потенціалу територій, стимулює підприємницьку активність, сприяє формуванню локальних економічних кластерів і підвищує стійкість громад в умовах повоєнного відновлення України.

Список використаних джерел

1. Калина Т.Є., Арзуманян Т.Ю., Омельченко Г.Ю. Еногастрономічний туризм як драйвер розвитку регіонів та сільських територій. Актуальні проблеми інноваційної економіки та права. 2024. № 1. С. 93-97. DOI: <https://doi.org/10.36887/2524-0455-2024-1-19>
2. Результати опитувань щодо подорожей Україною під час війни. URL: <https://www.tourism.gov.ua/statistic>

ВПЛИВ МІЛІТАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАН ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

КАРАБАЧ Катерина

к.с.-г.н., доцент

КУЛІЧЕВСЬКИЙ Владислав

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Київ, УКРАЇНА*

Повномасштабна війна в Україні спричинила безпрецедентні екологічні наслідки, серед яких особливе місце займає деградація ґрунтових ресурсів. Ґрунт є основою продовольчої безпеки держави та важливим компонентом екосистем, що забезпечує кругообіг речовин, акумуляцію органічного вуглецю, регулювання водного режиму та підтримання біорізноманіття. Воєнні дії призводять до механічного руйнування ґрунтового покриву, його хімічного забруднення та порушення екологічних функцій, що створює довгострокові ризики для аграрного виробництва та довкілля.

За оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, станом на 2025 рік збитки довкіллю, завдані війною, перевищили 85 млрд євро [1]. Значна частина цих втрат пов'язана із забрудненням земельних ресурсів продуктами вибухів, паливно-мастильними матеріалами та важкими металами. За даними Державної екологічної інспекції України, загальна площа

територій, які потребують екологічного обстеження та відновлення, становить сотні тисяч гектарів [2].

Одним із найбільш небезпечних чинників деградації ґрунтів є вибухова діяльність. Вибухи боєприпасів призводять до руйнування ґрунтового профілю, зміни фізичних властивостей та утворення вирв. За оцінками фахівців, на окремих територіях щільність вибухових пошкоджень перевищує 5–10 вирв на гектар. У місцях інтенсивних бойових дій відбувається перемішування генетичних горизонтів ґрунту, що порушує його структуру та знижує родючість. Крім того, у ґрунт потрапляють сполуки свинцю, міді, нікелю, кадмію та інших токсичних елементів, які можуть накопичуватися в рослинах і включатися до харчових ланцюгів [3].

Суттєвою екологічною проблемою є мінне забруднення територій. За оцінками міжнародних організацій, Україна залишається однією з найбільш замінованих держав світу. Станом на початок 2025 року потенційно небезпечними вважалися близько 139 тис. км² території країни [4]. Наявність мін та нерозірваних боєприпасів обмежує доступ до земель сільськогосподарського призначення, унеможливорює проведення польових робіт і перешкоджає відновленню екосистем.

Додатковим фактором деградації є забруднення ґрунтів нафтопродуктами внаслідок руйнування паливної інфраструктури та військової техніки. Відомо, що один літр нафтопродуктів здатний забруднити до 1 млн літрів води та значно погіршити фізико-хімічні властивості ґрунту. У

районах активних бойових дій фіксуються випадки перевищення гранично допустимих концентрацій окремих забруднювачів у десятки разів [2].

Вагому загрозу становлять також лісові пожежі, спричинені обстрілами. За даними екологічного моніторингу, лише протягом 2024 року внаслідок бойових дій було пошкоджено або знищено десятки тисяч гектарів лісових екосистем [1]. Пожежі призводять до втрати гумусу, погіршення структури ґрунту, посилення ерозійних процесів та збільшення викидів парникових газів в атмосферу.

Для оцінювання масштабів екологічних наслідків війни активно застосовуються сучасні технології дистанційного зондування Землі, геоінформаційні системи та безпілотні літальні апарати. Дані супутників Sentinel дозволяють оперативно виявляти вирви від вибухів, осередки пожеж, зміни рослинного покриву та інші порушення земельного фонду. Результати досліджень показують, що використання GIS-технологій і супутникового моніторингу забезпечує високу точність картографування пошкоджених територій та значно прискорює процес оцінювання екологічних збитків [5].

Значний внесок у проведення відповідних досліджень здійснюють Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державна екологічна інспекція України, Національна академія аграрних наук України, Національний університет біоресурсів і природокористування, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, а також міжнародні організації FAO, UNEP та

JRC Європейської Комісії [6, 7]. Зокрема, фахівцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» вперше було розроблено картосхеми впливу бойових дій на ґрунтовий покрив України та запропоновано поняття «мілітарна деградація ґрунтів», яка включає механічну, фізичну, хімічну, фізико-хімічну та біологічну деградацію ґрунтів. Встановлено, що найбільших пошкоджень зазнали чорноземи звичайні (понад 50 тис. км²), дерново-підзолисті ґрунти (29,4 тис. км²), чорноземи південні (16,2 тис. км²) та темно-каштанові ґрунти (9,6 тис. км²) [8]. Дослідження на території Київської, Харківської та Херсонської областей засвідчили розвиток процесів механічної деградації, ущільнення ґрунту, бомботурбації, забруднення важкими металами та погіршення біологічної активності ґрунтів. За допомогою супутникового моніторингу на території Запорізької області було ідентифіковано 989 вибухових вирв загальною площею понад 70 га, що свідчить про масштабність фізичного руйнування ґрунтового покриву [5, 8]. Крім того, результати мікробіологічних і біохімічних досліджень ґрунтів Харківської області показали суттєве зниження активності ґрунтової біоти на територіях, що зазнали інтенсивного мілітарного впливу [8, 9]. Ці дослідження стали науковою основою для розроблення методик оцінювання екологічних збитків та програм повоєнного відновлення земельних ресурсів України.

Відновлення ґрунтових ресурсів потребує комплексного підходу, який включає розмінування територій, екологічний моніторинг, рекультивацію

порушених земель, фіторе mediaцію та відновлення рослинного покриву. Особливого значення набуває створення цифрових карт забруднення та пошкодження земель, що дозволяє визначати пріоритетні ділянки для проведення природоохоронних заходів.

Отже, війна стала потужним фактором деградації ґрунтових ресурсів України та суттєво посилила екологічні ризики. Відновлення земель потребує тривалого часу, значних фінансових ресурсів і широкого залучення наукової спільноти. Водночас впровадження сучасних технологій моніторингу та рекультивації створює передумови для поступового відновлення екологічних функцій ґрунтів і забезпечення екологічної безпеки держави у повоєнний період.

Список використаних джерел

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Оцінка екологічних збитків, завданих війною в Україні. Київ, 2025.
2. Державна екологічна інспекція України. Аналітичний звіт щодо екологічних наслідків воєнних дій. Київ, 2024.
3. Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. Вплив військових дій на стан ґрунтових ресурсів України // Вісник аграрної науки. 2023. № 8. С. 15–25.
4. Центр гуманітарного розмінування України. Стан гуманітарного розмінування території України у 2025 році. Київ, 2025.

5. Білий М., Андрієвська А., Стахів І., Пастушенко Т. Monitoring the ecological consequences of war using geographic information systems and remote sensing // Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology. 2025. № 112. С. 108–118.
6. FAO. Ukraine: Impact of the War on Agriculture and Soil Resources. Rome, 2024.
7. UNEP. Environmental Assessment of the Conflict in Ukraine. Nairobi, 2024.
8. Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О., Соловей В.Б. Оцінювання впливу збройної агресії РФ на ґрунтовий покрив України // Український географічний журнал. 2024. № 1. С. 7–18.
9. Михайлюк В.І. Вплив воєнних дій на вміст органічної речовини і елементів живлення в ґрунтах Півдня України // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2024. Т. 29. № 1(44). С. 87–101.

**ФІТОСОЗОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ЛУЧНИХ
ЕКОСИСТЕМ В ОКОЛИЦЯХ С. КРЕХАЇВ
(ОСТЕРСЬКА МІСЬКА ТЕРИТОРІАЛЬНА ГРОМАДА,
ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

КАРПЕНКО Юрій

к.б.н., доцент

*Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка*

Чернігів, УКРАЇНА

Мезинський НПП

с. Деснянське, Чернігівська область, УКРАЇНА

АСМАКОВСЬКИЙ Євгеній

Ph.D

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та
агропромислового виробництва НААН України*

Чернігів, УКРАЇНА

ЯКОВЕНКО Олександр

к.б.н., доцент

*Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка*

Чернігів, УКРАЇНА

Інститут географії НАН України

Київ, УКРАЇНА

Луки Чернігівщини є унікальними заплавними екосистемами, приуроченими переважно до долин річок Десни, Снову та Дніпра. Вони відіграють важливу роль у збереженні флористичного та фітоценотичного різноманіття

регіону, а також є осередком існування рідкісних і зникаючих видів рослин.

Указом Президента України від 10 березня 1994 року № 79/94 «Про резервування для наступного заповідання цінних природних територій» до переліку територій, зарезервованих для створення нових та розширення існуючих природних заповідників і національних природних парків, було включено ділянку площею 200 га для створення природно-заповідного об'єкта загальнодержавного значення «Крехаївські луки» [1].

Територія розташована в межах острівної ділянки в околицях села Крехаїв Остерської міської територіальної громади Чернігівського району (до адміністративно-територіальної реформи 2020 року – Козелецький район) на межі Чернігівської та Київської областей України.

Досліджувана територія представлена угрупованнями заплавних, справжніх та болотистих лук. Вона розташована в межах Дніпровсько-Нижньодеснянського фізико-географічного району Чернігівського Полісся [2; 3]. Згідно геоботанічного районування України, територія належить до Європейської широколистянолісової області, Східноєвропейської провінції хвойно-широколистяних та широколистяних лісів, Лівобережнополіського округу дубово-соснових, дубових і соснових лісів, заплавних луків та евтрофних боліт [4].

Під час експедиційних досліджень на досліджуваній території було виявлено види судинних рослин, які занесені до Червоної книги України, а саме: *Iris sibirica* L. та *Stipa*

borysthena Klokov ex Prokudin. Обидва види мають природоохоронний статус категорії «вразливий» [5].

Iris sibirica – євросибірський вид родини *Iridaceae*, який в Україні перебуває поблизу південної межі свого ареалу. За екологічними характеристиками є геофітом (довгокореневищним), гігрозомезофітом і геліофітом [2]. Багаторічна трав'яниста рослина заввишки 40–100 см із коротким кореневищем, що утворює щільні дернини. Стебло прямостояче, листки вузьколінійні, мечоподібні, зазвичай довші за квітконосне стебло. Квітки великі, синьо-фіолетові, рідше білі, запашні; плід – довгаста тригранна коробочка. Цвіте у травні–липні, плодоносить у липні–серпні. Розмножується насінням і вегетативно шляхом розростання кореневищ. В Україні поширений на Закарпатті, у Прикарпатті, Розточчі, на Поліссі, заході Подільської височини, рідше – у Правобережному та Лівобережному Лісостепу, зрідка – у північній частині Степу та Криму [6; 7].

На території заплавної лучної ділянки *Iris sibirica* трапляється спорадично. Місцезнаходження виду відмічені на всій території досліджуваної ділянки (18.06.2026 р., 50°46'52,3"N 30°44'47,7"E; 50°46'51,7"N 30°44'44,9"E; 50°46'50,4"N 30°44'44,3"E; 50°46'50,2"N 30°44'40,9"E; 50°46'50,1"N 30°44'40,7"E; 50°46'58,3"N 30°44'26,5"E; 50°47'0,44"N 30°44'36,2"E; 50°47'1,73"N 30°44'38,0"E; 50°46'36,1"N 30°44'48,2"E).

Найбільші локалітети площею 100 – 130 м² виявлено в південній частині досліджуваної території біля зниженої улоговини (18.06.2026 р., 50°46'32,5"N 30°44'47,8"E; 50°46'34,4"N 30°44'47,8"E).

Stipa borysthena – центральноевразійський степовий вид родини *Poaceae*, який перебуває на північній межі свого ареалу. За екологічними особливостями є гемікриптофітом, ксерофітом, псамофітом і геліофітом. Це багаторічний щільнодернинний злак заввишки до 1,1 м із вузькими жорсткими листками та характерним довгим пірчастим остюком. Суцвіття – вузька волоть із численними одноквітковими колосками. Цвіте у травні–червні, плодоносить у червні–липні. Розмножується насінням. В Україні поширений у Південному Поліссі, на боровій терасі Дніпра, у Східному Лісостепу, а також на річкових і приморських пісках степової зони [8; 9].

На території досліджуваних луків на сухій, підвищеній ділянці виявлено локалітет *Stipa borysthena*, представлений п'ятьма особинами (18.06.2026 р., 50°46'45,6"N 30°45'19,9"E; 50°46'48,4"N 30°45'10,2"E).

За результатами проведених польових досліджень встановлено, що лучні екосистеми околиць села Крехаїв характеризуються високою флористичною та насиченістю та соцологічною цінністю. На досліджуваній території виявлено два види судинних рослин, занесені до Червоної книги України – *Iris sibirica* та *Stipa borysthena*, які мають природоохоронний статус «вразливий».

Популяції *Iris sibirica* представлені численними локалітетами й поширені на значній частині досліджуваної території, тоді як *Stipa borysthena* виявлено лише в одному невеликому локалітеті, представленому п'ятьма особинами, що зумовлює необхідність подальшого моніторингу та охорони цього виду.

Наявність раритетних видів флори підтверджує високу соцологічну цінність лучних екосистем «Крехаївських луків» і свідчить про доцільність створення на цій території природоохоронного об'єкта – ботанічного заказника загальнодержавного значення для забезпечення належного режиму охорони і збереження їх фіторізноманіття.

Список використаних джерел

1. Офіційний портал Верховної Ради України. Указ Президента України від 10 березня 1994 року № 79/94 «Про резервування для наступного заповідання цінних природних територій». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/79/94#Text> (дата звернення: 20.06.2026).
2. Лукаш О.В. Флора судинних рослин Східного Полісся: історія дослідження, конспект. Київ: Фітосоціоцентр, 2008. 436 с.
3. Фізико-географічне районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-1.php> (дата звернення: 22.06.2026).
4. Геоботанічне районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-5.php> (дата звернення: 22.06.2026).
5. Червона книга України. URL: <https://redbook-ua.org/> (дата звернення: 25.06.2026).
6. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. Літопис природи за 2018 рік. URL: https://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2018_tom_2.pdf (дата звернення: 25.06.2026).

7. *Iris sibirica* L. URL: <https://redbook-flora.land.kiev.ua/132.php> (дата звернення: 25.06.2026).

8. Комітет з питань екологічної політики та природокористування. Ковила дніпровська *Stipa borysthenica* Klovov ex Prokudin. URL: <https://komekolog.rada.gov.ua/uploads/documents/36513.pdf> (дата звернення: 25.06.2026).

9. *Stipa borysthenica* Klovov ex Prokudin. URL: <https://redbook-flora.land.kiev.ua/241.php> (дата звернення: 25.06.2026).

ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ

КИТАЙГОРА Антон

аспірант

СПИЧАК Юрій

PhD, старший науковий співробітник

КОТЕНКО Віталій

аспірант

Сумський національний аграрний університет

Суми, УКРАЇНА

Береза повисла (*Betula pendula*) є перспективним видом для фіторемедіації субстратів, забруднених важкими металами, але її роль найпереконливіше проявляється саме як фітостабілізатора, а не універсального гіперакумулятора чи

ефективного екстрактора всіх металів [4, 6]. Вона добре колонізує техногенно порушені території, оскільки поєднує швидкий ріст, високу кореневу біомасу та фізіолого-біохімічні механізми толерантності до стресу [2].

Betula pendula часто розглядають як придатний деревний вид для відновлення забруднених промислових і гірничих територій, оскільки фіторе mediaція загалом є економічнішою та екологічно безпечнішою альтернативою традиційним методам очищення ґрунтів [5, 10]. Для ефективності такого підходу вирішальними є дві умови: біодоступність металів у субстраті та достатня рослинна біомаса [9].

Для берези повислої найстійкіший висновок полягає в тому, що вона особливо добре функціонує в режимі фітостабілізації. У дослідженні на постфлотаційних хвостах березу визнано придатною для фітостабілізації завдяки швидкому росту та формуванню значної кореневої біомаси, причому метали накопичувалися переважно в коренях, ніж у сосни чи модрина, а їх перенесення до надземних органів було незначним. Подібним чином на золівдвалі важкі метали в деревних видів, включно з березою, локалізувалися переважно в коренях, а сама береза належала до видів, найбільш придатних для стабілізації Cd і Zn [8].

Водночас здатність *Betula pendula* до фітоекстракції залежить від конкретного металу та умов середовища. Для цинку є дані, що береза накопичує його значні кількості в листках і може знижувати вміст Zn у ґрунті, через що її навіть запропонували віднести до гіперакумуляторів Zn [4]. Проте узагальнювати це на всі метали не можна: у польовому

дослідженні на промислових ділянках береза не продемонструвала ефективної фітоекстракції важких металів порівняно з класичними гіперакумуляторами [6].

Накопичення металів у берези є металоспецифічним. На відвалах золотоносної шахти рослини біоакмулювали Cu, Ni, Mn, Zn, а також Tl та In, що вказує на значний, але вибірковий фіторе mediaційний потенціал. В іншому дослідженні вміст Zn і Pb у тканинах берези корелював із їх концентраціями в ґрунті, тоді як для Cu, Cd і Cr такої тенденції не виявили [8].

Стійкість *Betula pendula* до важких металів пов'язана з низкою фізіологічних механізмів. На постіндустріальних відвалах листки берези були товстішими, містили більше флавонолів і антоціанів та характеризувалися вищим рівнем нефотохімічного гасіння, що, ймовірно, сприяє колонізації екстремальних місцезростань. Оглядові роботи також підтверджують, що важкі метали порушують фотосинтез і клітинний гомеостаз, а рослини відповідають активацією антиоксидантних ферментів, хелаторів металів і фенольних антиоксидантів [3, 9]. У берези ці реакції простежуються і в польових спостереженнях. На різних типах ґрунтів зафіксовано накопичення Zn і Cd, особливо в листках. При цьому антиоксидантна відповідь на стрес була вираженою, хоча й неоднаковою в усіх органах рослини [7]. У забруднених районах вміст металів у листках також впливав на накопичення фенольних кислот і флавоноїдів, тобто на спеціалізований метаболізм, пов'язаний зі стресовою адаптацією.

Важлива частина толерантності берези формується в ризосфері та через ектомікоризні симбіози. У модельному дослідженні корені берези підвищували рН ризосфери, що зменшувало концентрації Al і Cu в ґрунтовому розчині, але не змінювало загальний масовий баланс металів у субстраті, тобто радше знижувало їх доступність, ніж забезпечувало винесення з ґрунту. У цьому ж дослідженні ектомікоризні гриби накопичували Al у гіфах і виконували фільтрувальну функцію.

Польові дослідження також показують, що заселення забруднених ґрунтів березою полегшується ектомікоризними грибами. На забруднених ділянках у берези домінували адаптовані ектомікоризні таксони, а токсичність ґрунту була головним чинником, який формував склад цих грибних угруповань [2].

Таким чином *Betula pendula* є перспективним видом для ремедіації територій, забруднених важкими металами, насамперед завдяки здатності до фітостабілізації, високій витривалості та закріпленню металів у кореневій зоні. Для окремих елементів, особливо цинку, береза може проявляти більш виражені властивості фітоекстракції, однак загалом наявні дані не підтверджують її універсальної ефективності як екстрактора всіх важких металів.

Список використаних джерел

1. Ашраф С., Алі К., Захір З., Ашраф С., Асгар Х. Фіторемедіація: екологічно сталий спосіб рекультивації ґрунтів, забруднених важкими металами. Екотоксикологія та екологічна безпека. 2019 рік.

2. Берза В., Берза К., Тшебни А., Грень І., Даберт М., Цепал Р., Троха Л.К. Угруповання ектомікоризних видів грибів, пов'язаних з *Betula pendula* Roth та *Pinus sylvestris* L., що ростуть у ґрунтах, забруднених важкими металами. Рослини та ґрунт. 2020 рік.

3. Гаврилеску М. Покращення фіторемедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. Сучасні погляди в біотехнології. 2021 рік.

4. Дмуховський В., Гоздовський Д., Брагошевська П., Бачевська А. Н., Суvara І. Фіторемедіація ґрунтів, забруднених цинком, з використанням берези сріблястої (*Betula pendula* Roth). Екологічна інженерія. 2014 рік.

5. Дацько О. М., Яценко В. М. Сучасні методи ремедіації ґрунтів. Фіторемедіація як ключ до очищення ґрунтів та збереження екосистем. Аграрні інновації. 2024 рік.

6. Льюїс Дж., Кварфорт У., Шестрьом Дж. *Betula pendula*: перспективний кандидат для фіторемедіації трихлоретилену в північному кліматі. Міжнародний журнал фіторемедіації. 2015 рік.

7. Макух-П'єтрась І., Грабек-Лейко Д., Гурка А., Каспшик І. Антиоксидантна активність стосовно транспорту важких металів з ґрунту до різних частин *Betula pendula* (Roth.). Журнал біологічної інженерії. 2023 рік.

8. Хайта Ш., Фірат Е. Визначення концентрацій важких металів та зразків ґрунту *Betula pendula* та *Populus tremula* в кратерному озері Немрут. Міжнародний журнал вторинних метаболітів. 2022 рік.

9. Шарма Дж., Кумар Н., Сінгх Н.П., Сантал А. Технології фіторемедіації та їх механізм видалення важких

металів із забрудненого ґрунту: підхід до сталого навколишнього середовища. *Frontiers in Plant Science*. 2023 рік.

10. Ян А., Ван Ю., Тан С., Мохд Юсоф М.Л., Гхош С., Чен З. Фіторемедіація: перспективний підхід до відновлення рослинності на землях, забруднених важкими металами. *Рубежі в рослинництві*. 2020 рік.

БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОРІАНДРУ ПОСІВНОГО (*CORIANDRUM SATIVUM* L.)

КІЧІГІНА Ольга

к.с.-г.н., старший дослідник

Інститут агроекології і природокористування НААН

ЮЛА Анастасія

магістр

Київський національний університет імені Тараса

Шевченка

ННЦ «Інститут біології та медицини»

Київ, УКРАЇНА

Коріандр посівний (*Coriandrum sativum* L.) однорічна трав'яниста рослина родини *Apiaceae* (Селерові), яка належить до цінних ефіроолійних, лікарських і пряно-ароматичних культур. Вид характеризується відносно коротким вегетаційним періодом (90–130 діб залежно від сорту та умов вирощування), високою пластичністю до ґрунтово-кліматичних умов і здатністю формувати стабільну

продуктивність в умовах помірно теплого та теплого клімату. Коріандр є світлолюбною та помірно посухостійкою культурою, відзначається холодостійкістю на ранніх етапах розвитку, а насіння здатне проростати вже за температури 6–8 °С. Особливу господарську цінність становлять плоди (двосім'янки), які містять ефірну олію (переважно ліналоол), жирну олію та комплекс біологічно активних речовин, що визначає широке використання культури у фармацевтичній, харчовій, косметичній промисловості та інших галузях народного господарства. Окрім цього, коріандр має важливе екологічне та економічне значення як потужний медонос [1].

Світове виробництво коріандру посівного концентрується переважно в країнах Азії, серед яких домінує Індія, на яку припадає близько двох третин глобального обсягу виробництва. Значні площі вирощування також зосереджені в Туреччині, Мексиці, Ірані та Китаї, де культура використовується як джерело пряної, ефіроолійної та лікарської сировини [2].

І хоча Україна не належить до найбільших світових виробників, у посівах серед ефіроолійних культур родини *Ariaseae* коріандр домінує (8,3 тис. га). Водночас сприятливі природно-кліматичні умови та зростаючий попит на ефіроолійну, пряно-ароматичну та лікарську сировину формують об'єктивні передумови для розширення виробництва цієї культури [3].

Одним із ключових чинників підвищення ефективності виробництва коріандру є наявність конкурентоспроможного сортового ресурсу, здатного забезпечити стабільні врожаї та високу якість продукції. Станом на червень 2026 р.

Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні налічує три сорти коріандру. Два з яких – ‘Оксаніт’ та ‘Натурсвіт’ сорти вітчизняної селекції, ‘Маріно’ – іноземної (Нідерланди) [4].

‘Оксаніт’ – сорт селекції Інституту сільського господарства Степу НААН, середньостиглий (близько 100 діб), із високим накопиченням ефірної олії у плодах. Для сорту характерна маса 1000 насінин 7–8 г та вміст ефірної олії 1,85–2,55 %. Рекомендований насамперед для умов Степу України. Сорт придатний для отримання продукції харчового призначення та технічної переробки (зокрема використання плодів як пряно-ароматичної та ефіроолійної сировини) [5].

‘Натурсвіт’ – сорт селекції Приватного підприємства «Натур Світ» (Україна), середньостиглий із тривалістю періоду вегетації 124 доби. Характеризується високим вмістом ефірної олії в насінні – до 2,7%. Маса тисячі насінин – 7,1 г. Екологічно пластичний сорт, що рекомендований для вирощування у трьох ґрунтово-кліматичних зонах України – Степ, Лісостеп, Полісся. Напрямок використання – ароматичний, парфумерна промисловість, технічний, фармацевтична промисловість, харчовий [5].

‘Маріно’ – високопродуктивний сорт голландської селекції (Enza Zaden), спеціально створений для конвеєрного отримання товарної зелені (кінзи) з високими смаковими якостями. Вегетаційний період до господарської придатності на зелень становить 40–45 діб (у літній період цей строк може скорочуватися), до повного дозрівання насіння – 85–95 діб (залежно від температурного режиму). Після цвітіння сформоване насіння також може збиратися для використання

як спеції. Маса 1000 насінин становить орієнтовно 9,0 г. Сорт відзначається адаптивністю до високих температур і придатністю для цілорічного вирощування у відкритому та захищеному ґрунті [5].

Незважаючи на відмінності за напрямками використання, екологічною пластичністю та господарсько цінними ознаками, усі зареєстровані сорти коріандру реалізують свій потенціал через формування плодів, морфологічні характеристики яких можуть відображати як видові, так і сортоспецифічні особливості. Саме тому вивчення біоекологічних особливостей будови плодів набуває важливого значення не лише для оцінювання посівних якостей, а й як інструмент сортової ідентифікації та насінневої експертизи.

Плід коріандру – кулястий сухий вислоплідник (двосім'янка), який у зрілому стані може розпадатися на мерикарпії. Його поверхня має характерну ребристість, сформовану провідними пучками оплодня. Колір плоду від жовто-сірого до світло-коричневого, коричневого, сіро-коричневого, жовто-бурого, солом'яно-жовтого. Для плодів виду характерна округла, майже куляста, рідше яйцеподібна або напівсферична форма, діаметр у межах 1,5–5,0 мм, наявність поздовжніх реберець і добре розвинених секреторних структур, що забезпечують накопичення ефірної олії [6].

Однак залишаються не вивченими питання сортових особливостей морфологічної будови плодів коріандру посівного, які можуть проявлятися у варіабельності їх форми,

кольору, розмірів, маси, характеру поверхні та інших діагностичних ознак.

Встановлення чітких діагностичних ознак для кожного сорту створює передумови для підвищення достовірності сортової ідентифікації, удосконалення методів контролю якості насіннєвого матеріалу та забезпечення сортової чистоти посівів.

Таким чином, визначення та детальний опис морфологічних особливостей плодів сортів коріандру посівного дозволять здійснювати їх ідентифікацію за насіннєвим матеріалом ще на ранніх етапах насіннєвого контролю. Це має важливе значення для сучасного розвитку насінництва, селекції та збереження сортових ресурсів лікарських і ефіроолійних культур.

Список використаних джерел

1. Біленко В.Г., Якубенко Б.Є., Лікар Я.О., Лушпа В.І. Лікарські рослини: технологія вирощування та використання / за ред. Б.Є. Якубенка. Ж.: Рута, 2015. 600 с.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). URL: <http://www.fao.org>
3. Нішеві лікарські, пряні та ефіроолійні культури. URL: <https://www.growhow.in.ua/nishevi-likarski-priani-ta-efirooliyni-kultury/>
4. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні у 2026 році (витяг станом на 19.06.2026). URL: <https://me.gov.ua/view/86264bbd-cfc4-49aa-988f-3435998b0c2f>

5. Інформаційно-довідкова система "Сорт" URL:
<http://sort.sops.gov.ua/search/search>

6. Методичні рекомендації по визначенню плодів окремих представників родини *Ariaseae* (навчальний посібник) / У.В. Карпюк, Л.М. Махиня, Т.С. Двірна, І.С. Чепак, В.М. Мінарченко, Н.П. Ковальська, В.П. Підченко, Ю.М. Добровольська, А.Ю. Бутко, Л.А. Глущенко. К.: ТОВ «Книга-плюс», 2026. 28 с.

КЛЮЧОВІ КОНСТИТУЦІЙНО-ЗЕМЕЛЬНІ ІМПЕРАТИВИ В УКРАЇНІ: НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ КОМЕНТАР

КОВАЛІВ Олександр

д.е.н., с.н.с.

ВГО «Асоціація агроекологів України»

Київ, УКРАЇНА

28 червня 2026 року виповнилося 30 років – з дня довгоочікуваного прийняття Конституції України (КУ) – Основного Закону. В черговий раз (кожні 5, 10, 15, 20 і 25 ювілейні роки) пройшли гучні святкування 30-річчя Конституції України – на всіх рівнях органів державної влади та місцевого самоврядування, наукових академій та їхніх інститутів, навчальних закладів освіти, ряду підприємств, громадських організацій тощо, наголошуючи «прозора» на тому, що саме на її (КУ) засадах будується сучасна Україна, формується стале громадянське суспільство, орієнтуючись на

найвищі стандарти життєдіяльності в ЄС та «забезпечуючи» захист національних інтересів. Акцентується й на тому, що Основний Закон України закріпив права і свободи громадян, утвердив принципи справедливості, рівності та, начебто, верховенства права. При цьому всі існуючі правопорушення і труднощі списуються, переважно, на війну і на зовнішніх ворогів.

Проте, небайдужі освідченні громадяни, добре знають, що де-факто в довоєнній Україні, — від самого початку проголошення її суверенітету й незалежності, постійно втілювались злочинні схеми шляхом обдурювання, політиканства та обкрадання більшості українців на корупційній антиконституційній основі. Така діяльність переросла в серйозні проблеми через не правове державне управління без бажаного народного контролю – в усіх без винятку напрямках господарювання і всіх сферах розвитку та формування людини, її життя і здоров'я, честі і гідності, недоторканості й безпеки, які де-юре визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю (ст. 3 КУ).

Не зважаючи на жахливий воєнний стан в Україні і на потреби згуртованої та безпрецедентно відповідальної діяльності, насамперед органів державної влади та органів місцевого самоврядування, їх посадових осіб, які зобов'язані діяти лише на підставі та в межах повноважень і у спосіб, що передбачений Конституцією України (ст. 19 КУ) та законами України й іншими нормативно-правовими актами, які мають прийматися на основі КУ і повинні відповідати їй (ст. 8 КУ), на превеликий нажаль, на неокупованих територіях також поглиблена корумпованість і свавілля. Особливо багато

проблем, пов'язаних, начебто, із законною експлуатацією землі та її природних ресурсів (надр, ґрунтів, атмосферного повітря, лісів, вод тощо), які конституційно є природними об'єктами права власності Українського народу і основним національним багатством, що де-юре перебувають під особливою охороною держави [1].

Більшість науковців, обґрунтовуючи в своїх працях «проєвропейський курс» в агросфері України, забувають про: фактично руйнівний стан в більшості сільських населених пунктах; відсутність малого приватного підприємництва; безвідповідальне виснаження природної родючості ґрунтів як чужої власності (не взятої на облік і на баланс); погіршення водорегулювання та водозабезпечення; відсутність передумов до належного збереження й охорони екосистем і самого довкілля. Катастрофічна демографія, інфраструктура, різке зменшення працездатного населення, – нестерпна життєдіяльність людей похилого віку та багато іншого [2].

Зважаючи на ці та інші аргументи, а також враховуючи незрівнянно великий наш науково-практичний досвід як безпосереднього учасника і безкомпромісного опонента теорій, методології та практики, здійснюваних трансформаційних земельних процесів із самого початку «перебудови срср» на місцевому, регіональному і загальнодержавному (республіка Україна) рівнях, виникла (ще до віроломної війни) нагальна потреба мати — саме фаховий науково обґрунтований практичний коментар ключових земельних імперативів КУ (ст. 13 і ст. 14).

Водночас, героїчна боротьба Українського народу з рашизмом — за вільну, чесну і гідну життєдіяльність серед

цивілізованих народів світу на рідній українській землі – вважається не лише святим обов’язком нації, але й непорушним її конституційним правом. Прикладом стала наша аспірантка (ІАП НААН) Анастасія Олександрівна Новаленко (Заїка), яка не вагаючись та з повною відповідальністю стала на збройний захист Вітчизни, вступивши разом з своїм коханим чоловіком Костянтином Новаленком – в ряди Національної гвардії України.

Тепер Анастасія Новаленко учасниця бойових дій (з 24 лютого 2022 р. і понині) у війні рф проти суверенної і незалежної, демократичної України, – за основною освітою юристка (закінчила Національний юридичний університет ім. Ярослава Мудрого з відзнакою), членкиня Асоціації українських правників, стала співавторкою монографії: «Науково-практичний коментар ключових конституційно-земельних імперативів в Україні» [3].

Адже, здобуваючи перемогу над зовнішнім ворогом, який у кровопролитній війні проти України загарбує нашу землю (на цей час рф окупував Крим і частину території сходу та півдня України), вбиває українців і знищує природний, економічний, науково-технічний, історико-культурний та інші капітали нації, виникає потреба проявлення правдивих знань існуючого економіко-правового стану природокористування (епістемологія та гносеологія буття) і адекватних регуляторних дій з боку всього українського народу, насамперед, на «внутрішньому фронті».

Нами доведено, що головною зброєю з наведення правопорядку є повноцінна і бездоганна реалізація конституційних засадничих імперативів щодо землі та її

природних ресурсів як природних об'єктів права власності Українського народу, особливо на цінні корисні копалини, рідкісні та рідкоземельні метали, родючі ґрунти, водні ресурси, екосистеми тощо – основне національне багатство також де-факто, керуючись Основним Законом України та враховуючи об'єктивні вимоги сьогодення.

Вбачається, що унікальні нюанси, сконструйовані за нашої неофіційної участі моделювання концепту (ідеї, алгоритму) земельних імперативів у Декларації про державний суверенітет України, пізніше в Конституції України, і відкриті ними нові знання «конституційного земельного прагматизму» в системному взаємозв'язку з іншими нормами та нормами-принципами Першого розділу Основного Закону України, становитимуть передумови до поглибленого наукового пізнання функціоналу ключових конституційних земельних норм та практичної їх цінності в процесі становлення і розбудови Нової України. Детальніше – в монографії: «Організаційно-економічні засади збалансованого користування природними об'єктами в агросфері України». [2].

Дослідження доповнює коментар, даючи змогу опанувати основні інструменти до розуміння і системного застосування когнітивної земельної економіки в Україні як сутності конституційно вмотивованого функціоналу соціально-економічних процесів, що сприятиме реалізації відповідної квантової системи формування і розвитку комфортної (заможної) та здорової життєдіяльності при репродуктивному дітонародженні в екологічній безпеці. Прогнозується, що кожен чесний і гідний громадянин

України – людина третього тисячоліття, особливо добросовісний науковці, аспіранти й освітяни, озброївшись обґрунтованими нами новими знаннями чинних норм-принципів конституційно-земельних імперативів, будуть діяти в правовому полі.

Науково-практичний коментар присвячений поглибленому аналізу і синтезу науково-практичних засад земельних імперативів Конституції України (ст. 13 і 14), які, на жаль, не враховувалися в процесі трансформування земельних відносин в новітній історії України з позиції системного взаємозв'язку і проявлення їх з іншими нормами принципами Першого розділу Основного Закону України як дієвих чинників: існування держави; регулювання земельних відносин у процесі користування (господарювання) природними об'єктами права власності Українського народу (основним національним багатством) – в межах набутих прав власності на земельні ділянки (землю) як на об'єкти цивільних прав; формування когнітивної системи сталого землеприродокористування як економіко-правових основ соціально-економічного й екологічного розвитку; функціонування простору комфортної і здорової життєдіяльності кожної чесної та гідної людини-громадянина України – в чистому довкіллі, дотримуючись екологічної безпеки, а також моделювання логічних рекомендацій стосовно нової парадигми звершення земельної реформи в Україні – у воєнний і повоєнний періоди на основі проявлених ключових конституційно вмотивованих імперативів, орієнтуючись на стандарти Євросоюзу.

Видання адресоване науково-педагогічній спільноті та депутатському корпусу, представникам органів державної влади і органів місцевого самоврядування, науковцям, викладачам і студентам, переважно юридичного й економічного профілю, а також всім, хто цікавиться станом і перспективами врегулювання та конструювання земельних відносин і природокористування в Новій Україні на конституційній основі.

Вбачаємо, що реалізація окреслених заходів конституційного земельного прагматизму як базових комплексних і невідворотних вимог з виправлення помилок попередніх реформувань у процесі «Звершення земельної реформи в Україні: нова парадигма» сприятимуть антикорупційному і відповідальному оздоровленню суспільства загалом, забезпечуючи генерування «непозиченого капіталу нації» та реальне зростання «валового національного продукту» і бюджетів усіх рівнів, особливо «сімейних бюджетів» (працевдатних громадян України), гарантуючи національну, економічну, продовольчу та інші безпеки в державі.

Список використаних джерел

1. Шакур В. І., Ковалів О. І. (2024). Економіко-правове проявлення декларованої власності Українського народу на основне національне багатство. Філософські та методологічні проблеми права, 2 (28), 7–23. DOI: <https://doi.org/10.33270/02242802.7>.
2. Ковалів О. І. Організаційно-економічні засади збалансованого користування природними об'єктами в

агросфері України: монографія. Київ: Аграрна наука, 2025. 286 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-665-5>

3. Ковалів О.І., Новаленко А.О. Науково-практичний коментар ключових конституційно-земельних імперативів в Україні. Київ: ДП «Голос України», 2026. 112 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1kI2KAur3z_HWa-NPcT1KBVIQLDDFmVN1/view?usp=drive_link

БАНКІВСЬКЕ ЗЕЛЕНЕ ФІНАНСУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТИМУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ВІДПОВІДАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

КОВБАСА Владислав

к.е.н.

*Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана*

Київ, УКРАЇНА

Український агропромисловий комплекс сьогодні є однією із ключових галузей національної економіки та в структурі експорту становить 58,9%, забезпечуючи левову частку валютних надходжень до держави під час війни [1]. Однак розвиток даного сектора економіки пов'язаний із вагомим навантаженням на довкілля, що охоплює як виснаження ґрунтів, використання водних ресурсів, добрив, так і викиди парникових газів.

Забезпечення безпеки довкілля виходить на провідне місце в контексті євроінтеграційних процесів в Україні. При цьому Європейський зелений курс працює через створення економічних умов, які забезпечують реалізацію відповідних ініціатив з боку бізнесу. Таким чином актуальності набуває вивчення європейського досвіду використання фінансових інструментів, що підтримують бізнес в його ініціативах із інвестування в екологічні технології.

Загалом навіть за наявності державних стимулів зелені ініціативи періодично характеризуються тривалим терміном окупності, невизначеністю і відкладеністю економічного ефекту та потребують високих початкових капіталовкладень. Саме тому потрібні додаткові фактори економічної мотивації до проведення таких інвестицій.

Одним із найважливіших інструментів із підтримки екологічних інвестицій, зокрема і в галузі АПК, є зелені кредити. Це банківський продукт, який дозволяє підприємствам отримувати дешевші кредити на фінансування ініціатив, спрямованих на зниження власного впливу на довкілля. Таке фінансування є зазвичай більш довгостроковим. Крім того, воно сприяє можливостям подальшого залучення міжнародних інвесторів оскільки відповідність критеріям ESG підприємствами підвищує їх інвестиційну привабливість та сприяє доступу до зовнішнього фінансування. До того ж реалізація таких проєктів сприяє адаптації підприємств до вимог ЄС в сфері екології, що полегшує вихід на європейські ринки. У випадку аграрних підприємств це може бути побудова сонячних

електростанцій, біогазових установок, систем очищення води, крапельного зрошення тощо.

У розвинених країнах немає усталеної архітектури стимулювання банків для здешевлення таких кредитів і часто банки самостійно знижують ставки на такі кредити, оскільки під них залучається дешеве фінансування з боку міжнародних організацій чи держави, іноді такі організації чи держава компенсують частину інвестиційних витрат підприємств чи відсотки або ж комбінуються гранти з відсотками.

В Україні наразі також діють окремі програми пільгового банківського фінансування екологічних проєктів, проте значна їх частина фокусується на питаннях досягнення енергонезалежності, що далеко не завжди є тотожним екологічності, оскільки, наприклад, нерідко фінансується придбання електрогенераторів, також отримувачами такого фінансування визначено фізичних осіб.

Показовим прикладом є Укргазбанк, який свого часу було викуплено в стані банкрутства державою. Сам банк не є великим, але у нього чітко формується власна конкурентна ринкова ніша, пов'язана з екологічними ініціативами. Наразі він позиціонує себе як банк сприяння зеленому переходу, що було здійснено у співпраці з Міжнародною фінансовою корпорацією. Власні зелені кредити банк називає еко-кредитами і спрямовані вони не лише на роздрібних клієнтів, а й на малий/середній бізнес та на корпоративних клієнтів. Банком пропонуються спеціальні відсоткові ставки для екологічних проєктів, гарантії надійності банку, можливості співпраці з акредитованими партнерами для довгострокового

фінансування заходів із зменшення негативного впливу на довкілля. Особливої важливості в контексті тематики дослідження набуває орієнтація банку в тому числі і на аграрний сектор, завдяки чому пропонуються кредити на біопаливо, біогаз, утилізацію відходів, встановлення систем зрошування [2].

Використання спеціальних відсоткових ставок для зелених кредитів у випадку Укргазбанку є можливим завдяки впровадженню стратегії зеленого банкінгу, а також співпраці з міжнародними фінансовими організаціями через цілеспрямоване масштабне використання дешевих цільових фінансових ресурсів для екологічних проєктів.

Також Укргазбанк декларує впровадження підходів з оцінки викидів вуглецю за проєктами, що відповідає сучасним тенденціям із застосування ESG-фінансування, та поступово переходить до моделі врахування виконання ESG-критеріїв при прийнятті кредитних рішень.

Втім існує зелене кредитування від ProCredit Bank, спрямоване на бізнес-клієнтів [3]. Є різні види таких зелених кредитів і в тому числі покриваються в межах «Енергоефективності» сільськогосподарська техніка, а в межах «Екологічно-дружніх ініціатив» системи перероблення й утилізації відходів, системи очищення води і повітря, обладнання для мінімальної і нульової технології землеробства, іригаційні системи, органічне землеробство і виробництво органічної продукції. Терміни кредитування пропонуються до 7 років, суми на різні категорії до 40 млн грн чи до 250 млн грн, за деякими категоріями не передбачено застави [3].

Як наслідок бачимо, що зелене кредитування в Україні перестало бути виключно державною ініціативою та повноцінно реалізується також і комерційними банками, що говорить про формування комерційної привабливості для такої діяльності. Варто зазначити, що розвиток зеленого банкінгу в Україні зіштовхується із низкою обмежень: недостатньою поінформованістю бізнесу, високою вартістю багатьох екологічних технологій і, що найвагомніше, необхідністю прийняття єдиних національних критеріїв для оцінки зелених інвестицій.

Таким чином банківське зелене кредитування перебуває на етапі становлення як одного із ключових інструментів фінансування екологізації підприємств АПК. Масштабування даного інструментарію сприятиме ощадливості у використанні ресурсів, конкурентоспроможності вітчизняних виробників та їх адаптації до стандартів ЄС в сфері екології. Водночас для цього залишається необхідним формування нормативної бази для використання єдиної системи оцінки зелених інвестицій.

Список використаних джерел

1. Зовнішня торгівля. НБУ. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external> (дата: 22.06.2026)
2. Еко-банкінг. Офіційний веб-сайт Укргазбанку. URL: <https://www.ukrgasbank.com/eco> (дата: 22.06.2026)
3. Зелене кредитування. ProCredit банк. URL: <https://procreditbank.com.ua/business/kredyty/zeleni-kredyty#types-loans-2>

ПЕРСПЕКТИВА РЕГУЛЯЦІЇ СТРЕСОСТІЙКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН КОМПОЗИТАМИ ВУГЛЕЦЕВИХ ЦИБУЛЕПОДІБНИХ НАНОЧАСТИН ТА ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН

КОКОВІН Максим

аспірант

НУБіП України

Київ, УКРАЇНА

Сучасні кліматичні зміни, тривалі посухи та прогресуюче виснаження родючих шарів ґрунту вимагають негайного пошуку та впровадження інноваційних і екологічно безпечних біотехнологій. Традиційні агрохімічні методи інтенсифікації, що ґрунтуються на надмірному використанні мінеральних добрив і засобів захисту, призводять до деградації ґрунтових екосистем, зниження якості продукції та накопичення токсикантів. Одним із найперспективніших підходів до вирішення цієї глобальної проблеми є розробка комплексних стимуляторів росту нового покоління, які поєднують фізіологічно активні речовини природного походження з передовими вуглецевими наноматеріалами. Такі багатокomпонентні біопрепарати дозволяють істотно оптимізувати процеси росту й розвитку сільськогосподарських культур, активізувати їхній фотосинтетичний апарат і значно посилити загальний адаптаційний потенціал до різноманітних стресових чинників [1–4].

Гумінові речовини виявляють виражену біологічну активність, виступаючи потужними природними адаптогенами, які стимулюють кореневе та мінеральне живлення рослин і полегшують транспорт іонів крізь клітинні мембрани [5]. На основі фізіологічно активних гуматів натрію, водорозчинних полімерів, гідратованих фулеренів та мікробіологічного каротину було створено комплексний препарат «Гумір». Численні лабораторні та польові експерименти показали, що обробка цим препаратом покращує посівні якості насіння (енергію проростання, польову схожість ячменю та ярої пшениці), а також активізує наростання сухої маси вегетативних органів. Окрім біостимулювальної дії, препарат має високу змочуваність та плівкоутворювальний ефект: після дрібнодисперсного обприскування на поверхні листків формується еластична органо-мінеральна мікроплівка, яка поступово поглинається протягом кількох діб. Завдяки цьому «Гумір» успішно виконує функцію захисного бар'єра, механічно фіксуючи та ізолюючи спори збудників борошнистої роси, фітофторозу чи бактеріозів, блокуючи їхнє подальше поширення агробіоценозом.

Водорозчинні вуглецеві наноцибулини (wsCNOs) являють собою замкнені концентричні вуглецеві сфери (мультишарові фулерени) із середнім діаметром близько 30 нм, які отримують за допомогою екологічно чистого та безкаталізаторного термічного піролізу деревної вовни [6]. Завдяки значній кількості карбоксильних груп (у межах 19–22 % за масою), імпрегнованих на зовнішній поверхні, wsCNOs характеризуються високою гідрофільністю,

стабільністю та здатністю повністю розчинятися у воді без застосування небезпечних хімічних розчинників [6]. Дані наноструктури є повністю нетоксичними для рослинних клітин і легко поглинаються кореневою системою [7]. Переміщуючись висхідним током по судинах ксилеми, wsCNOs утворюють додаткові мікрокапіляри, які значно оптимізують транспорт води та поживних елементів за рахунок транспіраційного всасування, що запобігає швидкому зневодненню клітин і стимулює інтенсивний синтез структурних вуглеводнів, трансформуючись у приріст загальної біомаси та підвищення врожайності зерна [6, 7].

Перспектива створення композитних препаратів на основі гумінових речовин та водорозчинних цибулеподібних наночастинок wsCNOs полягає у синергетичному поєднанні їхніх колоїдно-хімічних і фізіологічних функцій для спрямованого управління стресостійкістю агрофітоценозів [3]. Молекули гумінових кислот здатні адсорбуватися на вуглецевих наноцибулинах завдяки гідрофобній взаємодії з їхніми ароматичними доменами, що створює стійкий електростеричний бар'єр, який ефективно захищає колоїдну систему від коагуляції в мінералізованих розчинах чи жорсткій воді [8]. З іншого боку, карбоксилатні аніони на розвиненій пористій поверхні wsCNOs утворюють водневі зв'язки та слабкі координаційні контакти з активними групами гумінових макромолекул та живильними іонами, такими як нітрати та фосфати, перетворюючи наночастинку на кероване мікроскопічне депо поживних речовин [9]. Це забезпечує пролонговане, дозоване постачання елементів живлення безпосередньо у судинну систему рослини,

активізує ферментативний антиоксидантний захист від вільних радикалів, стабілізує роботу фотосинтетичного апарату за умов жорсткого дефіциту вологи й запобігає швидкому вимиванню добрив із ґрунту [3].

Таким чином, розробка композитних біопрепаратів на основі гумінових речовин та цибулеподібних наночастинок wsCNOs є надзвичайно перспективним кроком у створенні високоефективних агротехнологій нового покоління [3]. Інтеграція таких наноструктурованих систем забезпечує комплексне підвищення стресостійкості рослин до посухи та інфекцій, оптимізує мінеральне живлення та гарантує отримання стабільних врожаїв екологічно безпечної продукції в умовах мінливого клімату [3].

Список використаних джерел

1. Mishra A., Panda D. Novel Plant Growth Regulators and their Potential Uses in Agriculture. *International Journal of Bio-resource and Stress Manag.* 2017. Vol. 8, № 6. P. 820–826.
2. Agegnehu G., Taye G. Effect of plant hormones on the growth and nutrient uptake of maize in acidic soils of the humid tropics. *SINET: Ethiopian Journal of Science.* 2005. Vol.27(1).
3. Krychkovska L.V. et al. Use of biologically active substances in agricultural preparations. *Naukovì Dopovidì Nacìonal'nogo Unìversitetu Bioresursiv ì Prirodokoristuvannâ Ukraïni.* 2024. Vol. 2024, № 1/107.
4. Amjad Bashir M. et al. Biostimulants as Plant Growth Stimulators in Modernized Agriculture and

Environmental Sustainability. *Technology in Agriculture*. 2021. Vol. 1, № 1.

5. Chen Y., Clapp C.E., Magen H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2004. Vol. 50, № 7. P. 1089–1095.

6. Sonkar S.K. et al. Water soluble carbon nano-onions from wood wool as growth promoters for gram plants. *Nanoscale*. 2012. Vol. 4, № 24. P. 7670.

7. Sakaushi K. et al. Aqueous solution synthesis of SnO nanostructures with tuned optical absorption behavior and photoelectrochemical properties through morphological evolution. *Nanoscale. Royal Society of Chemistry (RSC)*, 2010. Vol. 2, № 11. P. 2424.

8. Chen K., Menachem Elimelech. Influence of humic acid on the aggregation kinetics of fullerene (C60) nanoparticles in monovalent and divalent electrolyte solutions. *Colloid Interface Sci.* 2007. Vol. 309, № 1. P. 126–134.

9. Ansone L., Klavins M. Characterization of Interaction Between Humic Acids and Buckminsterfullerene Using Fluorescence Spectroscopy. *Linnaeus Eco-Tech*. 2017. P. 936–947.

ІНТРОДУКЦІЯ *MENTHA CERVINA* L. В УМОВАХ ДОСЛІДНОЇ СТАНЦІЇ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

КОЛОСОВИЧ Микола

к.с.-г.н.

ШЕВЧЕНКО Тетяна

к.с.-г.н.

*Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН
с. Березоточа, УКРАЇНА*

Mentha cervina L. (фр. *Menthe des Cerfs*, ісп. *Mentha de Burro*, португ. *Alecrim-do-rio* – багаторічна трав'яниста рослина роду *Mentha*, яка походить із західного Середземноморського регіону. За зовнішнім виглядом дуже схожа на розмарин (власне тому її називають м'ятним розмарином). Її природний ареал поширення знаходиться від південного заходу Франції до Піренейського півострова та на південь до Азорських островів, Марокко та Алжиру [1]. Через загальне зменшення популяції та локальне вимирання *M.cervina* була віднесена до Червоного списку МСОП як вид, що перебуває під загрозою зникнення [2].

Нещодавні дослідження сировини *M.cervina* показали антиоксидантні, антибактеріальні та протигрибкові властивості хімічних речовин, що входять до її складу [3] В медичних та різноманітних кулінарних цілях використовується як трава так і ефірна олія [1].

Карл Лінней дав цьому виду м'яти ботанічну назву «*cervina*», що означає латинською мовою «олень або те, що відноситься до оленя». Це може означати перевагу оленів

вживати в їжу саме цей вид рослин. Значення цієї назви було використано кількома європейськими мовами. У німецьких текстах 18-го століття для цього виду використовувалася назва «Hirschpolen». Слово «Hirsch» німецькою мовою означає «олень», а «Polen» - німецька загальна назва для *Mentha pulegium* (м'ята блошина). Йоганн Георг Крюніц у 1804 році записав цю м'яту як «Hirsch Munze – оленяча м'ята». Подібним чином Ламарк у 1815 році повідомив про загальну французьку назву цієї рослини – *Menthe de cerfs* або «оленяча м'ята». Англійською мовою: *M.cervina* так само згадується як «Hart's Pennyroyal», «hart» є архаїчною назвою слова олень [4].

Зафіксовано й інші загальні назви. У 1789 році Джон Греффер використав назву «вузьколиста блошина м'ята». У словнику загальних назв англійської мови 1884 року також були записані назви: «гісопова м'ята», «оленяча м'ята» та «водяна м'ята». У португальській мові *M.cervina* також має ряд загальних назв, у тому числі: *alecrim-do-rio* («річковий розмарин»), *hortelã-crespa* («кучерява м'ята») і *hortelã-dos-campos* («польова м'ята») [4].

В Дослідній станції лікарських рослин ІАП НААН інтродукційна та селекційна робота з даним видом м'яти проводиться з 2022 року. *M.cervina* в умовах дослідної станції зростає як багаторічна рослина, заввишки 43-50 сантиметрів. Діаметр куща 32-36 см. Листя сидяче, не опушене, завдовжки 1,8 см та завширшки 0,3 см. Верхні листки лопатеві. Квітки фіолетові, гермафродитні і запилюються комахами. Період цвітіння триває з червня по вересень. Рослини цього виду вид світлолюбні, чутливі до тіні і до зміни водних режимів.

Насіння майже не зав'язується. Розмножується переважно вегетативним способом. Рослини у фазу цвітіння мають привабливий вигляд, а тому їх можна використовувати у декоративних цілях [5].

Листки мають сильний м'ятний аромат і їх використовуються для приготування фіточаїв. Ефірна олія має антисептичні властивості, але вона токсична у великих дозах. У лікувальних цілях траву м'яти застосовують як антисептичний, вітрогонний і жарознижувальний засіб [6].

M.cervina традиційно використовується в Португальському регіоні Алентеж як приправа до рибних страв, рагу, салатів, супів, сирів, чаїв, прохолодних напоїв, маринування та приготування соусів [7, 8].

Пацюкам і мишам дуже не подобається запах цієї м'яти. Тому рослина використовується в будинках і засіках як засіб для відлякування гризунів [1].

Головною загрозою зменшення популяцій цього виду є знищення місця зростання антропогенною діяльністю, зокрема: зміни в гідрології або дренажу, випасання худобою, надмірна заготівля сировини, меліоративні заходи. У природних місцях зростання даний вид захищений на національному та регіональному рівні й перебуває під охороною.

А тому інтродукція, розмноження та збереження цінних зразків даного виду *in situ* є головним нашим завданням в умовах глобальних змін клімату.

Список використаних джерел

1. https://www.wikiwand.com/uk/Mentha_cervina

2. <https://www.iucnredlist.org/species/164304/5819296>
3. <https://www.inaturalist.org/taxa/326747-Mentha-cervina>
4. https://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=5059
5. Колосович М.П., Колосович Н.Р., Колосович О.М. Нові інтродуковані види м'яти колекції дослідної станції лікарських рослин // «Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату»: матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції молодих вчених (м. Харків, 26-27 жовтня 2022 р.) м. Харків. Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. С. 92-95.
6. <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1525/myata>
7. Silva, V., Póvoa, O., Espírito-Santo, M.D., Vasconcelos, T. & Monteiro, A. *Mentha cervina* communities in Portugal. *Lazaroa* 30, 2009: P. 73-79
8. <https://eternumbrietas.org/mentha-cervina/>

ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГО-ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «ДРЕВЛЯНСЬКИЙ» ЗА ВОЄННОГО СТАНУ

КОНИЩУК Василь^{1,2}

д.б.н., професор

МАРТИНЕНКО Василь^{1,2}

д-р філософії

КОНИЩУК Мар'яна^{2,3}

КОНЯКІН Сергій^{2,4}

канд. геогр. наук

¹*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

²*Екологічна асоціація «Західне Полісся – заболочений
край»*

Замостя, Волинська обл., УКРАЇНА

³*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
Київ, УКРАЇНА*

⁴*ДУ «Інститут еволюційної екології» НАН України
Київ, УКРАЇНА*

Природний заповідник «Древлянський», знаходиться у Коростенському районі Народицької територіальної громади Житомирської області, створений згідно Указу Президента України № 1038/2009 від 11 грудня 2009 р. на загальній площі 30872,84 га. Заповідник являється частиною національної екологічної екомережі (Чорнобильське ядро) та ІВА-територією «Долина р. Уж» (важлива ботанічна територія і цінний осередок для оселищ і міграції рідкісних

видів птахів). Заповідник розташований південніше р. Уж на території безумовного відселення. За земельними угіддями територія розподілена наступним чином: лісовий фонд – 16880,7 га, землі населених пунктів – 850,2 га, сіножаті – 4526,84 га, пасовища – 6148,4 га, радіоактивно забруднені землі, що знаходяться у розпорядженні районної ради – 2430,0 га, чагарники – 21,0 га, заболочені землі – 15,5 га [1]. Східна і центральна частини заповідника сформувалися на палеоген-неогеновій основі і відносяться до Розважівсько-Чорнобильської моренно-зандрової рівнини з ділянками моренно-хвилястого рельєфу. Орографія характеризується слабохвилястим типом рельєфу з незначними амплітудами коливання відносних висот, де обширні слабодерновані (часто заболочені) пониження чергуються з невеликими за площами підвищеннями, що мають плоскі вершини та пологі схили, крутизна яких не перевищує 1-2°. Гідрографічна мережа заповідника є добре розвинуеною у зв'язку з надмірною кількістю атмосферних опадів. Серед правих приток р. Уж слід виділити р. Звіздаць, р. Ослів, р. Лозниця, р. Кам'янка. Найбільша водність водних потоків характерна для початку літа і початку весни, найнижча – восени. Річки характеризуються чітко вираженою весняною повінню та вираженим осіннім меженням рівнем. Болота заповідника переважно евтрофні, заплавні. Торфові, лучно-болотні ґрунти переважають у долинах і западинах. Торфовища здебільшого осоково-сфагнового типу. У річках, ставах доволі великі об'єми мулу, детриту, зольність заплавних торфовищ переважно до 20%. Гідрологічний режим боліт подібний до режиму річок, які їх дреноують. Майже всі болота розміщені

по знижених ділянках річкових долин та в пониженнях рельєфу. До складу території входять регульовані стави (сmt Народичі, с. Лозниця та ін.). Гідромеліоративна мережа представлена системою осушувальних каналів. Відділення Розсохівське (пл. 1361 га, довжина – 27,8 га), Базарське (2411; 37,1), Народицьке (572; 13,5), Мотійківське (1117; 20,8). Мережа створювалася у 70-80-і роки з метою розвитку інтенсивного сільськогосподарського виробництва. Однак наприкінці 80-х років у зв'язку з радіаційним забрудненням внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС сільськогосподарське використання території припинилося. Осушувальні канали частково осипалися, зарослі чагарниковою та деревною рослинністю, засмічені сухим гіллям дерев, подекуди бобровими загатами. Відновлення гідрологічного режиму природного заповідника «Древлянський» і зокрема міжріччя Лозниця-Ослів очевидно довготривалий процес. Адже після осушувально-меліоративних робіт рівень ґрунтових вод суттєво впав (в окремих ділянках до 2 м), деякі гідроекосистеми взагалі зникли, або трансформувалися. Наприклад озеро Журавлине за нашими дослідженнями нині осоково-сфагнове болото, а значна частина меліоративних каналів (зокрема у пригирловій ділянці р. Лозниця) повністю висохли. Нині у воєнний стан дослідження і проєкти обмежені.

Концептуальним положенням, яке рекомендоване, є підняття рівня ґрунтових вод і реабілітація поверхневого стоку гідроекосистем [2]. Відновлення гідрорежиму має бути наближеним до функціонування природних процесів. Створення нових гребель (поперек течії), дамб (вздовж течії)

не рекомендовано. Доцільно відновити окремі металеві шлюзи на існуючих мостах річок і ставів з метою регулювання стоку в меженний (маловодний літньо-осінній період) і паводково-повеневий весняний період. Прямі перегати, у т.ч. боброві частково піднімаю рівень поверхневих вод річок, але створюють екологічні проблеми щодо замулення, перепон міграції різних гідробіонтів, зокрема риб. Через 200-300 метрів можна робити часткові перегати за принципом «розірваного серпантину». Кілька (до 10 штук) місяцеподібних загороджень що чергуються через 2-3 метри із улоговиною до напрямку течії річки. Такі конструкції можна робити із дубових колод (діаметром 30-40 см) закопуючи у руслову частину колоди із висотою близько 50-100 см від водного плеса. Між цими почерговими «місяцеподібними» конструкціями буде протікати вода (ширина по фарватеру від 0,5 до 1,5 м). Цей прийом сприятиме проточності і водночас акумуляції, затриманню, сповільненню гідростоку. Очікувані результати включають підвищення екологічної стійкості ландшафтів, адаптацію до змін клімату та забезпечення водної безпеки.

Запропоновано природоохоронні заходи оптимізації функціонування гідроекосистем, оскільки біотехнічні роботи заборонені в природних заповідниках [3]. Виявлено сезонну евтрофікацію у результаті масового розвитку синьо-зелених водоростей (ціанопракаріот), зокрема у літній та літньо-осінній (меженний) період. Відмічені нові місцезростання регіонально рідкісних, лікарських рослин. Виявлено дуже рідкісний вид *Utricularia minor* L. із Червоної книги України [4, 5]. Найвище видове різноманіття водоростей було

відмічено для річок – 67 видів (72,04% від загального числа видів заповідника), для озер відзначено 30 видів (32,25%), заболочених територій – 25 видів (26,88%), ефемерних водоймах – 7 видів (7,52%). В озерах виявлено не характерний для цього типу водойм високий відсоток десмідієвих водоростей (порядок Desmidiales відділу Heterokontophyta), що вірогідно пов'язано з значним впливом видового різноманіття водоростей урочища Мертве озеро та може вказувати на дистрофні умови з високим рівнем кислотності. Найвище різноманіття відзначено для відділів Heterokontophyta – 27 видів (29,03% від загальної кількості видів), Chlorophyta – 23 види (24,73%) та Charophyta – 21 вид (22,58%). Вперше виявлено нове місцезнаходження рідкісного виду (*Bambusina borreri* (Ralfs) Cleve = *Bambusina brebissonii* (Kütz.) Kütz.) [4, 5]. Якість води гідроекосистем має відмінності у хорологічному (територіальному) аспекті, зокрема чиста у річці Уж (II клас якості), помірно забруднена у річці Ослів (III клас якості), забруднена у річці Лозниця (IV клас якості). Нітриту у поверхневих водах, зокрема у річках виявляються у незначних кількостях ($\leq 0,003$ мг/дм³). Гідролітична кислотність (pH) варіює від 5,35 до 7,52, тобто вода відносно нейтральна і слабо кисла, лужність не підвищена. Найактивніші процеси евтрофності, сапробності проявляються у застійних ділянках гідроекосистем, зокрема це властиво річці Лозниця [6]. Проаналізувавши вплив основних фізико-географічних компонентів на гідрологічний режим річок, можна зробити висновок, що основними чинниками є клімат та рельєф, інші компоненти доповнюють гідрологічний, гідрохімічний, гідрофізичний стан. У правих

притоках р. Уж (р. Лозниця) спостерігаються значні кількості заліза, осінньо-весняне перемішування водних мас (гомотермія) супроводжується окисленням та випаданням $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Синтаксономічна схема рослинності за методом Браун-Бланке в межах міжріччя Лозниця-Ослів включає 51 асоціацій, 19 з яких мають синсозологічний статус (наявність видів Додатку I Бернської конвенції, Червоної книги України і Червоного списку водних макрофітів України, угруповання Зеленої книги України, біотопи угруповань охороняються за Директивою Ради Європи 92/43/ЄЕС), здебільшого водні фітоугруповання [2]. Синтаксономія: *Lemnetum minoris* Soó 1927, Асоціація *Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954, Асоціація *Lemno-Salvinietum natantis* Miyawaki et J. Tx. 1960, *Hydrocharitetum morsus-ranae* van Langendonck 1935, *Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae* Oberd. 1957, *Hydrocharito-Stratiotetum aloidis* (van Langendonck 1935) Westhoff in Westhoff et Den Held 1969, *Ceratophyllo-Hydrocharitetum* Pop 1962, *Hottonietum palustris* Sauer 1947, *Ceratophylletum demersi* Corillion 1957, *Nymphaeo albae-Nupharetum luteae* Nowiński 1927, *Trapetum natantis* Kárpáti 1963, *Potameto natantis-Nupharetum luteae* T. Müller et Görs 1960, *Polygonetum amphibii* Soó 1927, *Potametum natantis* Hild 1959, *Potametum crispum* Soó 1927, *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967, *Myriophylletum spicati* Soó 1927, *Glycerietum fluitantis* Nowiński 1930, *Oenanthero aquaticae-Rorippetum amphibiae* Lohmeyer 1950, *Butometum umbellati* Philippi 1973, *Butomo-Sagittarietum sagittifoliae* Losev in Losev et Golub 1988, *Butomo-Alismatetum plantaginis-aquaticae* Slavnić 1948,

Alopecuro-Alismatetum plantaginis-aquaticae Bolbrinker 1984, *Phragmitetum australis* Savič 1926, *Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953, *Typhetum latifoliae* Nowiński 1930, *Iridetum pseudacori* Eggler 1933, *Schoenoplectetum lacustris* Chouard 1924, *Acoretum calami* Dagys 1932, *Equisetetum fluviatilis* Nowiński 1930, *Glycerietum maximae* Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011, *Caricetum vulpinae* Nowiński 1927, *Caricetum gracilis* Savič 1926, *Sphagno recurvi-Eriophoretum angustifolii* (Hueck 1925) Tx. 1958, *Sphagnetum fallaci-palustris* Passarge 1999, *Festucetum pratensis* Soó 1938, *Festuco pratensis-Deschampsietum cespitosae* Turubanova 1986, *Poëtum pratensis* Ravarut et al. 1956, *Lathyro palustris-Gratioletum officinalis* Balátová-Tuláčková 1966, *Scirpetum sylvatici* Ralsky 1931, *Lathyro montani-Melampyretum pratensis* Passarge 1967, *Cladonio-Pinetum* Juraszek 1927, *Dicrano-Pinetum* Preising et Knapp ex Oberd. 1957, *Molinio-Pinetum* Matuszkiewicz (1973) 1981, *Salicetum albae* Issler 1926, *Myosotido palustris-Salicetum albae* Shevchyk et Solomakha 1996, *Poo nemoralis-Salicetum albae* Shevchyk et Solomakha 1996, *Populetum nigro-albae* Slavnič 1952, *Salicetum triandrae* Malcuit ex Noirfalise in Lebrun et al. 1955, *Ribo nigri-Alnetum* Solińska-Górnicka (1975) 1987, *Sphagno squarrosi-Alnetum glutinosae* Solińska-Górnicka (1975) 1987.

Лісові екосистеми відіграють важливе значення у збереженні біоти, а також у стабілізації мікроклімату, регулюванні гідрорежиму. Хоча заповідний режим передбачає обмеження лісогосподарської діяльності, на території досліджуваних лісництв зберігаються лісові

культури загальною площею 533,1 га (286,4 га у Народицькому, 246,7 га у Кліщівському). Переважають культури сосни звичайної (438,9 га), що характерно для природних лісорослинних умов Полісся. Значна частка берези (89,7 га) та незначна площа вільхи і ялини свідчать про штучне заліснення деградованих чи пожежних ділянок у минулому. Найбільшу площу займають ліси природного походження – 1486,7 га, що становить основу лісового фонду лісництва. У їх складі переважають соснові ліси (1192,2 га), березняки (205,8 га), вільхові насадження (71,0 га), а також невеликі ділянки дуба (13,8 га), осики (1,8 га) та ялини (2,1 га). Така структура відображає природні лісорослинні умови Полісся, де сосна звичайна формує основний тип лісових екосистем. За зміни гідрорежиму внаслідок меліорації на осушених торфовищах формується чагарниково-лісова рослинність. Окремі болота заліснюються, рідше заболочуються ліси, часто відбувається незворотна трансформація за пірогенних сукцесій. Доцільно закласти науково-дослідні ділянки, гідропости із моніторингом коливання рівня води за воєнного стану.

Робота виконана у відповідності до договору №22 від 14.05.2025 р. «Обґрунтування відновлення еколого-гідрологічного режиму міжріччя Лозниця-Ослів природного заповідника «Древлянський» (Проектний код: ETN-POL-ELP-002/UA 2025 р.) між природним заповідником «Древлянський», Відділенням Франкфуртського зоологічного товариства з 1858 та Екологічною асоціацією «Західне Полісся – заболочений край» із виконавцями [2]. Визначення сучасного екологічного стану водних об'єктів

природного заповідника «Древлянський» дуже важливе для подальшого моніторингу гідрорежиму та його відновлення (повторного заболочення), сукцесій, обґрунтування природоохоронних заходів та ін. Періодично потрібно проводити меліоративні розриви у лісових масивах, додатково створити протипожежні водойми із зручним під'їздом транспорту та здійснювати моніторинг гідроекосистем.

Список використаних джерел

1. Проект організації території та охорони природних комплексів природного заповідника «Древлянський» //Ю.М. Возний, В.П. Воронка. К., 2015. 205с.
2. Звіт науково-дослідної роботи «Обґрунтування відновлення еколого-гідрологічного режиму міжріччя Лозниця-Ослів природного заповідника «Древлянський» // Коніщук В.В., Коніщук М.О., Конякін С.М., Мартиненко В.В. Київ, 2025. 165 с.
3. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 1992 р. Відомості ВР України. 1992. №34. Ст. 502. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>
4. Червона книга України. Рослинний світ. / За ред. Я.П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
5. Перелік видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ): наказ від 15.02.2021 р. №111. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text>
6. Konishchuk V., Shumyhai I., Martynenko V. (2023). Ecological and hydrochemical analysis of the rivers

Drevlianskyi nature reserve (Ukraine). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University*, (58), 336-349.
<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-25>

ЕКОЦИД І БЕЛІГЕРАТИВНІ ЛАНДШАФТИ УКРАЇНИ

КОНИЩУК Василь

д-р біол. наук, професор

ШУМИГАЙ Інна

канд. с.-г. наук, ст. досл.

МАРТИНЕНКО Василь

д-р філософії

ДУШКО Павло

канд. с.-г. наук

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Екоцид (від грец. *oikos* – оселище, довкілля і лат. *coedo* – вбиваю) – масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу. Згідно з кримінальним кодексом України карається позбавленням волі на строк від восьми до п'ятнадцяти років. В міжнародному праві сприймається як вплив на біосферу, літосферу, гідросферу, атмосферу Землі, зміни їх динаміки, складу чи структури, вплив на (або через) простір із незворотними, важкими наслідками. Особливо тяжкою формою екоциду є воєнний екоцид – порушення

екосистем середовища проживання людини, в цілому біоти у результаті бойових дій, які мають військову і політичну ціль. Екоцид в Україні регулюється статтею 441 Кримінального кодексу [1], яка відносить його до особливо тяжких злочинів проти безпеки людства та міжнародного правопорядку. Він визначається як масове знищення рослинного/тваринного світу, отруєння атмосфери чи водних ресурсів, або інші дії, що спричинили екологічну катастрофу. Поняття воєнного екоциду розглядається із 2014 року за воєнної агресії РФ проти України. Після масштабної екологічної катастрофи у результаті підризу окупантами дамби, греблі Каховського водосховища все частіше піднімається питання актуальності оцінювання збитків екосистемам за воєнного впливу. Рада національної безпеки і оборони України розглядає екобезпеку як складову національної безпеки.

Белігеративні ландшафти, екосистеми (з лат. *«beligero»* – *вести війну*) – трансформовані природні або техногенні комплекси воєнного походження незалежно від їх способу створення, віку та особливостей сучасного функціонування. Є також уточнюючі дефініції: 1) генетичний тип ландшафтних комплексів, що зобов'язаний своїм виникненням воєнній діяльності; белігеративні комплекси утворюють особливу групу антропогенних ландшафтів, їх споріднює із техногенними комплексами просторове розміщення поза залежністю від природних умов; 2) специфічні воєнно-технічні комплекси, створенні в результаті зміни природного ландшафту або штучного, з особливих матеріалів, а також об'єкти воєнної інфраструктури, і ті, що виникли у результаті ведення

воєнних дій та підготовки до них; 3) клас антропогенних ландшафтів, що утворився в результаті ведення воєнних дій і складається з природно-територіального комплексу в поєднанні з побудовою, що призначена для вкритого розміщенні і найбільш ефективного використання зброї, військової техніки, пунктів управління, а також для захисту військ, населення та об'єктів тилу від дії засобів ураження супротивника [2].

Суттєвою екологічною проблемою є фізико-хімічне, радіаційне, шумове забруднення, порушені міграційні шляхи видів фауни (птахів, ссавців, риб, комах та ін.). Через активне використання військової техніки, забруднення довкілля від вибухів ракет, бомб, снарядів, мін, зростання кількості пожеж неконтрольовано поширюються канцерогени, парникові гази, радіонукліди, важкі метали, інші полютанти. З метою визначення та оцінювання збитків, завданих російською збройною агресією, прийнято дві постанови Кабінету Міністрів України: від 20.03.2022 р. № 326 *«Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації»*, від 26.03.2022 р. № 380 *«Про збір, обробку та облік інформації про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених збройною агресією Російської Федерації проти України»*. Парламентська асамблея Ради Європи 25.01.2023 р. прийняла Резолюцію про *«Вплив збройних конфліктів на довкілля»*. Чимало уражених екосистем є унікальними із рідкісними, ендемічними видами флори, фауни, які трапляються лише в Україні та потребують фонового

моніторингу, репатріації, реабілітації, ренатуралізації. Нині порушена цілісність Смарагдової екомережі України.

У сучасних умовах воєнного стану, глобальних змін навколишнього природного середовища дуже важливим є науковий супровід оцінки трансформації екосистем із метою їх адаптації та збереження, реабілітації, ренатуралізації за сучасними методичними підходами, відповідно до нормативно-правових актів, аналізу наслідків екоциду, про що є відповідні публікації [3-5]. Є чимало дискусійних положень щодо напрямів відновлення белігеративних екосистем (Канівське водосховище, випалені лісосмуги, заміновані агроугіддя тощо). У Порядку, затвердженому постановою КМУ № 326, не згадано про втрати біорізноманіття. Постановою Кабінету Міністрів України від 19.01.2022 р. № 35 «Про затвердження Порядку консервації земель» передбачено припинення чи обмеження господарського використання земель на визначений строк із подальшим залуженням, залісненням або ренатуралізацією. Це стосується земельних ділянок забруднених хімічними речовинами внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану.

У 2024 році Рада ЄС ухвалила Закон про відновлення природи. План заходів визначено до 2050 р., який встановлює конкретні вимоги до різних типів екосистем, включаючи сільськогосподарські землі, ліси, акваторії тощо із подальшим формуванням національних планів відновлення природи. Наукові напрацювання потребують продовження, доповнення і вдосконалення у контексті конкретних рекомендацій відновлення белігеративних екосистем,

обґрунтування напрямів їх реабілітації після екоциду. Наукове обґрунтування ренатуралізації бelligеративних екосистем забезпечить збереження біо-, ландшафтного різноманіття на європейському і світовому рівні, оскільки багато видів флори і фауни мають міжнародний статус охорони. Доцільно розпочати формування центрів відновлення рідкісних видів флори, фауни, мікобіоти для подальшої репатріації в аборигенні екосистеми. Особливо це стосується ендеміків, реліктів, видів охоронюваних списків – Червона книга України, Європейський червоний список, Червоний список Міжнародного союзу охорони природи та ін. Необхідно продовжити фіксацію військових злочинів окупанта в межах екомережі та зокрема раритетних природних екосистем (супутникові дані, фото-, відеореєстрація, облік, моніторинг). Варто вдосконалити методику оцінювання екологічних збитків на основі світової юриспруденції для подальших репарацій, контрибуцій через суди.

Збитки довікллю оцінюються у майже 7 трильйонів гривень (Міністерство економіки, довіклля та сільського господарства України, 2026). Оцінка збитків за екосистемними послугами (TEEB, CICES, FEMA, i-Tree Eco) часто не відповідає реальним умовам трансформованих природних комплексів України у результаті воєнних дій [6].

Досі нажаль не визначено чіткого алгоритму, технічних критеріїв оцінки екоциду. Масштабні воєнні злочини проти довіклля можуть трактуватися масштабом, ступенем і наслідками впливу. Фізичне безповоротне знищення екосистеми, популяцій видів біоти теоретично

може вважатися екоцидом. Але звісно це залежить від площі природно-територіальних комплексів, їх цілісності, системи біотопів, фітоасоціацій, рідкісних, ендемічних видів флори і фауни державного, міжнародного статусу охорони, або місцевої, аборигенної біоти. Трагедія на Каховському водосховищі, спалення лісових насаджень Національного природного парку «Кремінські ліси», винищення цілих об'єктів ПЗФ, втрата природної спадщини із статусом національного надбання, масове забруднення гідроекосистем у т.ч. Азовського, Чорного морів однозначно є воєнним екоцидом. Теоретико-методологічні роз'яснення, методичні рекомендації імплементації, впровадження положень пов'язаних із екоцидом, сучасними та історичними белігеративними територіями дуже важливі. Це стосується не лише наукових досліджень, а й практичних заходів реалізації стратегій, планів дій на державному, міжнародному рівні. Науково-технічна продукція має стосуватися менеджмент-планів із рекультивациі земель, репатріації, охорони і збереження біорізноманіття, екосистемних послуг, природоохоронних проєктів, аналітичних записок центральним органам влади, землекористувачам та об'єктам природно-заповідного фонду, Пан'європейської екомережі за адаптації до правових норм ЄС.

Список використаних джерел

1. Кримінальний кодекс України.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text>

2. Денисик, Г.І., Кізюн, А.Г., Канський, В.С. (2023). Белігеративні ландшафти України. *Укр. геогр. журн. № 3*. С. 23–34. <https://doi.org/10.15407/ugz2023.03.023>
3. Didukh, Ya.P. (2023). On the scientific principles of developing a methodology for assessing damage caused by military actions to natural ecosystems. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.. (12)*: 87–96. <https://doi.org/10.15407/visn2023.12.087>
4. Військовий екоцид (екологічна зброя) // Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2013. С. 38-39.
5. Устінова, І., Власенко, Н. (2023). Екоцид та повоєнне відновлення белігеративних ландшафтів України: проблеми, досвід, перспективи. *Grail of Science, (27)*, 558–668. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.12.05.2023.113>
6. Дідух, Я.П. (2022). Екосистемний підхід до оцінки збитків, завданих воєнними діями. *Вісник НАН України, (6)*: 16–25.

ПОСТПІРОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

КОРОЛЬ Олексій

аспірант

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

ГЛУЩЕНКО Людмила

к.б.н.

*Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН
с. Березоточа, Полтавська область, УКРАЇНА*

Одним із найпотужніших чинників трансформації рослинності в цілому і соснових насаджень зокрема, є пожежі. Пірогенний вплив призводить до руйнування деревного ярусу, зміни мікрокліматичних умов, збільшення освітленості поверхні ґрунту, мінералізації органічної речовини та активізації насінневого банку ґрунту. Унаслідок, на порушених ділянках часто формується мозаїчний рослинний покрив із поєднанням лісових, лучних, узлісних, болотних, псамофітних і рудеральних видів.

Особливої актуальності набуває дослідження рослинності територій, порушених унаслідок бойових дій, пожеж, вибухів і супутніх механічних пошкоджень. Такі ділянки можуть демонструвати нетипові напрями сукцесії, зокрема швидку рудералізацію, посилення ролі інвазійних або адвентивних видів, зміну співвідношення життєвих форм і тимчасове випадання характерних лісових елементів.

Встановлення особливостей проходження сукцесій вкрай важливо для відновлення характерної зональної рослинності.

Метою роботи був аналіз видового складу і біоморфологічної структури рослинного покриву постпірогенних ділянок соснового насадження.

Дослідження проведено 09.07.2025 року в межах Жеревського лісництва Іванківського громади Київської області. Об'єктом дослідження був рослинний покрив ділянок соснового насадження, порушений внаслідок пожежі після знищення складу боєкомплекту в березні 2022 року. До пожежі територія була представлена ярусно-груповим лісом *Pinus sylvestris* із підліском і трав'янистим ярусом, віком близько 50 років, клас бонітету – I. Проаналізовано флористичний склад трьох облікових ділянок площею 100 × 10 м кожна. Як контроль, використана ділянка аналогічної площі з типовим рослинним покривом, який не зазнав руйнівного впливу пожежі.

Обраний, як контрольний, типовий рослинний покрив соснового насадження включає 44 види судинних рослин, характерні для соснових і дубово-соснових угруповань Київського Полісся. Деревостан представлений *Pinus sylvestris* з домішкою *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Quercus robur*. Чагарниковий ярус формують *Euonymus verrucosus*, *Lonicera xylosteum*, *Sambucus racemosa*, *Sambucus nigra*, *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, а також типові супутники *Frangula alnus*, *Corylus avellana*, *Rosa canina*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*. У трав'яному покриві важливе значення мають *Carex supina*, *Carex caryophyllea*, *Poa trivialis*, *Festuca ovina*, *Calamagrostis epigejos*, *Silene nutans*, *Glechoma*

hederacea, *Pseudolysimachion spicatum*, тощо. За життєвими формами в рослинному покриві переважають багаторічні трав'янисті рослини – 22 види(50,0 %). Значну участь мають кущові, напівкущові, кущикові форми – 15 видів (34,1 %). Дерева представлені 4 видами (9,1 %). Однорічні й дворічні рослини становлять лише 3 види, або 6,8 %. Спектр Раункієра має вигляд: $H > Ph > Ch > Th > G$. Гемікриптофіти становлять 21 вид, або 47,7 %, фанерофіти – 14 видів(31,8 %), хамефіти – 5 видів (11,4 %). Така структура є найбільш типовою для стабільного соснового або дубово-соснового угруповання, ніж для постпірогенних ділянок. Низька частка терофітів свідчить про менший рівень рудералізації та більшу ценотичну сталість типового рослинного покриву.

Облікова ділянка 1(4а) – лучно-екотонне постпірогенне угруповання, наближене до асоціації *Festuco ovinae*–*Saponarietum officinalis*. Аспект утворювали *Calamagrostis epigejos* і *Saponaria officinalis*. Облікова ділянка 2 (4б) – вторинне евтрофне гігрофітне угруповання, наближене до асоціації *Urtico dioicae*–*Filipenduletum ulmariae*. Аспект утворювали *Calamagrostis epigejos* і *Urtica dioica*. Облікова ділянка 3(4в) – сухе відкрито-інсоляційне рудеральне угруповання, наближене до асоціації *Erigeronto annui*–*Oenotheretum biennis*. Аспект утворювали *Calamagrostis epigejos*, *Stenactis annua* та *Verbascum phlomoides*.

Для кожної ділянки проведено аналіз: видової насиченості, співвідношення деревних, кущових і трав'янистих рослин, структури життєвих форм, спектра життєвих форм за Раункієром та флористичної подібності.

На всіх облікових ділянках був знищений деревний ярус внаслідок пірогенного впливу. Водночас у підрості та чагарниковому ярусі відмічене відновлення або збереження окремих деревних і кущових видів. На різних ділянках траплялися *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia*, *Alnus glutinosa*, *Frangula alnus*, *Corylus avellana*, *Rosa canina*, *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, *Sambucus nigra*.

Найвищу видову насиченість зафіксовано на ділянці 3(4в) – 49 видів. Це пояснюється мозаїчністю умов, відкритістю ділянки, поєднанням лісових, узлісних, лучних і насамперед рудеральних елементів. Для ділянки 1(4а) визначені 44 види, що відповідає лучно-екотонному характеру рослинності. На ділянці 2(4б) зафіксовано 41 вид, причому склад рослинності суттєво відрізняється через умови – вологість ґрунту.

Видова різноманітність судинних рослин ділянки 1(4а) представлена різними життєвими формами – дерева й кущі становлять 8 видів, трав'янисті – 36. Після знищення деревного ярусу на ділянці формується трав'яно-чагарниковий покрив із високою роллю світлолюбних і псамофітних видів. У підрості та чагарниковому ярусі відмічені: *Pinus sylvestris*, *Pyrus communis*, *Quercus robur*, *Frangula alnus*, *Crataegus sp.*, *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, *Sambucus nigra*. Домінування у трав'яному покриві належить *Calamagrostis epigejos* та *Saponaria officinalis*. До діагностичних видів належать *Festuca ovina*, *Saponaria officinalis*, *Calamagrostis epigejos*, *Antennaria dioica*, і інші. За життєвими формами переважають багаторічні трав'янисті

рослини – 24 види (54,5 %), рослини з однорічним і дворічним циклом розвитку – 10 видів (22,7 %), дерева представлені 3 видами, а кущі, напівкущі й кущики – 7 видами. Спектр життєвих форм за Раункієром має вигляд: $H > Th > Ph > Ch > G$. Провідною групою є гемікриптофіти – 21 вид (47,7 %). Значна частка терофітів – 10 видів (22,7 %), що свідчить про відкритість ґрунтової поверхні, післяпожежний характер ділянки та наявність умов для розвитку піонерних видів з однорічним і дворічним циклом розвитку. Ділянка 1(4а) займає проміжне положення між типовим лісовим покривом і рудеральним варіантом постпірогенної рослинності, де сформований досить потужний багаторічний трав'яний ярус, але частка терофітів залишається високою.

Облікова ділянка 2(4б) репрезентує вологе постпірогенне угруповання. Видова насиченість – 41 вид, з них деревних і кущових видів – 9, трав'янистих – 32. Деревний ярус знищений, однак у підрості відмічені *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Alnus glutinosa*, а також чагарникові види *Frangula alnus*, *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, *Sambucus nigra*, *Corylus avellana*, *Rosa canina*. Флористичну специфіку ділянки визначають гігрофітні та евтрофні види: *Urtica dioica*, *Symphytum officinale*, *Scirpus sylvaticus*, *Carex appropinquata*, *Eupatorium cannabinum*, *Phragmites australis*, *Molinia caerulea*, *Carex riparia*, *Scutellaria galericulata*. Аспект утворюють *Calamagrostis epigejos* і *Urtica dioica*. У структурі життєвих форм ділянки 2(4б) домінують багаторічні трав'янисті рослини – 25 видів (62,5 %). Деревна становлять 3 види, кущові й дерев'янисті ліаноподібні форми – 7 видів, однорічні та дворічні рослини – 5 видів. Спектр Раункієра має

вигляд: $H > Ph > G > Th > Ch$. Гемікриптофіти становлять 19 видів (47,5 %). На відміну від інших ооблікових ділянок, помітно зростає частка геофітів – 6 видів (15,0 %). Це пов'язано з участю кореневищних вологолюбних рослин і гелофітів, зокрема *Scirpus sylvaticus*, *Phragmites australis*, *Carex riparia*, *Equisetum pratense*, *Calystegia sepium*, *Humulus lupulus*. Таким чином, облікова ділянка 2(4б) відображає не стільки суху післяпожежну рудералізацію, скільки формування вторинного вологого високотравного угруповання. Його структура визначається поєднанням післяпожежного порушення та гігрофітних умов місцезростання.

Облікова ділянка 3(4в) має найвищу видову насиченість – 49 таксонів і характеризується як сухе, відкрите, добре інсольоване рудеральне угруповання, сформоване після пожежі на межі різних за умовами ділянок. У підрості й чагарниковому ярусі відмічені *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Sorbus aucuparia*, *Rubus fruticosus*, *Rosa canina*. У трав'яному покриві помітну роль відіграють *Calamagrostis epigejos*, *Verbascum phlomoides*, *Verbascum lychnitis*, *Erigeron canadensis*, *Oenothera biennis*, *Stenactis annua*, та інші. За життєвими формами переважають багаторічні трав'янисті рослини – 26 видів (53,1 %). Проте найважливішою особливістю цього угруповання є висока частка однорічних і дворічних рослин – 15 видів (30,6 %). Спектр Раункієра має вигляд: $H > Th > Ph > G > Ch$. Гемікриптофіти становлять 22 види (44,9 %), а терофіти – 15 видів (30,6 %). Саме висока участь терофітів є ключовою ознакою рудеральної сукцесії та свідчить про значну

відкритість ґрунту, ослаблення конкуренції з боку багаторічних рослин і сприятливі умови для швидкого заселення порушених ділянок одnorічниками. Ділянка 3(4в), є найбільш рудералізованим варіантом постпірогенної рослинності. Його флористичний склад демонструє поєднання лісових залишкових елементів, сухолюбних псамофітів, узлісних багаторічників і рудеральних піонерних видів.

Постпірогенна трансформація соснового насадження Жеревського лісництва призвела до знищення деревного ярусу та формування мозаїчного рослинного покриву, у якому поєднуються лісові, лучні, болотні, узлісні, псамофітні та рудеральні види.

За результатами порівняння флористичної подібності між рослинністю облікових ділянок встановлено, що найвищий коефіцієнт подібності Жаккара зафіксовано між 1(4а) та 3(4в) – 0,33. Ці ділянки мають 23 спільні таксони, що свідчить про їхню флористичну близькість. Обидві ділянки зберігають значну частку лісових, узлісних і лучно-узлісних видів. Натомість 1(4а) і 2(4б), а також 2(4б) і 3(4в) мають значно нижчі показники подібності – відповідно 0,15 і 0,14. Кількість спільних таксонів становить лише 11. На ділянці 2(4б) рослинність формується під впливом підвищеного зволоження, тому більшу роль відіграють гігрофільні, болотні та прибережно-вологолюбні види. Отже, аналіз коефіцієнтів подібності підтверджує мозаїчний характер рослинного покриву. Отримані результати свідчать, що напрям постпірогенної сукцесії визначається не лише фактом пожежного порушення, а й локальними умовами

місцезростання – вологістю, освітленістю, положенням відносно зволжених ділянок, дороги та непорушеного лісового масиву, тощо.

Для уточнення напрямів суцесійних змін доцільно провести повторні геоботанічні описи на тих самих ділянках через 2–3 роки, звернувши особливу увагу на динаміку підросту *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* і *Betula pendula*, зміні участі рудеральних терофітів, появи інвазійних видів та відновленню мохово-лишайникового покриву.

СОНЯШНИК (HELIANTHUS ANNUUS L.) ЯК ПЕРСПЕКТИВНА КУЛЬТУРА ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ГРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

КОТЕНКО Віталій

аспірант

СПИЧАК Юрій

PhD

КИТАЙГОРА Антон

аспірант

Сумський національний аграрний університет,

Суми, УКРАЇНА

Забруднення ґрунтів важкими металами є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності. Кадмій (Cd), свинець (Pb), цинк (Zn), мідь (Cu) та інші токсичні елементи характеризуються високою стійкістю у навколишньому середовищі, накопичуються в ґрунтах і

рослинах, пригнічують фотосинтетичну активність, порушують мінеральне живлення та викликають оксидативний стрес, що призводить до зниження продуктивності сільськогосподарських культур [1, 2]. В Україні проблема набуває особливої актуальності внаслідок значних площ техногенно забруднених земель і негативного впливу воєнних дій на стан ґрунтового покриву.

Одним із найбільш перспективних екологічно безпечних способів відновлення забруднених територій є фітореMediaція, яка передбачає використання рослин для поглинання, накопичення або стабілізації токсичних елементів. Основними механізмами цього процесу є фітоекстракція та фітостабілізація, що дає змогу поступово знижувати рівень забруднення без застосування дороговартісних фізико-хімічних методів рекультивації [3,4].

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до найбільш перспективних польових культур для фітореMediaції завдяки швидкому росту, потужній кореневій системі, що проникає на глибину понад 1,5–2,0 м, та формуванню значної надземної біомаси [5, 3]. Встановлено, що культура здатна ефективно акумулювати кадмій, свинець, цинк, мідь і нікель, забезпечуючи значний сумарний винос токсичних елементів із ґрунту [5, 6]. Найвищу інтенсивність накопичення відзначено для кадмію, цинку та міді, тоді як свинець переважно локалізується у кореневій системі, що свідчить про можливість використання соняшнику як для фітоекстракції, так і для фітостабілізації [7].

Ефективність фітореMediaції значною мірою залежить від застосування агротехнологічних заходів, спрямованих на

підвищення доступності металів для рослин. Так, внесення лимонної кислоти посилює транспорт Cd до надземної частини соняшника та сприяє ефективнішому вилученню металу із забрудненого ґрунту [8], тоді як застосування хелатуючих агентів загалом підвищує ефективність фітоекстракції важких металів [9]. Використання наночастинок Fe_3O_4 забезпечувало збільшення надземної біомаси приблизно на 18%, активізацію антиоксидантної системи та підвищення ефективності вилучення Cd і Cu [10]. Доведено також, що інокуляція ризосферними бактеріями покращує розвиток кореневої системи й підвищує накопичення Cd та Zn рослинами [10].

Проаналізувавши результати досліджень було визначено, що соняшник є перспективною культурою для біологічного очищення ґрунтів, забруднених важкими металами. Поєднання біологічних особливостей культури із застосуванням хелатуючих агентів, ризосферних мікроорганізмів і наноматеріалів створює передумови для підвищення ефективності фіторемедіації та екологічного відновлення деградованих земель [3, 9].

Список використаних джерел

1. Sharma P., Dubey R. S. Lead Toxicity in Plants and Tolerance Mechanisms. *Planta*. 2005.
2. Zeng P., Li X., Li S. Effects of Heavy Metals on Growth and Metal Accumulation in *Helianthus annuus*. *Chemosphere*. 2018.

3. Rizwan M. et al. Phytoremediation of Heavy Metals in Contaminated Soils Using Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Environmental Pollution*. 2020.

4. Soudek P., Petrova S., Benesova D., Vanek T. Phytoextraction of Toxic Metals by Sunflower and Corn Plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2010.

5. Angelova V., Perifanova-Nemska M., Ivanov K. et al. Potential of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) for Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals. *Agricultural Sciences*. 2016. Vol. 8, No. 20. P. 231–240. DOI: 10.22620/agrisci.2016.20.033.

6. Khan M. et al. Sunflower as a Hyperaccumulator for Pb, Cd, Zn and Cu in Contaminated Soils. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021.

7. Niu Z., Li X., Mahamood M. Accumulation Potential of Cadmium and Lead by Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Citric and Glutaric Acid-Assisted Phytoextraction. *International Journal of Envir. Research and Public Health*. 2023. Vol. 20, No. 5. Article 4107. DOI: 10.3390/ijerph20054107.

8. Wang L. et al. Chelating Agents Enhance Phytoextraction of Heavy Metals by Sunflower. *Journal of Cleaner Production*. 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121491.

9. Wu G., Kang H. et al. Enhancement of Phytoremediation Efficiency in Sunflower Using Iron Oxide Nanoparticles. *Chemosphere*. 2024.

10. Zhang Y. et al. Role of Plant Growth-Promoting Bacteria in Phytoremediation of Cd and Zn Contaminated Soils Using Sunflower. *Chemosphere*. 2013. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.02.055.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЯШНИКУ

КРАВЕЦЬ Артем

аспірант

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, УКРАЇНА

Соняшник є однією з найбільш економічно цінних олійних культур аграрного виробництва в Україні та світі. Соняшник посідає провідне місце серед олійних культур, забезпечуючи від 70,1 до 90,1% загальної посівної площі на теренах України. Така домінантна складова пояснюється високою зацікавленістю товаровиробників і рентабельністю його вирощування [1]. Високий вміст олії в насінні (понад 50%), значна енергетична цінність продукції та добра адаптивність до умов помірного клімату зумовлюють стабільний попит на продукцію соняшника. Так, у 2025 р. валовий збір насіння соняшника становив 11,4–13,7 млн т за посівних площ 5,1–5,5 млн га та середньої врожайності 1,83–1,9 т/га, причому понад 98% урожаю спрямовано на олійну переробку.

Аналіз сучасних досліджень показує, що соняшник добре реагує на внесення мінеральних добрив, особливо за умов достатнього вологозабезпечення. Їх внесення сприяє формуванню потужної кореневої системи, фотосинтетичного апарату, різних стресових факторів, підвищує врожайність і якість насіння. Мінеральні добрива відіграють ключову роль

у вирощуванні соняшнику, адже дана культура потребує інтенсивного живлення таких елементів як азот, калій, фосфор, бор. Для досягнення максимальної врожайності та високої якості олії важливо дотримуватись збалансованого підходу до внесення мінеральних добрив. Раціональна система живлення з урахуванням макро- та мікроелементного складу ґрунту є важливим елементом інтенсивно-адаптованих технологій вирощування соняшнику.

Комбіноване внесення NPK у збалансованих нормах, а також поєднання з мікродобривами забезпечує синергетичний ефект: підвищується врожайність насіння, маса 1000 насінин, вміст жиру. Впродовж вегетаційного періоду інтенсивність ростових процесів у рослинах, їх розвиток і формування врожаю обумовлюється забезпеченістю елементами мінерального живлення. Так, надходження азоту визначає інтенсивність росту і розвитку вегетативної частини культурних рослин та розміри їх листової поверхні. Калій відіграє важливу роль у підвищенні стійкості соняшнику до несприятливих абіотичних та біотичних чинників. Нестача калію викликає багато порушень обміну речовин, послаблює діяльність ферментів, послаблює вуглеводний і білковий обмін, збільшує витрати органічних речовин – продуктів фотосинтезу через інтенсифікацію дихання. Фосфор сприяє формуванню потужної кореневої системи і потрібен рослинам вже на самому початку вегетації. Важливо, що дефіцит фосфору у цей період аж ніяк не може бути компенсована внесенням цієї речовини пізніше. Кальцій підтримує пластичність клітинних мембран. Сірка бере

участь у процесах синтезу білків.

Умови живлення впродовж усієї вегетації мають вагоме значення у формуванні продуктивності сояшнику. Однак, до уваги слід приймати та враховувати критичні періоди у потребі того чи іншого макро- чи мікроелемента. За створення збалансованого живлення та достатньої забезпеченості вологою можливою стає максимальна реалізація генетичного потенціалу того чи іншого гібрида сояшнику. Установлено, що втрати мінеральних речовин із ґрунту для формування 1 т продукції сояшнику становлять: азоту – 40–55 кг, фосфору – 15–25, калію – 100–150 кг, сірки – 5 і магнію – 6,6 кг [2].

Найбільш ефективним є внесення азотно-фосфорного добрива, яке напряму зумовлює рівень урожаю. Калій, хоч і вживається сояшником у великій кількості, істотних приростів не дає, причиною цього є високий рівень забезпеченості калієм основних ґрунтів зони вирощування сояшника. Внесення азотно-фосфорних добрив в дозі $N_{40}P_{60}$ та половинної дози азотно-фосфорних та органо-мінеральних позитивно вплинуло на ріст та розвиток рослин сояшника. Найбільший рівень врожайності – 3,10 т/га отримали у варіанті з внесенням половинної дози азотно-фосфорних та органо-мінеральних добрив, де цей показник на 0,67 т/га більший за показник врожайності на контролі – 2,43 т/га [3].

Мікродобрива для сояшнику є найважливішим ланцюгом у технології вирощування культури. Для отримання запланованого рівня врожайності відповідної якості насіння сояшнику необхідне внесення мікродобрив, склад яких збагачений мікроелементами і живильними

речовинами. Окрім оптимального вибору мікродобрива, залежно від ґрунтово-кліматичних умов, слід підібрати правильне дозування внесення добрив. За даними наукових досліджень, рекомендовано робити підживлення посівів у два етапи: період 3–4 і 8–10 листків. Результати наукових досліджень засвідчують, що в умовах Лісостепу проведення позакоренових підживлень мікродобривами підвищує врожайність насіння сояшнику на 7–12 %.

Для інтенсифікації кореневого живлення сільськогосподарських культур в теперішній час пропонується застосування бактеріальних препаратів на основі агрономічно корисних мікроорганізмів [4]. В умовах нинішньої економічної ситуації в Україні та світі актуальним є застосування в технології вирощування екологічно безпечних препаратів, що сприяють підвищенню урожайності та покращення якості продукції. Впровадження в технології вирощування сояшника сучасних біологічних препаратів різних груп є вагомим кроком до посилення екологічного балансу агроєкосистем. Ці препарати позитивно впливають на проходження фізіологічно-біохімічних реакцій у рослинах – від сходів до збирання врожаю, покращуючи ріст і розвиток рослин.

Сучасні дослідження свідчать, що застосування біопрепаратів, які містять азотфіксуючі, фосфат- і калій мобілізуючі мікроорганізми, сприяють підвищенню доступності елементів живлення, активізації ґрунтових мікробіологічних процесів і покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Так, за вирощування сояшнику гібриду Ясон

передпосівна обробка насіння біопрепаратом Агат-25К забезпечило найбільший умовний збір олії (у середньому 1,39 т/га), що було на 31,1% більше за контроль, а також перевищувало інші біопрепарати на 12,1–15,8%. За вирощування соняшнику гібриду PR64E71 використання біопрепарату Агат-25К сприяло зростанню даного показника порівняно з контролем на 37,9%, а відносно інших біопрепаратів – на 8,9–9,6%. Таке ж підвищення спостерігали й у варіанті з гібридом Рімі – 27,1 та 7,0–8,9%, відповідно [5].

Урожайність насіння соняшнику залежить не від окремих рослин, а від загальної продуктивності кожної рослини в агроценозі, тому достатнє мінеральне живлення з біологізацією технології створюють найкращі умови для отримання запланованих урожаїв насіння соняшнику. Серед головних напрямів підвищення продуктивності соняшнику є розробка сучасних ефективних елементів технології вирощування культури. Для цього важливо враховувати можливості конкретного ґрунтового-кліматичного району, впроваджувати новітні гібриди соняшнику, встановлювати науково-обґрунтовані норми мінеральних добрив, використовувати біопрепарати.

Таким чином, комплексне поєднання адаптованих гібридів соняшнику, біологічних препаратів і збалансованої системи живлення забезпечує не лише підвищення рівня продуктивності культури, але й покращення агроекологічних показників, зменшення антропогенного навантаження на довкілля та підвищення ефективності використання матеріальних і природних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Гамаюнова В.В., Касянов П.В. Розробка ресурсощадних заходів вирощування соняшнику в умовах південного степу України. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 147. Част. 1. С. 98-105.
2. Гангур В.В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшника та якість насіння. *Вісник ПДАА*. 2022. №2. С. 50-56.
3. Махова Т.В., Якубенко О.В., Ведмедєва К.В. Вплив мінеральних та органо-мінеральних добрив на врожайність високоолеїнового гібриду соняшнику Олімпія. *Бюл. Інституту олійних культур*. 2025. №38. С. 89-99.
4. Волкогон В.В. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації) / за ред. В.В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.
5. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Ефективність впливу біопрепаратів на елементи продуктивності та якість гібридів соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2025. №38. С. 60-69.

ВИКОРИСТАННІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СУКЦЕСІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ ҐРУНТУ

КРАВЧЕНКО Юрій

аспірант

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Ґрунтовий мікробіом є одним із головних регуляторів функціонування екосистем. Мікроорганізми забезпечують кругообіг вуглецю, азоту та фосфору, мінералізацію органічної речовини, формування агрегатної структури ґрунту й підтримання його родючості. Сукцесія мікроорганізмів – закономірна зміна таксономічної та функціональної структури мікробних угруповань у часі. Вона відображає процеси відновлення ґрунту після різних видів забруднень. Особливої актуальності прогнозування траєкторій мікробної сукцесії набуває для деградованих і пошкоджених війною земель, де оцінювання темпів відновлення мікробіоти є передумовою для обґрунтування рекультиваційних заходів та еколого-економічної оцінки відновлення земель.

Традиційне моделювання динаміки мікробних угруповань спирається на детерміновані моделі (системи диференціальних рівнянь, моделі типу Лотки-Вольтерри), які погано масштабуються на дані високої розмірності, що охоплюють сотні й тисячі таксонів, і неповністю враховують нелінійні зв'язки [5]. Швидке зростання обсягів даних

зумовлює доцільність застосування методів машинного навчання, здатних швидко будувати моделі та виявляти складні залежності в велих обсягах даних.

Для прогнозування структури угруповань і стадій сукцесії застосовують методи машинного навчання з учителем - випадковий ліс (Random Forest), градієнтний бустинг (XGBoost, LightGBM, CatBoost). Методи навчання без учителя, такі як кластеризація (k-середніх, ієрархічна) дають змогу виокремлювати характерні стадії сукцесії та візуалізувати траєкторії змін.

Алгоритм Random Forest є одним із найефективніших інструментів для моделювання сукцесії ґрунтових мікроорганізмів завдяки своїй здатності працювати з високорозмірними даними. Зміна мікробних угруповань у часі є нелінійним процесом, що залежить від безлічі взаємопов'язаних екологічних чинників. Даний алгоритм здатен ефективно працювати з даними, які мають нелінійні зв'язки, успішно вирішувати завдання регресії для прогнозування динаміки відносного вмісту конкретних таксонів (наприклад, зміни співвідношення копіотрофів та оліготрофів на різних етапах сукцесії), а також вирішувати завдання класифікації – для точного визначення поточної стадії розвитку екосистеми на основі фізико-хімічних параметрів ґрунту (кислотність ґрунту, вологість, вміст вуглецю та азоту) [2].

Алгоритми градієнтного бустингу є потужними інструментами для моделювання сукцесії ґрунтових мікроорганізмів. На відміну від статистичних методів, алгоритми градієнтного бустингу послідовно будують

ансамблі дерев рішень, де кожне наступне дерево виправляє помилки попередніх [3].

Такий підхід забезпечує максимальну точність прогнозування в умовах високорозмірних, розріджених і «шумних» метагеномних даних, які є типовими для досліджень екології ґрунту. Оскільки алгоритми навчаються послідовно, вони здатні знаходити надзвичайно складні, тонкі та нелінійні залежності в даних.

Методи кластеризації є важливим інструментом для аналізу та моделювання сукцесії ґрунтових мікроорганізмів. Так як сукцесія є безперервним, динамічним і багатофакторним процесом, кластеризація дозволяє структурувати складні метагеномні дані, групуючи об'єкти виключно на основі їхньої внутрішньої подібності [1, 4]. Методи кластеризації дозволяють об'єднати зразки ґрунту, відібрані в різні моменти часу, у чіткі екологічні стани. Це допомагає об'єктивно визначити, коли завершилася одна фаза (наприклад, після деструкції легкодоступної органіки) і система перейшла до наступної фази.

Отже, методи машинного навчання є перспективним інструментом моделювання сукцесії мікроорганізмів ґрунту, оскільки забезпечують опрацювання даних високої розмірності, виявлення нелінійних залежностей та зрозуміле визначення екологічних чинників. Їх застосування доцільне в межах моніторингу й еколого-економічної оцінки відновлення ушкоджених внаслідок війни земель.

Список використаної літератури

1. Hierarchical Cluster Analysis URL:
<https://uw.pressbooks.pub/appliedmultivariatestatistics/chapter/hierarchical-cluster-analysis/>
2. IBM.URL:<https://www.ibm.com/think/topics/random-forest>
3. IBM.URL:<https://www.ibm.com/think/topics/xgboost>
4. K-Means Clustering on PCA-Transformed Ecological Data. URL: https://medium.com/@messenger_g/k-means-clustering-on-pca-transformed-ecological-data-python-scikit-learn-9e982a1a2b15
5. Momeni, B., Xie, L., & Shou, W. (2017). Lotka-Volterra pairwise modeling fails to capture diverse pairwise microbial interactions. *eLife*, 6, e25051. <https://doi.org/10.7554/eLife.25051>

ІНТРОГРЕСІЯ ГЕНІВ ДИКИХ ВИДІВ КАРТОПЛІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОВИРОБНИЦТВА

КРАВЧЕНКО Наталія

д.с.-г.н., проф.

МОЖАРІВСЬКА Інна

к.с.-г.н.

*Державний університет «Житомирська політехніка»
Житомир, УКРАЇНА*

ФУРДИГА Микола

к.с.-г.н., с.н.с.

*Інститут картоплярства НААН
смт Немішаєве, УКРАЇНА*

БОНДУС Росина

к.с.-г.н., с.н.с.

*Устимівська ДС рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
с. Устимівка, УКРАЇНА*

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з провідних продовольчих культур світу. За даними ФАО, щороку у світі виробляється понад 370 млн т бульб картоплі. В Україні культура займає особливе місце у продовольчій безпеці держави та традиційно залишається однією з найбільш поширених сільськогосподарських культур [1–2].

Разом із тим вирощування картоплі належить до найбільш ресурсозатратних напрямів рослинництва [3–4]. Висока сприйнятливість сучасних сортів до фітофторозу, альтернаріозу, вірусних хвороб та шкідників обумовлює

значне використання фунгіцидів та інсектицидів. У країнах Європейського Союзу для захисту картоплі від фітофторозу протягом вегетаційного періоду може проводитися від 8 до 15 фунгіцидних обробок, а в окремі роки - до 20. Подібна ситуація спостерігається і в Україні, особливо в регіонах із підвищеною вологістю [7].

Застосування великої кількості засобів захисту рослин супроводжується накопиченням залишкових кількостей пестицидів у ґрунті, негативним впливом на корисну ентомофауну, забрудненням поверхневих і ґрунтових вод та зростанням енергетичних витрат виробництва. Саме одним із найефективніших напрямів забезпечення екологічної безпеки аграрного виробництва є створення сортів із генетично обумовленою стійкістю до патогенів [10–13].

Світовий досвід свідчить, що найбільш перспективним джерелом генів стійкості є дикі види роду *Solanum*. Особливу цінність становить *Solanum bulbocastanum* Dun., який є носієм ефективних генів стійкості до *Phytophthora infestans*. Саме на основі цього виду в багатьох селекційних програмах США, Нідерландів, Німеччини та інших країн створюються нові вихідні форми картоплі [1, 2, 8].

На відміну від більшості європейських селекційних програм, де переважає використання молекулярно-генетичних методів та маркер-асоційованого добору, українська школа селекції картоплі професора Анатолія Подгаєцького має значний досвід створення складних міжвидових гібридів і багаторазових беккросів [6, 14]. Це дозволяє поєднувати генетичне різноманіття диких видів із адаптивністю місцевого селекційного матеріалу.

Результати багаторічних досліджень засвідчили високу селекційну цінність міжвидових гібридів за участю *Solanum bulbocastanum* Dun., *Solanum demissum* Lindl. та інших диких видів. Встановлено, що інтрогресія генів диких видів сприяє формуванню генотипів із підвищеною продуктивністю, стійкістю до вірусних хвороб, високими столовими якостями та адаптивністю до умов вирощування [14–16].

Особливого значення такі результати набувають в умовах сучасних кліматичних змін. Підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів та поява нових рас патогенів потребують постійного розширення генетичної бази селекції. Використання диких видів картоплі дозволяє не лише створювати нові джерела стійкості, але й забезпечувати довготривалий екологічний ефект завдяки скороченню застосування пестицидів.

Для України це має особливе значення, оскільки більшість картоплі вирощується у дрібних господарствах населення, де система інтегрованого захисту рослин часто не дотримується повною мірою [11]. Створення та впровадження сортів із комплексною генетичною стійкістю може стати одним із ключових чинників зниження антропогенного навантаження на агроєкосистеми та підвищення екологічної безпеки аграрного виробництва [5, 6, 9, 12].

В Україні основним методом підвищення стійкості картоплі залишається міжвидова гібридизація із залученням генетичних ресурсів диких видів роду *Solanum*. Такий підхід сформувався завдяки тривалому розвитку наукової школи

міжвидової селекції та дозволяє створювати адаптивні генотипи, пристосовані до ґрунтово-кліматичних умов різних регіонів країни. Особлива увага приділяється використанню складних міжвидових гібридів і беккросів, як джерел стійкості до хвороб та несприятливих чинників середовища.

У країнах Європейського Союзу поряд із традиційними методами селекції широко використовують маркер-асоційований добір (MAS-селекцію), що дає можливість значно прискорити ідентифікацію носіїв цільових генів. Головною метою європейських програм є екологізація виробництва та скорочення використання хімічних засобів захисту рослин відповідно до вимог Європейського зеленого курсу. Саме тому впровадження сортів із генетично обумовленою стійкістю розглядається як один із найефективніших механізмів зниження пестицидного навантаження на агроєкосистеми.

У США селекційні програми поєднують маркер-асоційований добір із методами геномної селекції, що забезпечує більш точне прогнозування селекційної цінності матеріалу. Значна увага приділяється використанню диких видів картоплі, зокрема *Solanum bulbocastanum*, як джерел генів стійкості до фітофторозу та інших небезпечних патогенів. Американська модель характеризується впровадженням інтегрованого захисту рослин, де селекційні досягнення поєднуються з екологічно безпечними технологіями вирощування [1–2].

Спільною рисою для України, ЄС та США є активне використання генетичних ресурсів диких видів роду *Solanum*. Проте, якщо в Україні головний акцент робиться на

адаптивності сортів і міжвидовій гібридизації, то в ЄС пріоритетом є екологізація виробництва, а в США - одночасне досягнення високої стійкості та продуктивності шляхом використання сучасних молекулярно-генетичних технологій.

Таким чином, міжнародний досвід підтверджує, що використання міжвидових гібридів та інтрогресованих генів диких видів картоплі є одним із найбільш перспективних напрямів забезпечення екологічної безпеки аграрного виробництва. Для України особливу цінність має поєднання традиційно сильних позицій у міжвидовій селекції з сучасними молекулярно-генетичними методами добору, що дозволить підвищити ефективність створення сортів із комплексною стійкістю та зменшити антропогенне навантаження на агроecosистеми.

На відміну від більшості європейських селекційних програм, українська школа міжвидової селекції картоплі Анатолія Подгаєцького накопичила унікальний багаторічний досвід використання складних міжвидових гібридів і беккросів за участю диких мексиканських видів роду *Solanum*, що створює вагомі передумови для розроблення екологічно безпечних сортів нового покоління».

Отже, використання міжвидових гібридів та інтрогресованих генів диких видів роду *Solanum* є стратегічним напрямом розвитку сучасної селекції картоплі, який поєднує підвищення продуктивності культури з реалізацією принципів сталого природокористування та екологічної безпеки агропромислового виробництва.

Список використаних джерел

1. Bradshaw J. E. Potato Breeding at the Crossroads: Meeting the Challenges of the Twenty-First Century. Cham: Springer, 2021. 585 p. DOI: 10.1007/978-3-030-64414-7
2. Bradshaw J. E., Ramsay G. Utilisation of the Commonwealth Potato Collection in potato breeding. *Euphytica*. 2005. Vol. 146. P. 9-19. DOI: [10.1007/s10681-005-3881-4](https://doi.org/10.1007/s10681-005-3881-4)
3. Кононученко В. В., Молоцький М. Я. Картопля. Біла Церква, 2002. Т. 1. 536 с.
4. Кононученко В. В. Генетичні ресурси картоплі в Україні та їх використання в селекції. Картоплярство України. 2015. № 1–2. С. 6–14.
5. Подгаєцький А. А. Віддалена гібридизація в селекції картоплі. Суми: Університетська книга, 2011. 384 с.
6. Подгаєцький А. А. Використання міжвидових гібридів картоплі у практичній селекції. Вісник СНАУ. Серія «Агрономія і біологія». 2020. № 4. С. 25-37.
7. Кравченко Н.В., Бондус Р.О., Скляр В.Г., Подгаєцький А.А., Дегтярьова М.С. Продуктивність міжвидових гібридів картоплі, їх беккросів залежно від умов випробування-дослідження складних міжвидових гібридів і беккросів у різних умовах вирощування. *Наукові горизонти*. 2019, № 7 (80). с.22-28. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-22-28
8. Кравченко Н.В., Подгаєцький А.А. Реалізація продуктивності складних міжвидових гібридів картоплі та їх беккросів - аналіз впливу генотипу та умов середовища на прояв продуктивності потомства. *Таврійський науковий*

вісник . № 108. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. с.46-52.

9. Подгаєцький А.А., Кравченко Н.В., Подгаєцький А.А. Вплив метеорологічних умов на врожайність картоплі. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». 2016. Вип. 2(31). С. 169–172.

10. Подгаєцький А.А. Адаптація і її значення для селекції та виробництва сільськогосподарських культур, зокрема картоплі. *Картоплярство України*. 2014. № 1-2(34-35). С. 10–17.

11. Подгаєцький А.А. Характеристика генетичних ресурсів картоплі та їх практичне використання. *Генетичні ресурси рослин*. Харків, 2004. № 1. С. 103–110.

12. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 183 с.

13. Подгаєцький А.А. Використання генофонду картоплі для інтрогресії цінних генів при створенні вихідного селекційного матеріалу: дис. д-ра с.-г. наук. Чабани.1993. 400 с.

14. Тактаєв Б.А., Фурдига М.М., Олійник Т.М., Ямковий В.Ю., Подберезко І.М., Подгаєцький А.А., Кравченко Н.В., Собран І.В. Створення селекційного матеріалу картоплі, стійкого до бактеріозів та стеблової нематоди. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Агрономія та біологія. 2025. Вип.58 (4). С.119 -129.

15. Кравченко Н.В., Подгаєцький А.А., Христенко А.О., Задорожний А.Л., Четверик Б.М. Пошук стійкості до

м'якої гнилі картоплі в умовах Північно - східного Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. Видавничий дім «Гельветика». 2025. Вип.11. С.152-161.

16. Тактаєв Б.А., Фурдига М. М., Кравченко Н.В., Подберезко І.М., Олійник Т.М., Подгаєцький А.А., Чередниченко Л. М. Селекція картоплі на стійкість до фітофторозу. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Агрономія і біологія. 2024. Вип.4(58). С.119–129.

МІЖНАРОДНІ МЕХАНІЗМИ КОМПЕНСАЦІЇ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ, ЗАВДАНИХ ЗЕМЛЯМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

КРАВЧЕНКО Олександр

аспірант

САХАРНАЦЬКА Людмила

к.е.н., старший дослідник

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Збройна агресія Російської Федерації проти України спричинила безпрецедентну за масштабами екологічну шкоду земельним ресурсам країни. Унаслідок бойових дій значні площі сільськогосподарських угідь зазнали комплексної деградації, що поєднує фізичні, хімічні та біологічні порушення ґрунтового покриву. Відновлення

постраждалих земель потребує обсягів фінансування, які суттєво перевищують можливості національного бюджету та внутрішніх інвестиційних джерел, унаслідок чого формування міжнародних механізмів компенсації завданих еколого-економічних збитків набуває статусу одного з ключових елементів економіки природокористування та фінансового забезпечення повоєнної відбудови аграрного сектору.

Фізичне руйнування ґрунтового покриву виявляється у порушенні цілісності ґрунтового профілю внаслідок утворення вирв і траншей, спорудження фортифікаційних об'єктів, ущільнення ґрунту важкою військовою технікою та перемішування генетичних горизонтів. Такі порушення супроводжуються механічним знищенням родючого шару, активізацією ерозійних процесів та погіршенням структурного стану ґрунту. Особливо вразливими є чорноземи, які становлять основу аграрного потенціалу України та повільно відновлюють природну будову після механічного пошкодження, що зумовлює довготривалий характер втрати їхньої продуктивності.

Хімічне забруднення постраждалих угідь зумовлене надходженням у ґрунт продуктів детонації боєприпасів, важких металів (свинцю, кадмію, міді, цинку), нафтопродуктів, сполук сірки й нітрогену та залишків вибухових речовин, які тривалий час зберігають токсичність. Накопичення цих забруднювачів погіршує агрохімічні властивості ґрунтів, спричиняє деградацію гумусового горизонту та порушення водно-повітряного режиму, а також створює ризик міграції токсикантів у суміжні природні

середовища й сільськогосподарську продукцію. Внаслідок цього знижуються природна родючість угідь і безпечність вирощеної на них продукції.

Не менш суттєвими є біологічні наслідки воєнного впливу – пригнічення ґрунтової біоти, зниження мікробіологічної активності та порушення процесів кругообігу поживних речовин, що визначають здатність ґрунту до самовідновлення. Деградація земель супроводжується втратою екосистемних послуг, зокрема регулювання водного балансу, депонування вуглецю, фільтрації забруднювачів і підтримання біорізноманіття. Особливістю воєнної деградації є її довготривалий та часто латентний характер, оскільки забруднення стійкими сполуками і вибухонебезпечними залишками може проявлятися упродовж десятиліть, що ускладнює оцінювання повного обсягу екологічних збитків та потребує тривалого моніторингу стану угідь.

Об'єктивне оцінювання екологічного стану постраждалих угідь потребує поєднання натурних і дистанційних методів дослідження. Польове обстеження та лабораторний аналіз дають змогу визначити рівень забруднення, ступінь деградації гумусового горизонту й зміни фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунтів, тоді як матеріали дистанційного зондування та геоінформаційного аналізу забезпечують встановлення просторових меж і ступеня пошкодження. Узагальнення часткових показників у інтегральні характеристики, зокрема індекс якості ґрунту та бал бонітету, слугує основою для

подальшого грошового оцінювання еколого-економічних збитків.

Масштаб шкоди, завданої аграрному сектору України, підтверджується міжнародними оцінками. Згідно з п'ятою спільною Оцінкою завданої шкоди та потреб на відновлення (RDNA5), підготовленою Урядом України, Групою Світового банку, Європейською комісією та Організацією Об'єднаних Націй, станом на 31 грудня 2025 року загальна сума прямих збитків в Україні перевищила 195 млрд дол. США, а потреби у відновленні й відбудові оцінено майже у 588 млрд дол. США на десятирічну перспективу [1]. Потреби сектору сільського господарства становлять понад 55 млрд дол. США [1]. Наведені оцінки засвідчують неможливість покрити відповідні потреби лише за рахунок внутрішніх ресурсів та обґрунтовують необхідність залучення міжнародних компенсаційних механізмів.

Інституційною передумовою відшкодування завданої шкоди є Реєстр збитків, завданих агресією Російської Федерації проти України, створений Радою Європи у 2023 році зі штаб-квартирою в місті Гаага як перша складова всеохоплюючого міжнародного компенсаційного механізму [2]. Потенційним джерелом фінансування майбутніх компенсацій розглядаються заморожені та конфісковані активи держави-агресора [2]. Для земель сільськогосподарського призначення цей механізм створює праве та економічне підґрунтя для трансформації задокументованих екологічних збитків у грошові компенсаційні вимоги, спрямовані на екологічне

відновлення, рекультивацію та повернення угідь у господарський обіг.

Реалізація цього потенціалу безпосередньо залежить від методичної спроможності обґрунтовано оцінити еколого-економічну шкоду, завдану ґрунтам. Аналіз наукових публікацій засвідчує обмежену кількість досліджень із зазначеної проблематики та брак інтегрованого підходу, який поєднував би екологічні й економічні аспекти оцінювання збитку. Наявні методики переважно ґрунтуються на нормативній грошовій оцінці агровиробничих груп ґрунтів і не повною мірою враховують довгострокові наслідки забруднення, втрату екосистемних функцій та вартість рекультиваційних робіт.

Інтеграція міжнародних механізмів компенсації у національну стратегію збалансованого розвитку земель сільськогосподарського призначення дає змогу залучити зовнішні джерела фінансування екологічного відновлення, посилити міжнародно-правову відповідальність держави-агресора та сформувати економічно обґрунтовану основу повоєнної відбудови аграрного землекористування. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення уніфікованої методики еколого-економічної оцінки збитків, що враховувала б повний спектр екологічних наслідків воєнного впливу на ґрунти та була сумісною з вимогами компенсаційного механізму.

Список використаних джерел

1. Ukraine - Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 - December 2025. URL:

<https://www.undp.org/ukraine/publications/ukraine-fifth-rapid-damage-and-needs-assessment-rdna5-february-2022-december-2025> (дата звернення: 25.06.2026).

2. Резолюція Комітету Міністрів Ради Європи СМ/Res(2023)3 про встановлення Розширеної часткової угоди про Реєстр збитків, завданих агресією Російської Федерації проти України (12 травня 2023 року зі змінами від 27 вересня 2023 року). URL <https://rd4u.coe.int/uk/documents> (дата звернення: 26.06.2026).

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ПЛОДОВОГО САДІВНИЦТВА В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

КРОХТЯК Олександра

к.е.н.

Інститут садівництва НААН

ОЛЬХОВИЧ Світлана

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Садівництво є однією з важливих галузей аграрного сектора, яка забезпечує населення плодово-ягідною продукцією і ґрунтується на засадах концепції сталого розвитку. Однією зі складових цієї концепції є екологічна. Особливо гострою сьогодні є проблема забруднення навколишнього середовища в умовах війни, коли забруднюється ґрунтовий покрив не тільки через надмірне використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин,

але і через зміни структури ґрунтового покриву (механічне забруднення) та фізичних властивостей (фізичне забруднення); витоків палива, продуктів горіння, що осідають на ґрунт з повітря (хімічне забруднення) та ін.

Багаторічні плодові насадження виконують ряд екологічних функцій. Це, зокрема, захист ґрунтів від вітрової та водної ерозії, водоутримуюча здатність кореневої системи, накопичення органічних речовин, зменшення ризиків деградаційних процесів. Але при інтенсивних технологіях вирощування плодових культур зростає негативний вплив на ґрунти та навколишнє середовище. І постає потреба переходу ведення садівництва на більш сучасні екологічно орієнтовані моделі, що поєднувалися б з цілями сталого розвитку. І таким напрямом є органічне садівництво, при якому передбачається відмова від використання синтетичних пестицидів, мінеральних добрив, генетично модифікованих організмів та регуляторів росту [1, 2].

Органічне садівництво стає одним із важливих напрямів сільського господарства. Оскільки, ґрунтується на концепціях збалансованого розвитку, зокрема – екологічній. Перевагами є екологічна безпека виробництва (відмова від синтетичних засобів захисту рослин та мінеральних добрив (збереження природньої родючості, зменшення забруднення ґрунтів, зниження хімічного навантаження на довкілля)); виробництво екологічно безпечної продукції (мінімальний вміст у плодах залишків пестицидів, відповідність вимогам покупців щодо здорового харчування); збереження біорізноманіття (придатні умови комах-запилювачів, птахів та ґрунтових організмів). Попри переваги, органічне

стикається із рядом недоліків. А саме: нижчою урожайністю (у перехідний період); високою трудомісткістю (постійний моніторинг стану насаджень, додаткові агротехнічні заходи, більше ручної праці); високими виробничими ризиками (більша уразливість до шкідників, хвороб, несприятливих погодних умов); тривалий період окупності інвестицій; витрати на сертифікацію та ін [3, 4].

Органічне садівництво є одним із перспективних напрямів аграрного сектору, незважаючи на економічні та технологічні недоліки, реалізує засади сталого розвитку, зокрема екологічні: виробництво екологічно чистої продукції, збереження природних ресурсів, а також довготривалої екологічної стійкості агроєкосистем.

Список використаних джерел

1. Мішенін Є.В., Гриник О.І., Боцула О.І.. Крохтяк О.В. Еколого-економічна ефективність розвитку органічного садівництва: реалії сьогодення. *Агросвіт*. № 20. 2025. С. 28–33.
2. Бендасюк О.О., Алмашій Я.І. Еколого-економічні проблеми сучасного садівництва та шляхи їх вирішення. *Збалансоване природокористування*. № 3. 2023. С. 84–92.
3. Lorenzo Baima, Luca Nari, Davide Nari, Andrea Bossolasco, Simone Blanc, Filippo Brun Sustainability analysis of apple orchards: Integrating environmental and economic perspectives. *Heliyon*. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024144283>.

4. Willmott A., Riar A., Saj S., Armengot L., Cicek H., Kiboi M., Singh A., Grass I., Cotter M. The ecological and socioeconomic sustainability of organic agroforestry: a systematic review. *Agroforestry Systems*. 2024. Volume 98. Pp. 2933–2949.

ХОЛОДОСТІЙКІСТЬ АБРИКОСА ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ САДІВНИЦТВА В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

КУЗЬМІНЕЦЬ Оксана

к.с.-г.н.

*Таврійський агротехнологічний інститут імені
Дмитра Моторного*

Запоріжжя, УКРАЇНА

МАКАРОВА Дар'я

к.с.-г.н.

ІГНАТЕНКО Ольга

к.с.-г.н.

Інститут садівництва НААН

с. Новосілки, Київська область, УКРАЇНА

Екологічна безпека аграрного виробництва передбачає забезпечення стабільного функціонування агроєкосистем за мінімального негативного впливу несприятливих природних і антропогенних чинників. Одним із ключових викликів сучасного садівництва є зміна клімату, яка супроводжується підвищенням середньорічних температур, нестабільністю

зимового періоду та збільшенням частоти екстремальних погодних явищ [1, 5].

Абрикос (*Prunus armeniaca* L.) належить до перспективних плодових культур, однак його вирощування в умовах Північного Лісостепу України обмежується недостатньою стійкістю генеративних органів до дії низьких температур і пізньовесняних заморозків. Через короткий період глибокого спокою рослини рано виходять із зимового стану, що підвищує ризик пошкодження квіток і зав'язі навіть після відносно сприятливої зими [2, 3, 6].

За таких умов особливого значення набуває добір сортів із високою адаптивністю до абіотичних стресів. Використання морозостійких генотипів дозволяє зменшити ризики втрати врожаю, підвищити довговічність насаджень та сприяє екологічно безпечному веденню садівництва [4, 7, 8].

Метою досліджень було оцінити холодостійкість перспективних сортів абрикоса та визначити їх значення для забезпечення екологічної стійкості плодового виробництва в умовах Північного Лісостепу України.

Дослідження проведено у 2024-2025 рр. на базі Інституту садівництва НААН (с. Новосілки Київської області).

Об'єктами досліджень були сорти абрикоса: Сяйво (контроль), Син Таберзи, Цегледі Бібер та Шалах.

Морозостійкість визначали методом лабораторного проморожування однорічних приростів за температур -25 °С та -30 °С із подальшою оцінкою ступеня пошкодження кори, камбію, деревини, серцевини та бруньок. Додатково

проводили польові спостереження за станом дерев після перезимівлі та аналізували вплив погодних умов на формування врожаю [4].

Погодні умови осінньо-зимового періоду сприяли нормальному проходженню процесів загартування рослин. Абсолютний мінімум температури повітря взимку становив – 16,4 °С, що не досягало критичних значень для більшості сортів абрикоса.

Разом із тим лабораторне проморожування показало суттєві відмінності між сортами щодо стійкості окремих тканин. Найбільш чутливими до низьких температур виявилися кора та камбій, особливо у верхівковій частині приростів, де ступінь пошкодження досягав 4,8 бала. Деревина та серцевина характеризувалися значно вищою морозостійкістю.

Особливу роль у забезпеченні продуктивності насаджень відіграє збереження генеративних бруньок [3]. За температури -25 °С пошкодження бруньок сорту Сяйво становило лише 1,5 бала, тоді як у сортів Син Таберзи та Шалах — 2,5–2,6 бала. При проморожуванні до -30 °С ступінь пошкодження бруньок інтродукованих сортів зростав до 2,8–3,6 бала.

За сумарною оцінкою пошкодження тканин найвищою морозостійкістю характеризувався сорт Сяйво. Інтродуковані сорти поступалися йому за рівнем адаптивності та розмістилися в такій послідовності: Син Таберзи → Шалах → Цегледі Бібер.

Важливим фактором екологічної безпеки садівництва є здатність насаджень протистояти кліматичним ризикам у

природних умовах [6]. Навесні 2025 року під час масового цвітіння абрикоса спостерігалися заморозки інтенсивністю від -0,6 до -4,6 °C (з короткотривалою експозицією до мінус 6,8 °C). Внаслідок цього відбулося значне пошкодження квіток і молодії зав'язі, що призвело до майже повної втрати врожаю у більшості сортів.

Додатковим стресовим фактором стало поширення моніліозу (збудник – *Monilinia laxa* (Aderh. & Ruhland) Honey), розвиток якого посилювався поєднанням низьких температур і високої вологості під час цвітіння. У результаті в насадженнях сформувалася лише поодинокі зав'язі.

Отримані результати підтверджують, що навіть за відносно м'яких зим основну загрозу для продуктивності абрикоса в умовах Північного Лісостепу становлять весняні заморозки. Тому екологічно безпечне ведення садівництва має базуватися на використанні адаптованих сортів, здатних зберігати життєздатність генеративних органів за несприятливих погодних умов [8].

Економічна оцінка показала, що найвищу ефективність забезпечив сорт Сяйво, рівень рентабельності якого становив 118,7 %. Сорт Цегледі Бібер мав рентабельність 65,8 %, тоді як сорти Син Таберзі та Шалах були збитковими через низьку урожайність та підвищену чутливість до весняних заморозків.

Добір адаптованих сортів є не лише агротехнічним, а й екологічним заходом, який дозволяє підвищити стійкість агроєкосистем, зменшити ризик втрати врожаю, забезпечити раціональне використання ресурсів та економічну

ефективність виробництва абрикосу в умовах Правобережного Лісостепу України [3].

В умовах Північного Лісостепу України холодостійкість абрикоса є одним із визначальних чинників екологічної безпеки плодового виробництва в умовах кліматичних змін.

Найбільш уразливими до низьких температур виявилися кора та камбій, тоді як деревина і серцевина характеризувалися вищою морозостійкістю.

Найвищу адаптивність та морозостійкість серед досліджуваних сортів проявив сорт Сяйво, який мав найменший ступінь пошкодження тканин і бруньок.

Весняні заморозки залишаються основним екологічним ризиком для вирощування абрикоса в регіоні та можуть спричиняти значні втрати врожаю навіть після сприятливої перезимівлі.

Використання морозостійких сортів є ефективним напрямом підвищення екологічної стійкості садівничих агроєкосистем та забезпечення стабільності виробництва плодів в умовах кліматичних змін.

Список використаних джерел

1. Кондратенко П.В., Бублик М.О., Дмитрієва О.О. Помологія. Абрикос. Київ : Аграрна наука, 2020. 160 с.
2. Мельник О.В. Сучасні тенденції розвитку садівництва України в умовах змін клімату. Садівництво. 2023. Вип. 78. С. 5–15.

3. Матвієнко М.В., Китаєв О.І. Морозостійкість і зимостійкість плодових культур у Правобережному Лісостепу України. Садівництво. 2021. Вип. 76.

4. Науково-методичні рекомендації з вивчення і зберігання генетичних ресурсів плодових, ягідних, горіхоплідних та малопоширених культур / Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України; під загальною редакцією Д.Г. Макарової, А.І. Трохимчук; Макарова Д.Г., Трохимчук А.І., Юрик Л.С., Гаврилець Н.І., Василенко В.І., Груша В.В. Київ. 2026. 108 с. ISBN 978-617-7594-65-5. DOI: 10.35205/2026-978-617-7594-65-8

5. Campoy J.A., Ruiz D., Egea J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Scientia Horticulturae*. 2011. Vol. 130(2). P. 357–372. DOI: [10.1016/j.scienta.2011.07.011](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011)

6. Egea J., Campoy J.A., Ruiz D. Adaptation of apricot cultivation to climate change: flowering, dormancy and frost tolerance. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(3). P. 620. DOI: 10.3390/agronomy12030620

7. Vitasse Y., Schneider L., Rixen C. et al. Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021. Vol. 307. Article 108532. DOI: 10.1016/j.agrformet.2021.108532.

8. Ruiz D., Egea J., Burgos L. Apricot breeding for adaptation to climate change. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article 865381. DOI: 10.1002/9781119158042.ch18.

ВПЛИВ НАНОКАРБОКСИЛАТІВ МЕТАЛІВ НА РІСТ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ СОЇ

КУКОЛ Катерина

к.б.н.

ОБЕЗЮК Іван

КУДРЯВЧЕНКО Людмила

*Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
Київ, УКРАЇНА*

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є однією з найважливіших зернобобових культур світового землеробства. Прогнозується, що в майбутньому її виробництво зростатиме прямо пропорційно збільшенню попиту, незалежно від цілей і способів використання. Важливою особливістю цієї культури є здатність у симбіозі з бульбочковими бактеріями забезпечувати себе значною кількістю азоту завдяки процесу біологічної фіксації атмосферного N₂ [1]. Тому до ключових агротехнологічних заходів, необхідних для формування ефективного бобово-ризобіального симбіозу, належить передпосівна обробка насіння сої мікробними препаратами на основі високоактивних штамів ризобій [2, 3].

Значна увага сьогодні зосереджена на вивченні основних механізмів регулювання процесів культивування мікроорганізмів із агрономічно корисними властивостями. Зокрема, постійно проводяться дослідження щодо визначення оптимальних параметрів середовищ культивування, таких як склад і концентрація макро- та мікроелементів, а також щодо використання сполук, які

відрізняються за енергетичною цінністю та доступністю для мікроорганізмів [4, 5].

Упродовж останніх років суттєво зріс науковий інтерес до комплексного вивчення наночастинок мікроелементів із метою оцінки можливостей їх ефективного використання у сільськогосподарському виробництві [6, 7]. Особливої уваги заслуговують дослідження карбоксилатів есенціальних мікроелементів, які отримують у результаті взаємодії карбонової кислоти з наночастинками мікроелемента у водному колоїдному розчині. Вміст сторонніх домішок в отриманих розчинах не перевищує 0,01 мас. % [8]. Окрім цього, основною перевагою наноформ елементів є їхня підвищена засвоюваність і здатність активно вступати у біологічні взаємодії.

До важливих завдань сучасного землеробства належить впровадження технологій, спрямованих на підвищення продуктивності вирощуваних культур за одночасного збереження екологічної рівноваги агроєкосистем. Перспективним напрямом є використання нанокарбоксилатів мікроелементів для регуляції росту та активності діазотрофів різних видів для поліпшення азотного живлення рослин і зниження потреб у застосуванні мінеральних добрив. Враховуючи все вищезазначене, метою нашої роботи було дослідити вплив нанокарбоксилатів германію (Ge), цинку (Zn) і молібдену (Mo) на ріст чистих культур *Bradyrhizobium japonicum* PC08 і B78.

Культивування азотофіксувальних мікроорганізмів здійснювали методом періодичного інкубування на кругових качалках у колбах Ерленмейера, що містили 200 мл манітно-

дріжджового середовища, із швидкістю обертання качалки 220 об/хв. У поживне середовище вносили розчини хелатованих металів (виробник - ТОВ «Науково-виробнича компанія «АВАТАР», м. Київ) у концентрації 1:1000. Контроль у досліді – культивування ризобій без додатково внесених речовин. Для визначення кількості колонієутворюючих одиниць в одиниці об'єму (КУО/мл) через 6 діб інкубування здійснювали висівання суспензій ризобій, інкубованих із нанокарбоксилатами та без їх додавання, на агаризоване поживне середовище за використання методу послідовних розведень, із наступним підрахунком утворених колоній.

У результаті досліджень максимальне підвищення кількості життєздатних азотофіксувальних мікроорганізмів у досліді виявлено за додавання до середовища їх культивування нанокарбоксилату германію. Так, у ризобій штаму PC08 досліджуваній показник зріс на 27 %, порівняно з контролем. За внесення цього ж нанокарбоксилату в поживне середовище культивування *B. japonicum* B78 титр клітин збільшився на 25 %, порівняно з контролем і становив $2,0 \times 10^9$ КУО/мл відповідно. Дія молібдену при його застосуванні у якості додаткового компонента середовища культивування досліджуваних штамів бульбочкових бактерій сприяла збільшенню кількості життєздатних мікробних клітин на 9 та 13 %. Водночас застосування нанокарбоксилату цинку негативно впливало на ріст *B. japonicum* PC08 та B78. Так, чисельність бактеріальних клітин у цих варіантах досліді була на 32 та 19 % меншою, порівняно з контролем. Попередньо іншими дослідниками

також було відмічено негативний вплив нанокарбоксилату Zn на ріст бульбочкових бактерій виробничого штаму *B. japonicum* 6346. Водночас вони встановили чітку закономірність у дії різних концентрацій цього мікроелементу на досліджуваний показник. Негативна дія нанокарбоксилату цинку була прямо пропорційною його вмісту в середовищі культивування. Зокрема, чим вищою була його концентрація, тим сильніше він пригнічував наростання біомаси бактерій [9]. Із літератури відомо, що надлишок іонів Zn може спричиняти порушення проникності клітинних мембран, впливати на активність ферментних систем і викликати розвиток оксидативного стресу, а в кінцевому підсумку це призводить до зниження інтенсивності росту бактерій різних видів та штамів [10].

Таким чином, з'ясовано, що додавання нанокарбоксилатів германію та молібдену у концентрації 1:1000 до рідкого поживного середовища культивування бульбочкових бактерій *B. japonicum* PC08 та B78 позитивно впливає на ростову активність мікробних клітин, що ймовірно, обумовлено їх участю у регуляції ферментативних процесів і підтриманні оптимального перебігу клітинного метаболізму.

Слід відмітити, що наночастинки біогенних металів, одержані шляхом фізичного чи хімічного синтезу, можуть мати цілий комплекс унікальних характеристик, які й визначають їх високу реакційну здатність та специфічний характер біологічної активності. Водночас як отримані нами результати досліджень, так і дані літературних джерел підтверджують необхідність науково-обґрунтованого

підбору концентрацій нанокарбоксилатів біогенних металів для культивування виробничих штамів бульбочкових бактерій.

Список використаних джерел

1. Hamza M., Basit A. W., Shehzadi I., Tufail U., Hassan A., Hussain T., Siddique M. U., Hayat H. M. Global impact of soybean production: A review. *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*. 2024. 16(2). P. 12-20.
2. Коць С. Я., Воробей Н. А., Кириченко О. В., Мельникова Н. М., Михалків Л. М., Пухтаєвич П. П. Мікробіологічні препарати для сільського господарства. К.: Логос, 2016. 44 с.
3. Mazur O., Mazur O., Tymoshchuk T., Didur I., Tsyhanskyi V. Study of legume-rhizobia symbiosis in soybean for agroecosystem resilience. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27. № 11. P. 68-89.
4. Figiel S., Rusek P., Ryszko U., Brodowska M. S. Microbially enhanced biofertilizers: technologies, mechanisms of action, and agricultural applications. *Agronomy*. 2025. 15(5). P. 1191.
5. Pajčin I. S., Vlajkov V., Dodić J., Jokić A., Grahovac J. Biotechnological production of plant inoculants based on nitrogen-fixing bacteria. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 2021. 25(2). P. 56-63.
6. Farooq M. A., Hannan F., Islam F., Ayyaz A., Zhang N., Chen W., Zhang K., Zhou W. The potential of nanomaterials for sustainable modern agriculture: present findings and future

perspectives. Environmental Science: Nano. 2022. 9(6). P. 1926-1951.

7. Yadav A., Yadav K., Ahmad R., Abd-Elsalam K. A. Emerging frontiers in nanotechnology for precision agriculture: advancements, hurdles and prospects. Agrochemicals. 2023. 2(2). P. 220-256.

8. Патент № 39397, Україна. Косінов М. В., Каплуненко В. Г. Надчистий водний розчин нанокарбоксилату металу. Опубл. 25.02.2009. Бюл. № 4.

9. Коць С. Я., Рибаченко Л. І., Пухтаєвич П. П., Рибаченко О. Р. Реакція *Bradyrhizobium japonicum* у чистій культурі та у симбіотичних системах на застосування нанокарбоксилатів мікроелементів. Сільськогосподарська мікробіологія. 2018. 28. С. 41-52.

10. Mammari N., Lamouroux E., Boudier A., Duval R. E. Current knowledge on the oxidative-stress-mediated antimicrobial properties of metal-based nanoparticles. Microorganisms. 2022. 10(2). 437.

ЗГУБНИЙ ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ КУЛЬТУРИ ТА МЕТОДИ РЕМЕДІАЦІЇ

ЛАГОВСЬКА Оксана

PhD

БАКУМЕНКО Ольга

к.с.-г.н.

*Сумський національний аграрний університет,
Суми, УКРАЇНА*

Сучасний стан ґрунтового покриву зазнає критичного тиску через безпрецедентне поєднання тривалих антропогенних навантажень та специфічних наслідків сучасних воєнних дій, що зумовлює інтенсивне локальне накопичення важких металів та металоїдів. Це явище спричиняє комплексні порушення життєдіяльності сільськогосподарських культур, перетворюючи ґрунт із джерела поживних речовин на середовище хронічного стресу. Основні механізми фітотоксичності включають молекулярну мімікрію, при якій токсичні іони (зокрема Cd, As, Pb, Hg) через структурну схожість заміщують життєво необхідні елементи (Ca, Mg, P, Fe), блокуючи ключові метаболічні шляхи та транспортні білки [1, 2]. Додатково важкі метали ініціюють каскад окислювального стресу, що призводить до руйнування пігментного комплексу фотосинтетичного апарату, деградації хлоропластів та критичного зниження енергетичного потенціалу рослини. Глибокі генотоксичні пошкодження, такі як деградація ДНК

та порушення структури хроматину, створюють системні перешкоди для нормального клітинного поділу. Найбільш вразливими до цього токсичного пресингу є початкові стадії онтогенезу — проростання насіння та формування первинної кореневої системи, де порушення функціонування меристемних тканин часто призводить до необоротного пригнічення росту або повної загибелі проростків [3].

Зважаючи на багатофакторну складність загрози, ремедіація забруднених територій потребує інтегрованого інженерно-біологічного підходу, вибір якого визначається фізико-хімічними властивостями металів, глибиною їх міграції, масштабами забруднення та подальшим цільовим призначенням земель [4]. Для відновлення масштабних площ агроєкосистем найбільш перспективною стратегією є стабілізація ґрунтового середовища шляхом внесення біовугілля (Biochar), яке завдяки своїй високій пористій структурі та великій питомій поверхні сприяє адсорбції іонів важких металів, перетворюючи їх на малорухливі, біологічно недоступні форми. Цей метод доцільно поєднувати з фіторемедіацією – спрямованим вирощуванням рослин-гіперакумуляторів, що здатні активно поглинати та транслокувати забруднювачі у надземну біомасу, яка в подальшому підлягає утилізації [5]. Для зон локальних забруднень з високою концентрацією токсикантів, особливо у важких ґрунтах із низькою фільтраційною здатністю (глинисті та суглинкові типи), найефективнішим є метод електрокінетичної екстракції. Ця технологія базується на використанні постійного електричного поля, що ініціює електроміграцію та електроосмос, дозволяючи ефективно

вилучати іони металів навіть з мікропор ґрунтової матриці [6].

Ключовим пріоритетом стратегій відновлення агроєкосистем є не лише фізичне видалення токсикантів, а передусім системне зниження їхньої біодоступності, що мінімізує ризики трофічної міграції забруднювачів у харчові ланцюги та забезпечує довгострокове відновлення продуктивності культур.

Список використаних джерел

1. Alloway B. J. Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. Heavy Metals in Soils. 2013. Vol. 22.
2. Bonanomi G., Sicurezza M. G., Caporaso S., Esposito A., Mazzoleni S. Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials. New Phytologist. 2006. Vol. 169 (3). P. 571–578.
3. Wahid A., Arshad M., Farooq M. Cadmium Phytotoxicity: Responses, Mechanisms and Mitigation Strategies. Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants. 2009. Vol. 1.
4. Liu L., Li W., Song W., Guo M. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability. Science of the Total Environment. 2018. Vol. 633. P. 206–219.
5. Arthur E. L., Rice P. J., Rice P. J., Anderson T. A., Baladi S. M., Henderson K. L. D., Coats J. R. Phytoremediation—An Overview. Critical Reviews in Plant Sciences. 2005. Vol. 24 (2). P. 109–122.

6. Alshawabkeh A. N. Electrokinetic soil remediation: Challenges and opportunities. Separation Science and Technology. 2009. Vol. 44 (10). P. 2171–2187.

МОДЕЛЬ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ

ЛИЩУК Алла

д.с-г.н., с.н.с.

*Інститут агроекології і природокористування НААН
Київ, УКРАЇНА*

Деградація ґрунтового покриву є однією з найбільш глобальних екологічних проблем, що безпосередньо загрожує світовій продовольчій безпеці, стійкості природних екосистем та концепції сталого землекористування. Стрімка експансія деградаційних процесів зумовлена синергічним впливом природно-кліматичних змін, інтенсифікації аграрного виробництва та зростаючого антропогенного навантаження, що призводить до дестабілізації біогеохімічних циклів та істотної втрати природної родючості [1]. Український Лісостеп, який відіграє стратегічну роль у функціонуванні національних та глобальних продовольчих систем, наразі зазнає гострої екологічної кризи через високий рівень розораності угідь (що в окремих районах перевищує 80%) та посилення кліматичної нестабільності [2]. Інтенсивний обробіток істотно підвищує ризики водної і вітрової ерозії, дегуміфікації та незворотного порушення структурно-агрегатного стану чорноземів [3].

Масштабне поширення цих деструктивних процесів створює реальні загрози для довгострокової стійкості ландшафтів [4], що вимагає розробки новітніх підходів до інтегрованої оцінки екологічних ризиків. Традиційні методи моніторингу часто фокусуються на ізольованих показниках, не враховуючи їхньої кумулятивної дії. В умовах інтеграції України до Європейської екологічної мережі розробка комплексних індексів стає критично важливою для пріоритетизації відновлювальних заходів та забезпечення безпеки землекористування [5, 6].

Метою роботи є наукове обґрунтування, розробка та апробація Інтегрального індексу екологічного ризику (I_{IEP}) для комплексної оцінки та просторового картографування ступеня деградації ґрунтів Лісостепу України. Об'єктом дослідження слугувала зона Лісостепу України (площа близько 202 тис. км²), у межах якої проаналізовано моніторингові дані за період 2006–2022 рр. щодо семи репрезентативних областей: Вінницької, Київської, Полтавської, Сумської, Харківської, Хмельницької та Черкаської.

Методичний підхід ґрунтується на концепції S. Andrews та ін. [7] і полягає у розрахунку I_{IEP} за адитивною прогностичною моделлю:

$$I_{IEP} = \frac{E + H + D}{3},$$

де E , H , D – нормовані значення кліматичної експозиції (стресу) на основі гідротермічного коефіцієнта Селянинова (ГТК), антропогенного навантаження (рівень розораності й еродованості [8]) та деградаційної вразливості ґрунтів

(дефіцит гумусу [9] та макроелементів NPK згідно з ДСТУ 4362:2004) відповідно.

Для кількісної інтерпретації значень I_{EP} розроблено п'ятибальну шкалу, що класифікує рівні екологічної небезпеки від низького (0,20) до дуже високого (0,81), за якого спостерігається загроза незворотної втрати родючості екосистеми. Оцінка кліматичних трансформацій за 2006–2022 рр. підтвердила стійкий тренд до підвищення середньорічної температури на +1,2 °C відносно норми (з екстремальною аномалією +2,8 °C у 2020 році). За даними FAO [10], такі зміни зумовлюють аридизацію та зміщення меж зон достатнього зволоження на північ. Просторова диференціація ГТК виявила жорстку територіальну неоднорідність: якщо західні (Хмельницька обл., ГТК = 1,28) та центральні регіони мають ризик перезволоження, то східна частина (Харківська обл., ГТК = 0,85; Полтавська обл., ГТК = 0,90) демонструє стійку тенденцію до посушливості. Кліматичні зміни мають подвійний вплив на агроландшафти [11], проте умовно позитивні ефекти повністю нівелюються домінуючими деструктивними процесами – прискоренням мінералізації органічної речовини та втратою гумусу внаслідок ерозії, що сягає 1,38 т/га [12].

Дослідження ризиків фізичної деградації продемонструвало критичні рівні розораності земель у Лісостепу (80,8%). За розрахунками, 27,5% орних земель регіону зазнали впливу ерозійних процесів, із найбільшою концентрацією еродованих площ у Вінницькій, Харківській та Хмельницькій областях. Це призводить до руйнування агрегатної стабільності ґрунту та зниження його

інфільтраційної здатності. Хімічна деградація характеризується прогресуючою дегуміфікацією чорноземів: середньозважений вміст гумусу за останні 15 років знизився з 3,38% до 3,20% [12–14] за регіонального еталону 6,2% [9]. Найбільш критичний дефіцит органічної речовини зафіксовано у Вінницькій обл., де стабільний вміст гумусу становить лише 2,70% (43,5% від еталону). Ситуація ускладнюється хронічним дефіцитом рухомих макроелементів, забезпеченість якими становить лише 36,0–72,2% від оптимуму (за ДСТУ 4362:2004), із найбільшим дефіцитом легкогідролізованого азоту.

Синтез нормованих параметрів у межах адитивного моделювання дозволив розрахувати кінцеві значення I_{IEP} для регіонів Лісостепу. Встановлено просторову неоднорідність та чітко виражений вектор посилення екологічної небезпеки у напрямку з північного заходу на південний схід України. На основі розрахованих коефіцієнтів виділено дві основні макрозони. З них: зона високого екологічного ризику охоплює Харківську ($I_{IEP} = 0,78$), Полтавську ($I_{IEP} = 0,72$) та Черкаську ($I_{IEP} = 0,70$) області. Тут деградація має виражений кумулятивний характер, зумовлений поєднанням жорсткої аридизації та надмірного агротехногенного пресу; зона середнього екологічного ризику включає Вінницьку ($I_{IEP} = 0,59$), Хмельницьку ($I_{IEP} = 0,58$), Сумську ($I_{IEP} = 0,58$) та Київську ($I_{IEP} = 0,57$) області. Попри дещо вище вологозабезпечення, ці ландшафти характеризуються стійким розвитком ерозійних процесів та глибоким дефіцитом поживних речовин.

Отже, обґрунтовано методологічні принципи формування Інтегрального індексу екологічного ризику (I_{IEP}), який дозволяє здійснювати комплексну експрес-оцінку стану агроєкосистем на основі кумулятивного врахування кліматичного стресу, антропогенного навантаження та внутрішньої вразливості ґрунтів.

Доведено, що кліматичні трансформації в Лісостепу України призводять до вираженої аридизації його східної частини (зниження ГТК до 0,85–0,90), що виступає каталізатором дегуміфікації та ерозійних процесів. Виявлено критичні параметри хімічного стану ґрунтів, що проявляються у зниженні середнього вмісту гумусу до 3,20% (за норми 6,2%) та глибокому дефіциті легкогідролізованого азоту (лише 36,0–55,1% від оптимуму), що суттєво послаблює екологічний гомеостаз чорноземів.

Проведено просторове зонування території Лісостепу за величиною I_{IEP} . Виділено зону високого ризику (Харківська, Полтавська, Черкаська обл.), яка потребує негайного виведення деградованих земель з інтенсивного обробітку, та зону середнього ризику (Вінницька, Хмельницька, Сумська, Київська обл.), де управління ризиками має базуватися на регенеративних технологіях (*No-till*, *Strip-till*) та біологічній компенсації втрат органічної речовини.

Список використаних джерел

1. Saik, P., Koshkalda, I., Bezuhla, L., Stoiko, N., & Riasnianska, A. (2024). Achieving land degradation neutrality:

Land-use planning and ecosystem approach. *Frontiers in Environmental Science*, 12, Article 1446056.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1446056>

2. Biedunkova, O., Kuznietsov, P., Kucheroва, A., & Tsipan, Y. (2026). Monitoring of soil chemical properties in Ukraine using digital soil mapping. *Discover Environment*, 4(1), Article 78. <https://doi.org/10.1007/s44274-026-00545-2>

3. Zakharchenko, E., Klymenko, O., Trotsenko, V., Kravchenko, N., Kliuchevych, M., Mozharivska, I., ... & Kotiuk, R. (2025). Monitoring and restoration of soils (agrocenoses) in the border regions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine: Challenges and prospects. *Modern Phytomorphology*, 19(4).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17349579>

4. Балюк, С., Воротинцева, Л., Соловей, В., & Шимель, В. (2023). Реалії українського чорнозему: сучасний стан, еволюція, охорона та сталє управління. *Вісник аграрної науки*, 101(3), 5-13. DOI:
<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-01>

5. Moldavan, L., Pimenova, O., Vlasov, V., Shpykulyak, O., Kropyvko, M., & Galushko, V. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15(13), Article 10517.
<https://doi.org/10.3390/su151310517>

6. Moradi, E., Khosravi, H., Rahimabadi, P. D., Choubin, B., & Muchova, Z. (2024). Integrated approach to land degradation risk assessment in arid and semi-arid Ecosystems: Applying SVM and eDPSIR/ANP methods. *Ecological Indicators*, 169, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112947>

7. Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Mitchell, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, ecosystems & environment*, 90(1), 25-45.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)

8. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2020). *Global symposium on soil erosion – Terminology and risk assessment*.
<https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/en/>

9. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ); за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. К., 2013. 104 с.

10. FAO, *Status of the World's Soil Resources Report*,
<http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>

11. Шевченко, О. В., Пронь, О. С., & Чеботарьова, І. В. (2024). Вплив кліматичних змін на деградацію земель та агроєкосистем. *Збалансоване природокористування*, (3), 81–88. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314921>

12. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України: за результатами XI туру (2016–2020 рр.). (2023). ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». URL: <https://www.old.iogu.gov.ua/publikaciji/stan-gruntiv/>

13. Яцук, І. П. (2015). *Періодична доповідь по стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами IX туру (2006–2010 рр.) агрохімічного обстеження земель*. Київ: Вік Принт. ДУ

«Інститут охорони ґрунтів України». URL:
<https://www.old.iogu.gov.ua/publikaciji/stan-gruntiv/>

14. Яцук, І. П. (2020). *Періодична доповідь по стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами X туру (2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження земель*. Київ: Вік Принт. ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». URL:
<https://www.old.iogu.gov.ua/publikaciji/stan-gruntiv/>

Наукове видання

**«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ
ВИРОБНИЦТВІ»**

Організаційний комітет:

Оксана ДРЕБОТ
Олена ДЕМ'ЯНЮК
Світлана МАЗУР
Галина МАТУСЕВИЧ

Підписано до друку 09.07.2026 р. Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 12. Наклад 100 прим.